

**BỘ GIAO THÔNG VẬN TẢI    BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO**  
**TRƯỜNG ĐẠI HỌC HÀNG HẢI VIỆT NAM**



**TRẦN QUỐC CHUẨN**

**NGHIÊN CỨU XÁC ĐỊNH HIỆU SỐ MÓN NƯỚC  
TỐI ƯU NHẪM NÂNG CAO HIỆU QUẢ SỬ DỤNG  
NHIÊN LIỆU TRÊN TÀU BIỂN**

**TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ KỸ THUẬT**

**Ngành: Khoa học hàng hải; Mã số: 9840106**  
**Chuyên ngành: Khoa học hàng hải**

**Hải Phòng - 2024**

Công trình được hoàn thành tại Trường Đại học Hàng hải Việt Nam.

Người hướng dẫn khoa học 1: PGS.TS. Nguyễn Kim Phương

Người hướng dẫn khoa học 2: PGS.TS. Trần Ngọc Tú

Phản biện 1:

Phản biện 2:

Phản biện 3:

Luận án sẽ được bảo vệ trước Hội đồng chấm luận án tiến sĩ cấp Trường họp tại Trường Đại học Hàng hải Việt Nam vào hồi .... giờ .... phút ngày....tháng....năm....2024.

Có thể tìm hiểu luận án tại Thư viện Trường Đại học Hàng hải Việt Nam.

## MỞ ĐẦU

### 1. Tính cấp thiết của đề tài

Một trong những mong muốn của chủ tàu thương mại hay của các công ty vận tải thủy là tiết kiệm được nhiên liệu tiêu thụ cho tàu từ đó giảm chi phí khai thác tàu bởi chi phí cho nhiên liệu thường chiếm khoảng 40 - 60% tổng chi phí khai thác tàu. Ngoài ra, việc tiết kiệm nhiên liệu cho tàu còn là yêu cầu bắt buộc của IMO và MEPC liên quan đến yêu cầu sử dụng năng lượng tiết kiệm, hiệu quả trên tàu nhằm bảo vệ môi trường, giảm hiệu ứng khí nhà kính và nóng lên toàn cầu. Chính vì vậy, bài toán nghiên cứu các giải pháp để tiết kiệm, sử dụng năng lượng hiệu quả trên tàu là một trong những đòi hỏi cần thiết ngày càng có tính thời sự dưới nhằm nâng cao hiệu quả kinh tế cũng như bảo vệ môi trường trong vận tải biển.

Đối với những tàu hiện có (đang khai thác), để nâng cao hiệu quả sử dụng năng lượng trên tàu, trên thế giới người ta đưa ra các giải pháp như: Cắt giảm tiêu hao công suất phụ; nâng cao hiệu quả khi thực hiện chuyên đi; lựa chọn hướng và tốc độ tàu hợp lý dựa trên điều kiện sóng gió trên biển; làm sạch vỏ tàu và chân vịt (cạo hà) theo định kỳ; sử dụng các loại sơn chống hà cho vỏ tàu và chân vịt; tái sử dụng nước thải làm mát máy trên tàu (waste heat recovery systems), lắp thêm vào tàu các thiết bị tiết kiệm năng lượng như chân vịt PBCF, ống đạo lưu hướng dòng, và chạy tàu ở hiệu số môn nước tối ưu (trim optimization) [5, 20, 31]. Bốn giải pháp đầu tiên là các giải pháp được thực hiện thường xuyên trên tàu. Giải pháp thứ sáu (giải pháp chạy tàu ở hiệu số môn nước tối ưu) là giải pháp mới được IMO khuyến nghị áp dụng. Cơ sở phương pháp luận cho giải pháp này đó là: Thông thường, tàu chỉ được thiết kế tối ưu (đường hình dáng và chân vịt) ở một điều kiện nhất định (thường là tại tốc độ thiết kế và môn nước toàn tải). Tuy nhiên, trong thực tế khai thác, tàu sẽ thường chạy ở các chế độ tải và tốc độ khác nhau. Với cùng một chế độ tải và tốc độ nhưng khi tàu chạy ở hiệu số môn nước khác nhau sẽ diễn ra sự thay đổi các thông số hình dáng tàu gồm: hình dáng phần ngâm dưới nước của vỏ tàu đặc biệt là tại phía mũi và phía lái của tàu; diện tích mặt ướt và chiều dài đường nước, dòng chảy đến chân vịt. Tất cả các yếu tố này đều là các tác nhân ảnh hưởng đến sức cản tàu cũng như hiệu suất của chân vịt sau vỏ tàu tại cùng một tốc độ và trạng thái tải của tàu. Như vậy, trong trường hợp này việc nghiên cứu ảnh hưởng của hiệu số môn nước đến sự thay đổi sức cản và hiệu suất của chân vịt sẽ cung cấp cho thuyền trưởng thông tin về việc ứng với trạng thái tải và tốc độ dự định chạy tàu thì tàu cần phải chạy ở hiệu số môn nước là bao nhiêu để công suất máy là nhỏ nhất từ đó làm giảm nhiên liệu cho tàu.

Trên thế giới, nhiều công ty vận tải biển đang áp dụng chạy tàu ở hiệu số môn nước tối ưu cho đội tàu của họ thông qua việc sử dụng phần mềm thương mại “*ECO Assistant - effective trim optimisation*” [30] do tổ chức Đăng kiểm DNV-GL phát triển. Phần mềm được xây dựng riêng cho từng tàu. Thông số đầu vào của chương trình là: *tốc độ tàu, môn nước trung bình (hay lượng choán nước), hiệu số môn nước ban đầu*; thông số đầu ra là: *Hiệu số môn nước tối ưu, lượng nhiên liệu tiết kiệm được so với tư thế hiện thời*

*của tàu, mức giảm CO<sub>2</sub>*. Căn cứ trên các tính toán của tổ chức đăng kiểm DNV-GL và đã được các chủ tàu xác nhận khi áp dụng giải pháp này trên tàu chở 13000 TEU, hiệu quả đạt được đó là tàu tiết kiệm được khoảng 5% nhiên liệu tương ứng với 1.9 đến 4.0 tấn nhiên liệu mỗi ngày tùy thuộc vào trạng thái tải và tốc độ tàu [30].

Ở trong nước, việc xác định mớn nước tối ưu cho tàu trong quá trình khai thác còn chưa được triển khai áp dụng. Giải pháp chạy tàu ở mớn nước tối ưu nhằm tiết kiệm nhiên liệu trong SEEMP của mỗi tàu hàng còn mang tính chất định tính, chưa cụ thể và định lượng. Việc xếp hàng để tàu đạt ở một trạng thái chúi nhất định được các thuyền trưởng hầu hết làm theo kinh nghiệm. Cho đến hiện tại, nghiên cứu khoa học về vấn đề này còn rất hạn chế.

Từ các vấn đề nêu trên, NCS thực hiện đề tài “**Nghiên cứu xác định hiệu số mớn nước tối ưu nhằm nâng cao hiệu quả sử dụng nhiên liệu trên tàu biển**” góp phần nâng cao hiệu quả khai thác cho đội tàu biển Việt Nam cũng như đảm bảo các yêu cầu của Công ước quốc tế và Việt Nam liên quan đến vấn đề bảo vệ môi trường.

## **2. Mục đích nghiên cứu**

Mục đích nghiên cứu của luận án là xác định bản chất mối quan hệ giữa hiệu số mớn nước – tốc độ tàu – công suất máy chính. Trên cơ sở đó, xây dựng mô hình bài toán tính toán, xác định hiệu số mớn nước tối ưu cho tàu ứng với từng chế độ tải và tốc độ tàu khi triển khai lập kế hoạch xếp hàng nhằm tiết kiệm nhiên liệu cho tàu trong quá trình khai thác. Áp dụng mô hình tính đưa ra vào trong tính toán xác định hiệu số mớn nước tối ưu cho Series tàu hàng trọng tải 12500 DWT được đóng tại Việt Nam từ năm 2000 đến nay, hiện đang được khai thác tại nhiều công ty vận tải tàu ở trong nước.

## **3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu**

- Đối tượng nghiên cứu của luận án là các tàu biển, áp dụng với Series tàu hàng trọng tải 12500 DWT được đóng và khai thác tại các công ty vận tải biển của Việt Nam.

- Phạm vi nghiên cứu của luận án là tập trung vào nghiên cứu, tính toán ảnh hưởng của hiệu số mớn nước đến sự thay đổi công suất máy chính hoạt động trong điều kiện biển êm; ở vùng nước có độ sâu không hạn chế (vùng biển hờ).

## **4. Phương pháp nghiên cứu**

Để đạt được mục tiêu nghiên cứu đặt ra, luận án sử dụng các phương pháp nghiên cứu gồm: phương pháp tổng hợp, phân tích thống kê để nghiên cứu tổng quan; sử dụng lý thuyết chung về thủy động lực học tàu thủy để nghiên cứu cơ sở lý thuyết; phương pháp số CFD để xây dựng mô hình bài toán tính toán ảnh hưởng của hiệu số mớn nước đến sự thay đổi công suất máy và thực hiện hiện tính toán cho một đối tượng tàu cụ thể; phương pháp thực nghiệm để kiểm tra kết quả mô phỏng tính toán.

## **5. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của luận án**

➤ *Ý nghĩa khoa học:*

- Giải thích được bản chất mối quan hệ giữa hiệu số môn nước – tốc độ tàu – công suất máy trên tàu trong quá trình khai thác.
- Xây dựng được mô hình bài toán tính toán mối quan hệ giữa hiệu số môn nước – tốc độ tàu – công suất máy bằng phương pháp CFD, phục vụ cho bài toán mô phỏng tính toán cho một đối tượng tàu cụ thể.
- Đề xuất được quy trình thực nghiệm trong việc đánh giá ảnh hưởng của hiệu số môn nước đến mức tiêu hao nhiên liệu trên tàu ứng với từng tốc độ và chế độ tải khác nhau của tàu.

➤ *Ý nghĩa thực tiễn:*

- Giải pháp kỹ thuật xác định hiệu số môn nước tối ưu cho tàu trong khai thác giúp mang lại hiệu quả kinh tế thiết thực (có thể giảm được từ 3 đến 5% lượng nhiên liệu mà tàu tiêu thụ tùy thuộc vào loại tàu và tốc độ khai thác của tàu).
- Ngoài ra giải pháp còn giúp phần đảm bảo cho tàu thỏa mãn được các yêu cầu ngày càng khắt khe của tổ chức Hàng hải quốc tế IMO liên quan đến việc sử dụng năng lượng hiệu quả trên tàu.

## **6. Những điểm mới của luận án**

Những điểm mới của luận án có giá trị về mặt khoa học và thực tiễn gồm:

- Xây dựng được mô hình bài toán tính toán mối quan hệ giữa hiệu số môn nước – tốc độ tàu – công suất máy bằng phương pháp CFD.
- Lập luận một cách khoa học về mối quan hệ giữa hiệu số môn nước – tốc độ tàu – công suất máy khi tàu chạy ở các hiệu số môn nước khác nhau.

## **7. Kết cấu của luận án**

Luận án bao gồm 162 trang, 77 hình vẽ, 23 bảng biểu, phần mở đầu và 4 Chương, phần kết luận, các công trình nghiên cứu đã công bố của tác giả, tài liệu tham khảo và phụ lục.

# **CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN**

## **1.1. Tổng quan về các yêu cầu của IMO đối với việc sử dụng năng lượng hiệu quả trên tàu**

Vấn đề bảo vệ môi trường đang là một trong những vấn đề nóng được cả thế giới quan tâm. Chính vì vậy vào năm 2011, IMO và MEPC đã thông qua nghị quyết về sử dụng năng lượng hiệu quả, tiết kiệm trên tàu đối với các tàu chạy tuyến quốc tế thông qua 4 chỉ số mà tàu cần phải đạt được gồm: chỉ số thiết kế năng lượng hiệu quả (EEDI), chỉ số khai thác năng lượng hiệu quả (EEOI), kế hoạch quản lý năng lượng hiệu quả của tàu (SEEMP) và chỉ số năng lượng hiệu quả đối với các tàu đang khai thác (EEXI) bắt đầu có hiệu lực ngày mùng 1 tháng 1 năm 2023. Ở đây 2 chỉ số EEOI và chỉ số SEEMP là hai chỉ số liên quan đến quá trình khai thác tàu.

## **1.2. Tổng quan về tình hình nghiên cứu giải pháp chạy tàu ở hiệu số môn nước tối ưu nhằm nâng cao hiệu quả sử dụng năng lượng trên tàu**

Về tình hình nghiên cứu trong nước: Việc nghiên cứu về giải pháp chạy tàu ở hiệu số môn nước tối ưu nhằm nâng cao hiệu quả sử dụng năng lượng trên tàu là còn khá mới mẻ và chưa được đề cập đến nhiều trong các bài báo khoa học và tài liệu chuyên ngành ở trong nước. Dưới góc độ nghiên cứu ứng

dụng thì giải pháp này hiện vẫn còn là giải pháp rất mới mẻ và chưa được các công ty Vận tải biển ở trong nước áp dụng.

Về tình hình nghiên cứu nước ngoài:

+ Về mặt tổng quan, các nghiên cứu của các tác giả trên thế giới về ảnh hưởng của hiệu số mớn nước đến lực cản tàu cũng như hiệu suất của thiết bị đẩy hay nhìn rộng ra là mức tiêu hao nhiên liệu của tàu đã cung cấp cho chúng ta một cái nhìn tổng thể về mối quan hệ giữa hiệu số mớn nước của tàu với hiệu quả sử dụng năng lượng trên tàu tại từng tốc độ và chế độ tải.

+ Đối tượng nghiên cứu mà các tác giả trên thế giới hướng đến là các mẫu tàu vận tải biển khác nhau (tàu dầu, tàu container, tàu hàng rời,...).

+ Về phương pháp nghiên cứu: Phương pháp mà các tác giả sử dụng trong nghiên cứu là thử mô hình trong bể thử và mô phỏng số CFD.

+ Về giới hạn nghiên cứu: tất cả các nghiên cứu của các tác giả trên thế giới đều giới hạn ở việc nghiên cứu ảnh hưởng của hiệu số mớn nước đến sức cản tàu trong điều kiện nước tĩnh.

+ Về kết quả nghiên cứu thu được: Đã chỉ rõ mức độ ảnh hưởng của hiệu số mớn nước đến sự thay đổi sức cản tàu. Kết quả tính toán bằng CFD khá gần với kết quả thử mô hình trong bể thử. Ứng với mỗi loại tàu khác nhau, ở tốc độ và chế độ tải khác nhau thì mức giảm sức cản tàu hay mức tiết kiệm nhiên liệu thu được là khác nhau, mức giảm trung bình vào khoảng từ 1-5%.

+ Về tồn tại của các nghiên cứu: Mặt tồn tại lớn nhất của các nghiên cứu là phần lớn sử dụng mô hình tàu để nghiên cứu và so sánh với kết quả thử mô hình trong bể thử. Việc tính toán trên tàu thực và so sánh với kết quả thử thực ở ngoài biển còn chưa được đề cập đến nhiều.

Tồn tại thứ hai của các nghiên cứu này đó là đa phần các nghiên cứu mới chỉ tập chung vào nghiên cứu ảnh hưởng của hiệu số mớn nước đến sức cản tàu. Việc nghiên cứu ảnh hưởng đồng thời của hiệu số mớn nước đến sức cản và hiệu suất của chân vịt sau vỏ tàu còn khá hạn chế.

#### **1.4. Kết luận chương 1**

Trong chương này, các vấn đề sau đây đã được giải quyết:

- Tổng hợp được các Quy định của IMO liên quan đến việc sử dụng năng lượng hiệu quả trên tàu.

- Tổng hợp, phân tích được các giải pháp nâng cao hiệu quả sử dụng năng lượng trên các tàu đang khai thác.

- Tổng hợp, phân tích và đánh giá được các công trình nghiên cứu đi trước có liên quan. Trong đó chỉ ra những vấn đề còn tồn tại của các nghiên cứu đi trước.

### **CHƯƠNG 2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT PHỤC VỤ LỰA CHỌN PHƯƠNG PHÁP MÔ PHỎNG**

#### **2.1. Cơ sở phương pháp luận trong nghiên cứu ảnh hưởng của hiệu số mớn nước đến sự thay đổi suất công suất máy chính**

Quan hệ giữa công suất máy chính của tàu với sức cản và hiệu suất của chân vịt sau vỏ tàu, vòng quay và mô men của chân vịt được xác định qua biểu thức sau [7]:

$$P_s = \frac{R_T V}{\eta_T} = 2\pi n Q \quad (2.2)$$

Ở đây:  $P_s$  – là công suất máy chính [kW];  $V$  – tốc độ tàu [m/s],  $R_T$  – là sức cản tàu [kN];  $\eta_T$  hiệu suất của chân vịt sau vỏ tàu [-];  $n$  – là vòng quay của chân vịt [rps];  $Q$  – là mô men của chân vịt [kN.m].

Theo công thức (2.2) ta thấy rằng, khi tàu chạy ở các hiệu số môn nước khác nhau sẽ dẫn đến sự thay đổi công suất máy do có sự thay đổi về sức cản và hiệu suất của chân vịt sau vỏ tàu. Phần trăm thay đổi sức cản tàu và hiệu suất của chân vịt khi chạy ở các hiệu số môn nước khác nhau cũng chính là % thay đổi công suất máy chính của tàu.

#### 2.1.2.1. Ảnh hưởng của hiệu số môn nước đến sự thay đổi sức cản tàu

Theo lý thuyết về thủy động lực học tàu thủy, công thức tổng quát trong tính toán sức cản tàu có dạng như sau [7], [23]:

$$R_T = 1/2 \cdot \rho \cdot C_T \cdot V^2 \cdot S \quad (2.3)$$

Ở đây:  $R_T$  – là sức cản toàn bộ của tàu, kN;  $\rho$  – là trọng lượng riêng của nước, t/m<sup>3</sup>;  $V$  – là vận tốc tàu, m/s;  $C_T$  – Hệ số lực cản tổng của tàu;  $S$  – là diện tích mặt ướt của vỏ tàu, m<sup>2</sup>.

Khi tàu chạy ở các hiệu số môn nước khác nhau sẽ dẫn đến sự thay đổi chiều dài đường nước, diện tích mặt ướt vỏ tàu, cũng như các thông số hình dáng phần ngâm nước của tàu từ đó dẫn đến sự thay đổi hệ số sức cản tổng ( $C_T$ ) của tàu và cuối cùng là sức cản tổng của tàu.

**Bảng 2.2.** Ảnh hưởng của sự thay đổi diện tích mặt ướt đến sức cản tàu khi chạy ở các hiệu số môn nước khác nhau

Tại môn nước thiết kế $d_{\text{design}} = 8.3\text{m}$			
<b>Hiệu số môn nước, m</b>	<b>-1,5</b>	<b>0</b>	<b>1,5</b>
Diện tích mặt ướt: $S, \text{m}^2$	3837	3857	3873
Sự thay đổi diện tích mặt ướt $\Delta S, \%$	<b>+0.52</b>	<b>0.00</b>	<b>-0.41</b>
% thay đổi sức cản tàu $\Delta R$	<b>+0.52</b>	<b>0.00</b>	<b>-0.41</b>
Tại môn nước $d = 0.75d_{\text{design}} = 6.15\text{m}$			
<b>Hiệu số môn nước, m</b>	<b>-1.0</b>	<b>0</b>	<b>2.0</b>
Diện tích mặt ướt: $S, \text{m}^2$	3231	3239	3275
Sự thay đổi diện tích mặt ướt $\Delta S, \%$	<b>+0.25</b>	<b>0.00</b>	<b>-1.11</b>
% thay đổi sức cản tàu $\Delta R$	<b>+0.25</b>	<b>0.00</b>	<b>-1.11</b>
Tại môn nước $d = 0.5d_{\text{design}} = 4.10\text{m}$			
<b>Hiệu số môn nước, m</b>	<b>-0.5</b>	<b>0</b>	<b>3.0</b>
Diện tích mặt ướt: $S, \text{m}^2$	2684	2681	2669
Sự thay đổi diện tích mặt ướt $\Delta S, \%$	<b>-0.11</b>	<b>0.00</b>	<b>+0.45</b>
% thay đổi sức cản tàu $\Delta R$	<b>-0.11</b>	<b>0.00</b>	<b>+0.45</b>

Từ kết quả thu được trên Bảng 2.2, ta thấy rằng sự thay đổi của diện tích mặt ướt do hiệu số môn nước gây ra ứng với mỗi trạng thái tải, dao động trong dải từ -1.11% đến +0.52% ở tất cả 3 môn nước xem xét và sự thay đổi này phụ thuộc vào từng môn nước cụ thể của tàu. Ở đây, nếu bỏ qua sự thay đổi về hệ số lực cản tổng của tàu ở các hiệu số môn nước khác nhau, thì sự

thay đổi về diện tích mặt ướt của tàu cũng chính bằng sự thay đổi về lực cản tàu (xem công thức 2.3). Nghĩa là ảnh hưởng của diện tích mặt ướt khi tàu chạy ở các hiệu số môn nước khác nhau đến sức cản tàu ở vào khoảng từ 1.11% đến +0.52%.

**Bảng 2.3.** Ảnh hưởng của hiệu số môn nước đến sự thay đổi sức cản tàu do thay đổi thành phần sức cản ma sát

Tại môn nước thiết kế $d_{\text{design}} = 8.3\text{m}$			
Hiệu số môn nước, m	-1,5	0	1,5
Chiều dài đường nước: $L_{\text{WL}}$ , m	130.68	130.51	131.54
% thay đổi chiều dài đường nước $\Delta L_{\text{WL}}$ , %	-0.13	0.00	-0.79
% thay đổi hệ số sức cản ma sát $\Delta C_F$ , %	<b>0.02</b>	<b>0.00</b>	<b>0.10</b>
% thay đổi sức cản tàu $\Delta R$	<b>0.02</b>	<b>0.00</b>	<b>0.10</b>
Tại môn nước $d = 0.75d_{\text{design}} = 6.15\text{ m}$			
Hiệu số môn nước, m	-1.0	0	2.0
Chiều dài đường nước: $L_{\text{WL}}$ , m	128.13	130.99	134.17
% thay đổi chiều dài đường nước $\Delta L_{\text{WL}}$ , %	2.18	0.00	-2.43
% thay đổi hệ số sức cản ma sát $\Delta C_F$ , %	<b>-0.28</b>	<b>0.00</b>	<b>0.30</b>
% thay đổi sức cản tàu $\Delta R$	<b>-0.28</b>	<b>0.00</b>	<b>0.30</b>
Tại môn nước $d = 0.5d_{\text{design}} = 4.10\text{m}$			
Hiệu số môn nước, m	-0.5	0	3.0
Chiều dài đường nước: $L_{\text{WL}}$ , m	126.74	126.75	127.72
% thay đổi chiều dài đường nước $\Delta L_{\text{WL}}$ , %	0.01	0.00	-0.77
% thay đổi hệ số sức cản ma sát $\Delta C_F$ , %	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.1</b>
% thay đổi sức cản tàu $\Delta R$	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.1</b>

Từ kết quả thu được trên Bảng 2.3, ta thấy rằng sự thay đổi sức cản tàu do sự thay đổi thành phần hệ số sức cản ma sát khi tàu chạy ở các hiệu số môn nước ở vào khoảng  $\pm 0.28\%$  đây cũng chính là % thay đổi sức cản tàu. Như vậy, có thể thấy rằng ảnh hưởng của hiệu số môn nước đến hệ số sức cản ma sát của bản phẳng là không đáng kể.

Trong quá trình khai thác tàu, do rong rêu hà bám, độ nhám bề mặt vỏ tàu sẽ tăng sẽ làm tăng sức cản tàu. Sức cản tàu có thể tăng lên từ 30 đến 40% nếu tàu bị hà bám lớn [3].

Mặc dù chiều dài đường nước của tàu thay đổi khi tàu hoạt động ở các hiệu số môn nước khác nhau, độ nhám bề mặt vỏ tàu vẫn giữ nguyên. Sự biến đổi của chiều dài đường nước khi tàu hoạt động ở các độ chúi khác nhau chỉ rơi vào mức thấp hơn 2.5%. Điều này dẫn đến việc thay đổi phần tử của hệ số sức cản nhám chỉ nằm dưới một phần nghìn (tham khảo Bảng 2.4).

**Bảng 2.4.** Ảnh hưởng của hiệu số môn nước đến sự thay đổi sức cản tàu do thay đổi độ nhám vỏ tàu

Tại môn nước thiết kế $d_{\text{design}} = 8.3\text{ m}$			
Hiệu số môn nước, m	-1,5	0	1,5
Chiều dài đường nước: $L_{\text{WL}}$ , m	130.68	130.51	131.54
% thay đổi chiều dài đường nước $\Delta L_{\text{WL}}$ , %	-0.13	0.00	-0.79
% thay đổi hệ số sức cản nhám $\Delta C_A$ , %	$4.2 \cdot 10^{-5}$	<b>0</b>	$1.2 \cdot 10^{-4}$
% thay đổi sức cản tàu $\Delta R$	$4.2 \cdot 10^{-5}$	<b>0</b>	$1.2 \cdot 10^{-4}$



Tại môn nước $d = 0.75d_{\text{design}} = 6.15 \text{ m}$			
Hiệu số môn nước, m	-1.0	0	2.0
Chiều dài đường nước: $L_{WL}$ , m	128.13	130.99	134.17
% thay đổi chiều dài đường nước $\Delta L_{WL}$ , %	2.18	0.00	-2.43
% thay đổi hệ số sức cân nhám $\Delta C_A$ , %	$3.8 \cdot 10^{-4}$	<b>0.00</b>	$4.1 \cdot 10^{-4}$
% thay đổi sức cản tàu $\Delta R$	$3.8 \cdot 10^{-4}$	<b>0.00</b>	$4.1 \cdot 10^{-4}$
Tại môn nước $d = 0.5d_{\text{design}} = 4.10 \text{ m}$			
Hiệu số môn nước, m	-0.5	0	3.0
Chiều dài đường nước: $L_{WL}$ , m	126.74	126.75	127.72
% thay đổi chiều dài đường nước $\Delta L_{WL}$ , %	0.01	0.00	-0.77
% thay đổi hệ số sức cân nhám $\Delta C_A$ , %	$6.5 \cdot 10^{-6}$	<b>0.00</b>	$2.9 \cdot 10^{-5}$
% thay đổi sức cản tàu $\Delta R$	$6.5 \cdot 10^{-6}$	<b>0.00</b>	$2.9 \cdot 10^{-5}$

2.1.2.2. Ảnh hưởng của hiệu số môn nước đến sự thay đổi hiệu suất của chân vịt sau vỏ tàu

Hiệu suất của chân vịt sau vỏ tàu được cấu thành bởi các thành phần sau [7, 27]:

$$\eta_T = \eta_H \cdot \eta_0 \cdot \eta_R \quad (2.10)$$

Hiệu suất vỏ tàu  $\eta_H$  được xác định theo công thức sau [7, 27]:

$$\eta_H = \frac{1-t}{1-w} \quad (2.11)$$

Trong đó:  $t$  – là hệ số lực hút,  $w$  – là hệ số dòng theo.

Hệ số lực hút và hệ số lực đẩy được xác định theo công thức (2.12) và (2.13):

$$t = \frac{T - R_T}{T} \quad (2.12)$$

$$w = 1 - \frac{V_A}{V} \quad (2.13)$$

ở đây:  $T$  – là lực đẩy của chân vịt sau vỏ tàu,  $R_T$  là sức cản toàn bộ của tàu;  $V_A$  – là vận tốc dòng chảy đến chân vịt;  $V$  – là tốc độ tàu.

Hệ số kể đến ảnh hưởng của dòng theo không đều đến mô men thủy động của chân vịt được xác định theo biểu thức:

$$\eta_R = \frac{K_Q}{K_{Q_{ship}}} \quad (2.14)$$

Trong đó:  $K_Q$  - là hệ số mô men của chân vịt khi làm việc ở chế độ tự do (open water condition);  $K_{Q_{ship}}$  - là hệ số mô men của chân vịt khi làm việc sau vỏ tàu.

Hiện tại không có các công thức giải tích để xác định các đại lượng trong các công thức (2.13), (2.14) và (2.15). Việc xác định các đại lượng này chỉ có thể thực hiện được thông qua việc thử mô hình tàu hoặc tính toán bằng phương pháp số CFD.

Hiệu suất của chân vịt làm việc trong điều kiện tự do được xác định theo công thức [7]:

$$\eta_0 = \frac{J}{2\pi} \frac{K_T}{K_Q} \quad (2.15)$$

ở đây:  $K_T$ ,  $K_Q$  lần lượt là hệ số lực đẩy và hệ số mô men của chân vịt;  $J$  – là bước tiến tương đối của chân vịt.

Như vậy để xác định được hiệu suất của chân vịt làm việc trong điều kiện tự do, ta cần phải xác định được lực đẩy và mô men của chân vịt tại các vòng quay và tốc độ dòng chảy đến chân vịt. Hiện tại để xác định được hai đại lượng này thì ta cần phải tiến hành thử nghiệm trong bể thử hoặc tính toán bằng phương pháp số CFD.

## 2.2. Cơ sở lý thuyết phương pháp số CFD

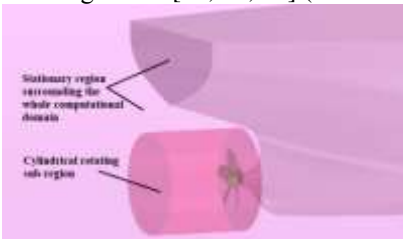
“Mô phỏng số CFD (computational fluid dynamic) là một nhánh của cơ học chất lưu, sử dụng phương pháp số để giải các bài toán liên quan đến chuyển động của dòng chảy cũng như tương tác giữa dòng chảy với vật thể (tàu).”[21]

Trong phương pháp số CFD có một số cách tiếp cận trong việc tính toán các bài toán thủy động lực học gồm: Phương pháp dòng chảy thế, phương pháp số Reynold trung bình RANSE (Averaged Navier-Stokes Equations); phương pháp LES (Large Eddy Simulation). Ở thời điểm hiện tại, phương pháp RANSE vẫn là phương pháp được áp dụng phổ biến nhất trong tính toán thủy động lực học tàu thủy dưới góc độ độ tin cậy của kết quả tính toán và thời gian tính toán. Chính vì vậy tất cả các nghiên cứu về tối ưu hóa hiệu số mớn được đều sử dụng phương pháp này trong nghiên cứu [14, 21, 36].

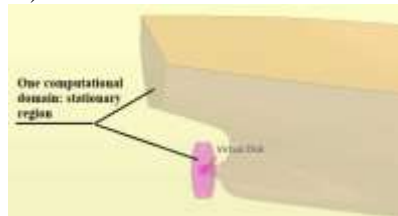
## 2.3. Phương pháp mô phỏng chân vịt sau vỏ tàu

Để mô phỏng chân vịt làm việc sau vỏ tàu bằng phương pháp RANSE hiện có hai phương pháp gồm:

- Mô phỏng trực tiếp dựa trên chân vịt thực [29, 37, 45] (xem Hình 2.7).
- Mô phỏng gián tiếp bằng phương pháp lực khối với chân vịt được thay thế bằng đĩa ảo [25, 42, 43] (xem Hình 2.8).



**Hình 2.7. Phương pháp mô phỏng trực tiếp dựa trên chân vịt thực**



**Hình 2.8. Phương pháp mô phỏng gián tiếp dựa trên phương pháp lực khối**

## 2.4. Cơ sở lý thuyết phương pháp mô phỏng gián tiếp

Để mô phỏng chân vịt làm việc sau vỏ tàu bằng phương pháp lực khối, chân vịt sẽ được thay thế bằng ô đĩa ảo, ở đây lực khối sẽ được tạo ra trên đĩa ảo, lực này sẽ thay đổi theo hướng xuyên tâm (radial direction).

Để sử dụng đĩa ảo thay thế cho chân vịt thực, chúng ta cần phải xác định được các yếu tố sau:

- Cần xác định được vị trí và chiều quay của đĩa ảo (chính là vị trí của chiều quay của chân vịt thực sau vỏ tàu);
- Cần có được các thông số thủy động của chân vịt làm việc trong điều kiện tự do gồm: hệ số lực đẩy  $K_T$ , hệ số mô men  $K_Q$ , hiệu suất chân vịt  $\eta_0$  dưới dạng hàm số phụ thuộc vào bước tiến tương đối  $J$ .
- Vận tốc quay của đĩa ảo (chính là giá trị vận tốc quay của chân vịt).

## 2.5. Kết luận chương 2

Trên cơ sở nghiên cứu cơ sở lý thuyết, Chương 2 này đã đạt được các kết quả sau đây:

- Hệ thống hóa cơ sở phương pháp luận trong nghiên cứu ảnh hưởng của hiệu số mớn nước đến sự thay đổi công suất máy và cuối cùng là suất tiêu hao nhiên liệu trên tàu.
- Phân tích, lựa chọn được phương pháp tính toán ảnh hưởng của hiệu số mớn nước đến sự thay đổi các thông số thủy động của tàu (gồm sức cản và hiệu suất của chân vịt).
- Hệ thống hóa cơ sở lý thuyết trong mô phỏng tính toán các thông số thủy động của tàu bằng phương pháp số CFD.
- Hệ thống hóa cơ sở lý thuyết của phương pháp kiểm tra và xác nhận kết quả tính toán bằng CFD.
- Phân tích, lựa chọn được phương pháp mô phỏng chân vịt sau vỏ tàu phục vụ cho bài toán xác định hiệu số mớn nước tối ưu cho tàu.

## CHƯƠNG 3. XÂY DỰNG MÔ HÌNH BÀI TOÁN VÀ MÔ PHỎNG TÍNH TOÁN ẢNH HƯỞNG CỦA HIỆU SỐ MỚN NƯỚC ĐẾN SỰ THAY ĐỔI CÔNG SUẤT MÁY CHÍNH

### 3.1. Xây dựng mô hình bài toán tính toán ảnh hưởng của hiệu số mớn nước đến sự thay đổi công suất máy chính

#### 3.1.1. Các dữ liệu đầu vào

Các dữ liệu đầu vào trong mô hình bài toán tính toán ảnh hưởng của hiệu số mớn nước đến sự thay đổi công suất máy chính gồm:

- + Hồ sơ tàu với các thông số kỹ thuật của tàu gồm dải tốc độ khai thác của tàu; các trạng thái tải mà tàu thường xuyên khai thác.
- + Bản vẽ tuyến hình tàu và bản vẽ chân vịt.
- + Các thông số của môi trường tàu khai thác gồm: tỷ trọng của nước và không khí, độ nhớt động học của nước và không khí (được lấy theo vùng hoạt động của tàu).

#### 3.1.2. Thiết lập các trường hợp tính

Dựa vào điều kiện khai thác thực tế của tàu ở phần dữ liệu đầu vào, ở bước này ta sẽ đi tiên hành thiết lập các trường hợp tính toán bao gồm lựa chọn dải hiệu số mớn nước tính toán ứng với từng mớn nước trung bình và tốc độ khai thác ở từng mức nước, từ đó thiết lập được ma trận các phương án tính “Mớn nước – Tốc độ - Hiệu số mớn nước” sau: “ $a_i - b_j - c_k$ ”. Trong đó  $a$  – là mớn nước trung bình của tàu,  $b$  – là tốc độ,  $c$  – là hiệu số mớn nước của tàu. Các chỉ số  $i, j, k$  – lần lượt là số lượng các mớn nước, tốc độ và hiệu số mớn nước sẽ triển khai tính toán.

### 3.1.3. Tính toán các thông số thủy động của chân vịt ở điều kiện tự do và Mô phỏng chân vịt hoạt động sau vỏ tàu để xác định mối quan hệ “Trim – Ps” ứng với từng mớn nước và tốc độ khai thác của tàu

Việc tính toán các thông số thủy động của chân vịt ở điều kiện tự do và Mô phỏng chân vịt hoạt động sau vỏ tàu để xác định mối quan hệ “Trim – Ps” ứng với từng mớn nước và tốc độ khai thác của tàu bằng CFD sẽ được tiến hành theo quy trình tính bao gồm 4 bước chung đó là [7], [22]:

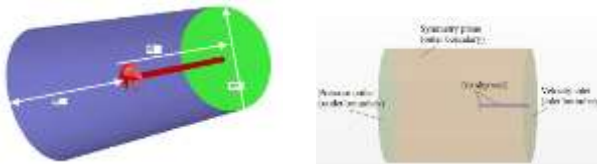
- + Thiết lập tính toán;
- + Lựa chọn phép giải;
- + Diễn giải kết quả;
- + Phân tích và đánh giá kết quả thu được.

Nội hàm của từng bước ứng với hai bài toán ở trên là khác nhau cụ thể:

Phần **Thiết lập tính toán**. Thiết lập tính toán là bước đầu tiên cần phải triển khai khi mô phỏng tính toán các thông số thủy động của tàu bằng CFD. Ở bước này ta sẽ đưa vào các thông số gồm:

**Đối với mô phỏng chân vịt làm việc ở chế độ tự do** gồm: Điều kiện về môi trường; các thông số hình học của chân vịt (đường kính chân vịt), vòng quay chân vịt; kích thước bể thử ảo; lựa chọn điều kiện biên; lựa chọn lưới và chia lưới; lựa chọn mô hình vật lý.

Trong mô phỏng chân vịt làm việc ở chế độ tự do, hình dáng và kích thước bể thử ảo theo hướng dẫn của Hiệp hội bể thử quốc tế (ITTC), sẽ được xác định như sau [19]: bể thử ảo có dạng hình lăng trụ với đường kính gấp 8 lần đường kính chân vịt, biên phía trước cách chân vịt một khoảng bằng 4 lần đường kính chân vịt, phía sau cách chân vịt một khoảng bằng 6 lần đường kính chân vịt. Điều kiện biên được thiết lập như sau: tốc độ dòng đến (velocity inlet) được áp dụng tại mặt phía trước (inlet); áp suất đầu ra (pressure outlet) được áp dụng tại mặt phía sau; mặt đối xứng (symmetry plane) được áp dụng tại mặt hông (outer boundary); tường không trượt (No-slip wall) được áp dụng cho chân vịt (xem Hình 3.4).

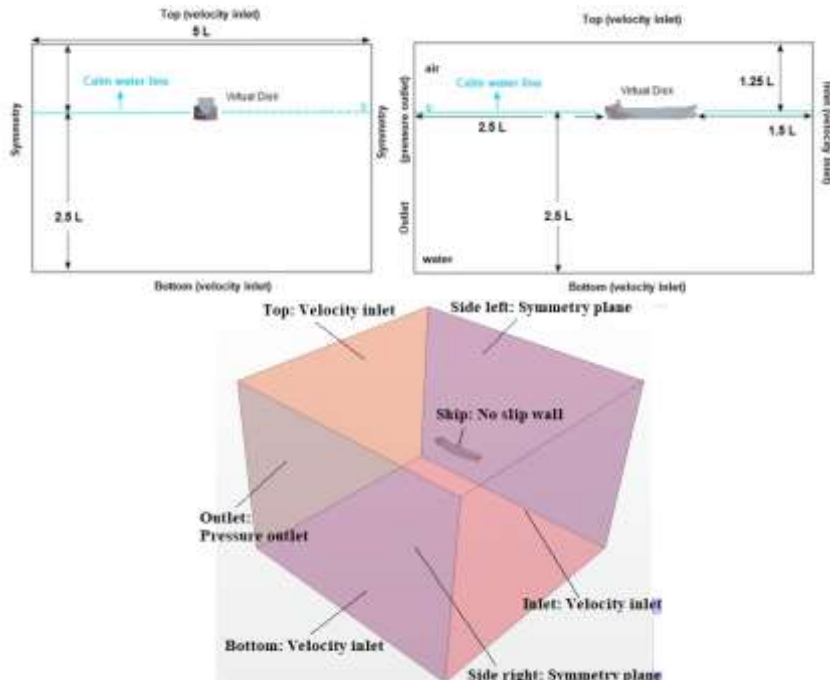


**Hình 3.4. Bể thử ảo và điều kiện biên được sử dụng trong mô phỏng chân vịt hoạt động tự do**

**Đối với bài toán mô phỏng chân vịt hoạt động sau vỏ tàu để xác định mối quan hệ “Trim – Ps” ứng với từng mớn nước và tốc độ khai thác của tàu** gồm: Điều kiện về môi trường; Ma trận các phương án tính “Mớn nước – Tốc độ – Hiệu số mớn nước”, vòng quay chân vịt sơ bộ; các thông số về khối lượng và trọng tâm của tàu; kích thước bể thử ảo; lựa chọn điều kiện biên; thiết lập các tham số cho ổ đĩa ảo; lựa chọn lưới và chia lưới; lựa chọn mô hình vật lý.

Điều kiện về môi trường; Ma trận các phương án tính “Mớn nước – Tốc độ – Hiệu số mớn nước”, vòng quay chân vịt; các thông số về khối lượng và

trọng tâm của tàu được xác định dựa trên thông số đầu vào và dựa trên việc tính toán từ mô hình 3D của tàu.



**Hình 3.5. Kích thước bể thử ảo và điều kiện biên trong mô phỏng chân vịt sau vỏ tàu bằng phương pháp mô phỏng gián tiếp**

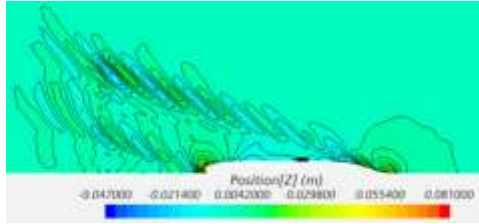
**Lựa chọn phép giải** là công đoạn thứ hai cần phải triển khai khi mô phỏng tính toán các thông số thủy động của tàu bằng CFD. Ở bước này ta sẽ thực hiện các công việc sau:

*Đánh giá tiêu chí hội tụ: Đối với cả 2 bài toán “mô phỏng chân vịt hoạt động ở chế độ tự do” và “mô phỏng chân vịt sau vỏ tàu bằng phương pháp mô phỏng gián tiếp”.*

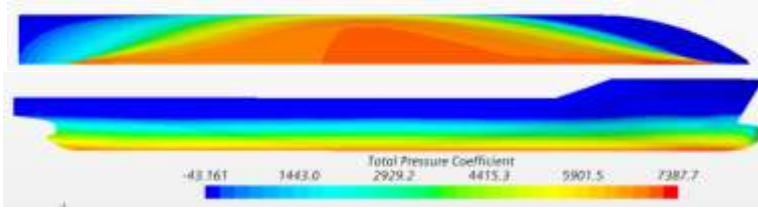
*Sơ đồ rời rạc hóa.*

### **Diễn giải kết quả**

Theo khuyến nghị của ITTC sau khi kết quả tính CFD đã hội tụ, người tính toán cần hiềm thị đường dòng bao quanh vỏ tàu như: hình dạng sóng do tàu tạo ra khi chuyển động, phân bố áp suất tĩnh và áp suất động trên vỏ tàu... Trên cơ sở đó ta có thể đánh giá được sơ bộ kết quả thu được thông qua việc quan sát đường dòng bao quanh vỏ tàu (xem Hình 3.6, 3.7).



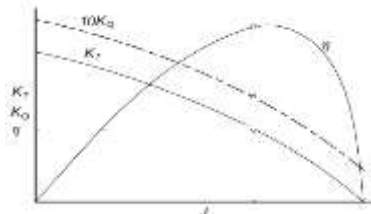
**Hình 3.6. Hình dạng sóng do tàu tạo ra khi chuyển động**



**Hình 3.7. Phân bố áp suất trên bề mặt vỏ tàu**

### **Đánh giá kết quả thu được**

Tại bước này chúng ta sẽ đi đánh giá sai số của kết quả mô phỏng so với kết quả thực nghiệm sau đó sẽ tiến hành đánh giá tính không ổn định của nghiệm thu được theo quy trình xác nhận. Căn cứ trên mối tương quan giữa sai số với tính không ổn định của nghiệm ta sẽ đánh giá được mô hình tính toán bằng CFD của ta là đúng hay cần điều chỉnh.



**Hình 3.8. Đường cong các thông số thủy động của chân vịt hoạt động ở chế độ tự do**

Kết quả mô phỏng tính toán chân vịt làm việc ở chế độ tự do sẽ là các thông số thủy động của chân vịt gồm hệ số lực đẩy ( $K_T$ ), hệ số mô men ( $K_Q$ ), hiệu suất của chân vịt ( $\eta$ ) ứng với từng bước tiến tương đối ( $J$ ) khác nhau (xem Hình 3.8).

Kết quả mô phỏng chân vịt sau vỏ tàu bằng phương pháp mô phỏng gián tiếp ứng với các phương án án tính “Mớn nước trung bình - Tốc độ - Hiệu số mớn nước” sẽ là mối quan hệ giữa “hiệu số mớn nước với công suất máy của tàu” ứng với từng mớn nước trung bình và tốc độ tàu.

#### **3.1.4. Xác định hiệu số mớn nước tối ưu cho tàu ứng với từng mớn nước và tốc độ tàu**

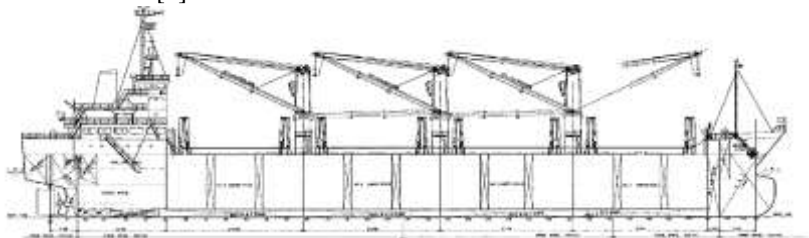
Trên cơ sở kết quả mô phỏng tính toán thu được về mối quan hệ giữa “hiệu số mớn nước với công suất máy của tàu” ứng với từng mớn nước trung bình và tốc độ tàu, ta sẽ tiến hành xây dựng đồ thị quan hệ giữa hiệu số mớn nước với sự thay đổi công suất máy của tàu. Ở đây sẽ lấy phương án mà tàu

thường xuyên khai thác làm phương án để so sánh với các phương án hiệu số môn nước khác nhau, trên cơ sở đó sẽ xác định được phương án hiệu số môn nước tối ưu cho tàu.

### 3.2. Mô phỏng tính toán hiệu số môn nước tối ưu cho Serries tàu hàng 12500 DWT

#### 3.2.1. Giới thiệu về Serries tàu hàng 12500 DWT

Cụ thể trong nghiên cứu này là tàu hàng Trường Minh Ocean thuộc Serries 12500 DWT. Các thông số về kích thước và hình dáng của tàu hàng Trường Minh Ocean cũng như chân vịt của tàu này được thể hiện trên Bảng 3.3 và Hình 3.9 [1].



Hình 3.9. Hình dáng tàu hàng Trường Minh Ocean trọng tải 12500 DWT

Bảng 3.3. Các thông số hình học của tàu hàng Trường Minh Ocean và chân vịt của tàu

Thông số hình học		Đơn vị	Giá trị
Chiều dài hai trụ của tàu	$L_{PP}$	m	126.00
Chiều dài đường nước của tàu	$L_{WL}$	m	130.51
Chiều rộng tàu	B	m	20.20
Chiều cao mạn	H	m	11.30
Món nước theo thiết kế	d	m	8.30
Thể tích chiếm nước	$\nabla$	$m^3$	16050
Hệ số béo thể tích	CB	-	0.742
Diện tích mặt ướt vỏ tàu	S(m <sup>2</sup> )	m <sup>2</sup>	3857
Hoành độ tâm nổi của tàu (tính từ mặt phẳng sườn giữa)	LCB (%LPP), fwd+	%L <sub>PP</sub> , fwd+	+0.804
Thông số hình học của chân vịt			
Đường kính chân vịt	$D_p$	m	3.60
Tỷ số đĩa	$A_E/A_0$	-	0.622
Đường kính cũ/đường kính chân vịt	$D_h/D_p$	-	0.175
Số cánh chân vịt	Z	-	4
Tỷ số bước	$P_{0.7}/D$	-	0.618
Góc nghiêng cánh	-	Độ	25
Chiều quay của chân vịt	-	-	Quay phải

#### 3.2.2. Thiết lập các trường hợp và điều kiện tính toán

Đối với bài toán thứ nhất “mô phỏng chân vịt hoạt động ở chế độ tự do”. Việc tính toán được thực hiện với các bước tương đối J khác nhau thay đổi trong dải từ 0.4 đến 0.6 (dải hoạt động của chân vịt) với bước là 0.05. Chân

vật quay với tốc độ không đổi là 215 vòng/phút. Độ nhám của cánh chân vịt là 30  $\mu\text{m}$ .

Đối với bài toán thứ 2 “*Mô phỏng, tính toán sự thay đổi công suất máy của tàu khi tàu chạy ở các hiệu số môn nước khác nhau*”. Việc tính toán sẽ được tiến hành tại các hiệu số môn nước như sau ứng với từng môn nước trung bình và tốc độ tàu như sau:

- Tại môn nước thiết kế ( $d_{\text{design}} = 8.30 \text{ m}$ ) sẽ tính toán sự thay đổi công suất máy của tàu khi tàu chạy ở các hiệu số môn nước dao động trong dải  $\pm 1.5 \text{ m}$  tại 3 tốc độ là 9.5 knots, 10.5 knots và 11.5 knots.

- Tại môn nước bằng 75% môn nước thiết kế ( $d = 0.75 d_{\text{design}}$ ) với hiệu số môn nước dao động trong dải -1.0 m đến +2.0 m tại 2 tốc độ tàu gồm 10.5 knots, và 12 knots.

- Tại môn nước khi tàu chạy ballast ( $d_{\text{ballast}} = 3.76 \text{ m}$ ) với hiệu số môn nước dao động trong dải từ +2.2 m đến + 4.2 m, tại 2 tốc độ tàu là 11.05 knots, 12.75 knots.

Các dải dao động về hiệu số môn nước ứng với từng môn nước khác nhau ở trên được xác định trên cơ sở khả năng khai thác thực tế có thể có của tàu. Tổng số phương án cần mô phỏng là 51 phương án.

Điều kiện môi trường được thiết lập trong mô phỏng giống như điều kiện tàu tiến hành thử thực (sea trial) ngoài biển như sau:

- + Trạng thái biển êm (sóng không đáng kể);
- + Tàu dao động tự do theo phương thẳng đứng (Heave motion) và chòng chành sóng chính (pitch motion);
- + Độ nhám bề mặt vỏ tàu là 150  $\mu\text{m}$ ;
- + Khối lượng riêng của nước biển 1.025  $\text{t/m}^3$ ;
- + Nhiệt độ môi trường nước 25 $^{\circ}\text{C}$ .

### **3.2.3. Thiết lập mô phỏng**

Đối với bài toán mô phỏng chân vịt hoạt động tự do, do dòng chảy đến chân vịt là dòng chảy đều nên sẽ sử dụng mô hình steady RANSE để mô phỏng [39].

Đối với bài toán mô phỏng chân vịt sau vỏ tàu bằng phương pháp ổ đĩa ảo, do dòng chảy đến tàu là dòng chảy phụ thuộc vào thời gian nên sẽ sử dụng mô hình unsteady RANSE, phương pháp thể tích chất lỏng (VOF) được sử dụng để mô phỏng mặt thoáng chất lỏng, tàu sẽ dao động với 2 bậc tự do (tịnh tiến theo phương thẳng đứng Heave và chòng chành sóng chính Pitch).

### **3.2.4. Xác định sự hội tụ của lưới và kiểm tra độ tin cậy của kết quả mô phỏng tính toán**

Trong tính toán CFD, việc xác định điểm tự đầy của tàu (tức là xác định vòng quay chân vịt để tàu đạt được tốc độ đề ra) được xác định bằng cách xác định vòng quay của chân vịt mà tại đó lực đẩy của chân vịt bằng với sức cản của tàu. Trong thực tế tại bể thử tàu người ta cần phải thực hiện ít nhất hai lần chạy tàu với tốc độ vòng quay chân vịt thay đổi khi vẫn giữ nguyên tốc độ tàu, sau đó sẽ dùng phương pháp nội suy để xác định được vòng quay chân vịt mà tại đó lực đẩy bằng với sức cản tàu. Quy trình xác định điểm tự đầy của tàu bằng CFD cũng tương tự như trong bể thử ảo [37].



### 3.2.5. Kết quả tính toán ảnh hưởng của hiệu số môn nước đến sự thay đổi công suất máy chính

Kết quả mô phỏng tính toán ảnh hưởng của hiệu số môn nước khác nhau đến sự thay đổi công suất của máy chính tại 3 môn nước và tốc độ khác nhau của tàu được trình bày trên các Bảng 3.10, 3.11 và 3.12 và các Hình từ 3.21 đến 3.23.

**Bảng 3.10.** Kết quả mô phỏng tính toán ảnh hưởng của hiệu số môn nước đến sự thay đổi công suất máy chính tại môn nước trung bình  $d = 8.30$  m

Vs [knots]	Trim [m]	Kết quả mô phỏng tính toán CFD				
		n [rpm]	R [kN]	Q [kN.m]	Ps [kW]	$\square P_s$ [%]
<b>Trường hợp 1: (d = 8.30 m; tốc độ V=9.5 knots)</b>						
<b>9.5 knots</b>	-1.50	159.0	157.8	88.1	1467	1.54
	-1.00	158.5	156.7	87.4	1450	2.68
	-0.50	159.2	158.2	88.3	1472	1.14
	<b>0.00</b>	<b>159.7</b>	<b>159.2</b>	<b>89.0</b>	<b>1489</b>	<b>0.00</b>
	0.50	160.2	160.2	89.8	1506	-1.14
	1.00	160.5	160.8	90.1	1515	-1.74
<b>Trường hợp 2: (d = 8.30 m; tốc độ Vs = 10.5 knots)</b>						
<b>10.5 knots</b>	-1.50	182.5	207.9	116.4	2225	2.67
	-1.00	181.9	206.5	115.1	2193	4.06
	-0.50	183.2	209.5	116.8	2242	1.92
	0.00	184.2	211.8	118.5	2286	0.00
	0.50	185.1	213.8	119.7	2320	-1.49
	1.00	185.4	214.5	120.2	2334	-2.11
<b>Trường hợp 3: (d = 8.30 m; tốc độ Vs = 11.5 knots)</b>						
<b>11.5 knots</b>	-1.50	201.1	252.25	141.1	2971	3.10
	-1.00	200.2	250.05	139.6	2926	4.57
	-0.50	201.6	253.6	141.7	2990	2.46
	0.00	203.2	257.6	144.1	3066	0.00
	0.50	204.2	260.3	145.9	3119	-1.75
	1.00	204.8	261.8	146.7	3147	-2.67

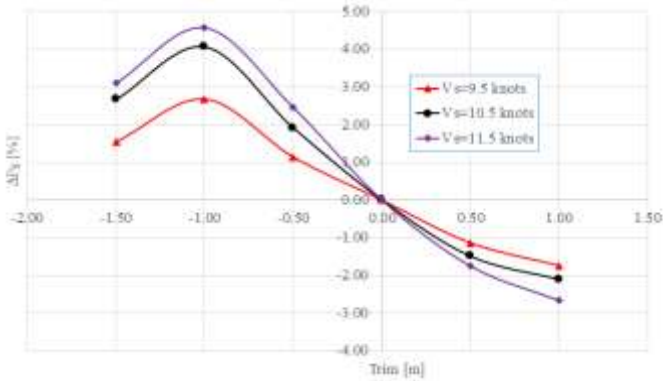
**Bảng 3.11.** Kết quả mô phỏng tính toán ảnh hưởng của hiệu số môn nước đến sự thay đổi công suất máy chính tại môn nước trung bình  $d = 7.0$  m

Vs [knots]	Trim [m]	Kết quả mô phỏng tính toán CFD				
		n [rpm]	R [kN]	Q [kN.m]	Ps [kW]	$\Delta P_s$ [%]
<b>Trường hợp 1: (d = 7.0 m; tốc độ Vs = 9.5 knots)</b>						
<b>9.5 knots</b>	-1.00	151.81	145.5	81.05	1288	-0.77
	-0.50	151.62	145.1	80.84	1284	-0.39
	0.00	151.43	144.8	80.63	1279	0.00
	0.50	151.30	144.5	80.49	1275	0.26
	1.00	151.30	144.5	80.44	1275	0.32
	1.50	151.34	144.6	80.51	1276	0.22

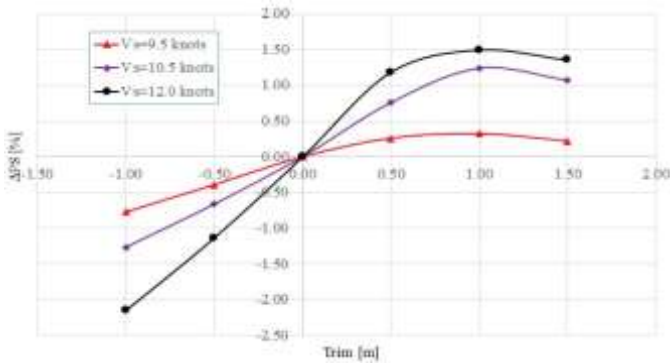
<b>Trường hợp 2: (d = 7.0 m; tốc độ Vs = 10.5 knots)</b>						
<b>10.5 knots</b>	-1.00	167.78	177.7	98.97	1739	-1.27
	-0.50	167.45	177.0	98.58	1729	-0.66
	0.00	167.08	176.2	98.14	1717	0.00
	0.50	166.66	175.3	97.65	1704	0.76
	1.00	166.39	174.8	97.33	1696	1.24
	1.50	166.50	175.0	97.43	1699	1.07
<b>Trường hợp 3: (d = 7.0m; tốc độ Vs = 12.0 knots)</b>						
<b>12.0 knots</b>	-1.00	191.9	232.4	130.03	2613	-2.15
	-0.50	191.2	230.9	129.17	2587	-1.14
	0.00	190.5	229.1	128.20	2558	0.00
	0.50	189.8	227.5	127.14	2528	1.19
	1.00	189.7	227.1	126.86	2520	1.49
	1.50	189.7	227.3	126.98	2523	1.36

**Bảng 3.12.** Kết quả mô phỏng tính toán ảnh hưởng của hiệu số môn nước đến sự thay đổi công suất máy chính tại chế độ ballast với môn nước trung bình d = 3.76 m

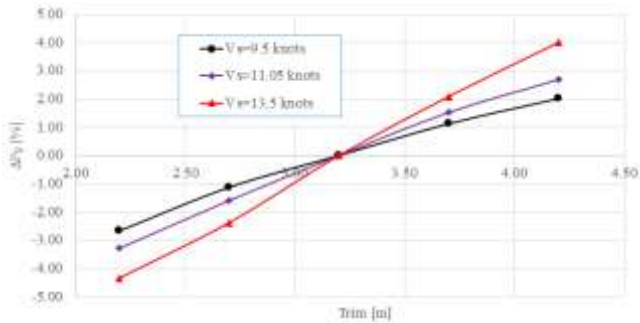
<b>Vs [knots]</b>	<b>Trim[m]</b>	<b>Kết quả mô phỏng tính toán CFD</b>				
		<b>n [rpm]</b>	<b>R [kN]</b>	<b>Q [kN.m]</b>	<b>Ps [kW]</b>	<b>□ Ps (%)</b>
<b>Trường hợp 1: (d = 3.76m; tốc độ Vs = 9.5 knots)</b>						
<b>9.5 knots</b>	2.20	137.66	104.2	72.42	1044	-2.67
	2.70	136.96	103.2	71.70	1028	-1.13
	3.20	136.45	102.4	71.16	1017	0.00
	3.70	135.94	101.6	70.63	1005	1.12
	4.20	135.53	101.0	70.20	996	2.01
<b>Trường hợp 2: (d = 3.76 m; tốc độ Vs = 11.05 knots)</b>						
<b>11.05 knots</b>	2.20	174.30	165.9	115.2	2103	-3.29
	2.70	173.40	163.7	113.9	2068	-1.60
	3.20	172.80	161.5	112.5	2036	0.00
	3.70	172.00	159.4	111.3	2005	1.52
	4.20	171.20	157.0	110.5	1981	2.69
<b>Trường hợp 3: (d = 3.76 m; tốc độ Vs = 13.5 knots)</b>						
<b>13.5 knots</b>	2.20	187.8	199.2	135.1	2657	-4.34
	2.70	186.9	196.5	133.2	2607	-2.38
	3.20	185.2	193.3	131.3	2546	0.00
	3.70	184.0	190.8	129.4	2493	2.09
	4.20	182.8	187.9	127.7	2445	4.00



**Hình 3.21.** Sự thay đổi công suất máy chính khi tàu chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau so với tư thế Even keel tại mớn nước trung bình d = 8.3m



**Hình 3.22.** Sự thay đổi công suất máy chính khi tàu chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau so với tư thế Even keel tại mớn nước trung bình d = 7.0 m



**Hình 3.23.** Sự thay đổi công suất máy chính khi tàu chạy ở chế độ ballast nhau so với tư thế ở hiệu số mớn nước Trim = 3.2 m tại mớn nước trung bình d = 3.76 m

### **3.2.6. Giải thích bản chất vật lý dẫn tới sự thay đổi công suất máy của tàu khi tàu chạy ở các hiệu số môn nước và các tốc độ khác nhau**

Sự thay đổi công suất máy của tàu khi chạy ở các hiệu số môn nước khác nhau có thể giải thích được thông qua việc phân tích sự khác nhau về đường dòng (dòng chảy) bao quanh vỏ tàu khi tàu chạy ở cùng một môn nước trung bình nhưng khác nhau về hiệu số môn nước và tốc độ.

Tại mỗi trạng thái tải và tốc độ tàu, khi tàu chạy ở các hiệu số môn nước khác nhau sẽ dẫn đến sự thay đổi về sức cản tàu và hiệu suất của chân vịt sau vỏ tàu (như đã chỉ ra ở phần cơ sở lý thuyết). Sự khác nhau về sức cản tàu xảy ra khi tàu chạy ở các hiệu số môn nước khác nhau là do sự khác nhau về hình dáng sóng bề mặt do tàu tạo ra khi chuyển động; sự khác nhau trong phân bố áp suất động và ứng suất tiếp trên bề mặt vỏ tàu...

### **3.3. Kết luận chương 3**

Ở Chương 3 này, các kết quả nghiên cứu đã đạt được như sau:

- Xây dựng được mô hình bài toán tính toán ảnh hưởng của hiệu số môn nước đến sự thay đổi công suất máy chính của tàu bằng phương pháp số CFD. Mô hình tính toán được xây dựng là rõ ràng và tường minh.

- Độ tin cậy của kết quả mô phỏng tính toán đã được kiểm chứng thông qua việc so sánh kết quả tính toán với kết quả sea trial (thử đường dài) ở chế độ ballast. Đây là kết quả thử có thể nói là tin cậy nhất được thực hiện bởi sự có mặt của 3 cơ quan gồm: Đăng kiểm – Chủ tàu và Nhà máy. Sai số giữa kết quả tính toán và kết quả đo đạc khoảng 5%. Điều đó khẳng định kết quả mô phỏng tính toán là tin cậy.

- Kết quả mô phỏng tính toán cho Serries tàu hàng 12500 DWT chỉ ra rằng: khi tàu chạy ở các hiệu số môn nước khác nhau sẽ dẫn đến sự thay đổi công suất máy; xu hướng và phần trăm thay đổi công suất máy chính của tàu phụ thuộc vào trạng thái tải trọng của tàu, hiệu số môn nước và tốc độ tàu; mức giảm công suất máy khi tàu chạy ở hiệu số môn nước tối ưu so với khi chạy ở tư thế khai thác thông thường dao động trong dải từ 0.5% đến 4.5% tùy theo trạng thái tải và tốc độ tàu.

- Giải thích được bản chất sự thay đổi công suất máy của tàu khi chạy ở các hiệu số môn nước khác nhau thông qua việc phân tích sự khác nhau về đường dòng bao quanh vỏ tàu khi tàu chạy ở các trạng thái tải trọng với các hiệu số môn nước và tốc độ khác nhau. Sự khác nhau về đường dòng bao quanh vỏ tàu khi chuyển động ở các hiệu số môn nước khác nhau là nguyên nhân dẫn đến sự thay đổi sức cản, hiệu suất của chân vịt và cuối cùng là công suất máy.

## **CHƯƠNG 4. THỰC NGHIỆM ĐÁNH GIÁ ĐỘ TIN CẬY CỦA KẾT QUẢ MÔ PHỎNG**

### **4.2. Thực nghiệm đo đạc**

#### **4.2.1. Lựa chọn tuyến thử**

Tuyến thử được lựa chọn để tiến hành thực nghiệm là tuyến **NGHI SON-FUZHOU**. Đây là tuyến hành trình đáp ứng được yêu cầu đặt ra về điều kiện môi trường, cụ thể:

+ Độ sâu của nước: Lớn hơn 70 m;

+ Trạng thái biển: Chiều cao sóng nhỏ hơn 0.55 m, tốc độ gió nhỏ hơn 8 knots.

#### 4.2.2. Lựa chọn phương án thử

**Bảng 4.3.** Các trường hợp thử

Trạng thái tải trọng của tàu	Hiệu số mớn nước, Trim [m]			Tốc độ tàu [Knots]
	-0.50	0.00	+0.50	
Trạng thái toàn tải (d = 8.30 m)	-0.50	0.00	+0.50	10.50
Trạng thái chạy ballast (d = 3.70m)	+2.70	+3.20	+3.70	11.05

#### 4.2.3. Cách thức tiến hành thực nghiệm

Do điều kiện ngoại cảnh (sóng, gió và dòng chảy) của tàu thay đổi liên tục theo thời gian. Chính vì vậy, để điều kiện ngoại cảnh là gần như nhau khi tiến hành thử nghiệm đo đặc ảnh hưởng của hiệu số mớn nước đến sự thay đổi công suất máy của tàu, NCS lựa chọn thời gian tiến hành thử nghiệm cho mỗi phương án hiệu số mớn nước là 01h khi đó sẽ đảm bảo được điều kiện ngoại cảnh tương đối như nhau khi tàu chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau.

#### 4.2.4. Kết quả thực nghiệm

Kết quả thực nghiệm đo đặc đánh giá ảnh hưởng của hiệu số mớn nước đến sự thay đổi công suất máy tàu đối với Series tàu hàng 12500 DWT ở hai trạng thái tải thực nghiệm được trình bày trên Bảng 4.4 và 4.5. Ở đây công suất máy của tàu ứng với từng hiệu số mớn nước khác nhau được lấy theo giá trị trung bình trong thời gian một giờ. Vòng quay của máy, mô men xoắn của động cơ được đo bằng đồng hồ vận tốc kế và mô-men kế.

**Bảng 4.4.** Kết quả thực nghiệm tại trạng thái toàn tải với tốc độ 10.5 knots

Các thông số	Ký hiệu	Hiệu số mớn nước, m		
		-0.50	0.00	+0.50
Vòng quay trung bình của máy	$n$ , [rpm]	187.0	187.0	187.0
Tốc độ tàu	$V_s$ , [knots]	10.52	10.50	10.49
% thay đổi tốc độ tàu so với trạng thái even keel	$\Delta V_s$ , [%]	+0.190	0.000	-0.095
Mô men xoắn của máy	$Q$ [kN.m]	117.8	120.2	122.0
Công suất máy trung bình, kW	$P_s$ , [kW]	2306	2353	2389
% thay đổi công suất máy so với trạng thái even keel	$\Delta P_s$ , [%]	+2.00	0.00	-1.53

**Bảng 4.5.** Kết quả thực nghiệm tại trạng thái chạy ballast với tốc độ 11.05 knots

Các thông số	Ký hiệu	Hiệu số mớn nước, m		
		+2.70	+3.20	+3.70
Vòng quay trung bình của máy	$n$ , [rpm]	174.0	174.0	174.0
Tốc độ tàu	$V_s$ , [knots]	11.04	11.05	11.06
% thay đổi tốc độ tàu so với trạng thái Trim = +3.2m	$\Delta V_s$ , [%]	-0.09	0.000	+0.09
Mô men quay của máy	$Q$ [kN.m]	115.7	113.9	112.2
Công suất máy trung bình, kW	$P_s$ , [kW]	2109	2075	2044
% thay đổi công suất máy so với trạng thái Trim = +3.2m	$\Delta P_s$ , [%]	-1.64	0.00	+1.49

Như vậy, từ kết quả thực nghiệm thu được ở trên, có thể thấy rằng:

- Về xu hướng thay đổi công suất máy của tàu khi chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau hoàn toàn khớp với kết quả tính toán. Cụ thể, ở trạng thái toàn tải, công suất máy cần thiết để tàu đạt được tốc độ đặt ra tăng dần khi hiệu số mớn nước của tàu thay đổi từ chúi mũi (-0.50 m) về chúi lái (+0.05 m). Ở trạng thái chạy ballast, công suất máy của tàu giảm dần đều khi tăng hiệu số mớn nước lái lên. Điều đó khẳng định kết quả tính toán là tin cậy khi xét dưới dạng xu hướng thay đổi.

- Việc chạy tàu ở hiệu số mớn nước tối ưu ngoài việc giảm được công suất máy còn cho phép ta tăng được tốc độ tàu với mức tăng không đáng kể.

- Về so sánh định lượng sự thay đổi công suất máy khi tàu chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau giữa tính toán và thực nghiệm thì có sự khác nhau. Tuy nhiên mức độ sai số không lớn, dưới 4.0%. Sự khác nhau này có thể giải thích bởi một số các nguyên nhân sau:

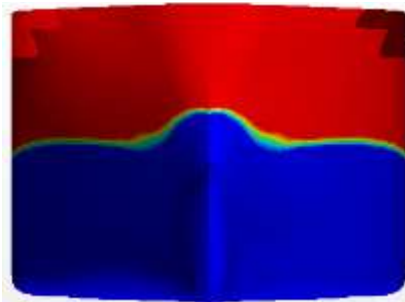
+ Do khi thử nghiệm không thể đảm bảo được sự tương đồng tuyệt đối về điều kiện ngoại cảnh giống như trong tính toán;

+ Do sai số của thiết bị đo trên tàu cũng như sai số trong tính toán;

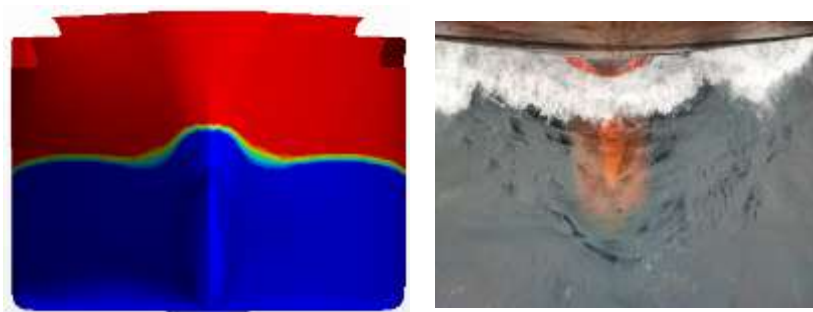
+ Do ảnh hưởng của sự khác nhau về trạng thái bề mặt ngâm nước của vỏ tàu. Trạng thái vỏ tàu trong tính toán khác so với trạng thái bề mặt vỏ tàu ở trạng thái hiện tại khi thử do ảnh hưởng của rong rêu, hà bám. Dẫn đến vòng quay của máy để tàu đạt được tốc độ thử lớn hơn so với tính toán.

Một số hình ảnh so sánh giữa tính toán và thực nghiệm liên quan đến hình dáng sóng phía mũi tàu do tàu tạo ra khi chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau được trình bày trên Hình 4.2.

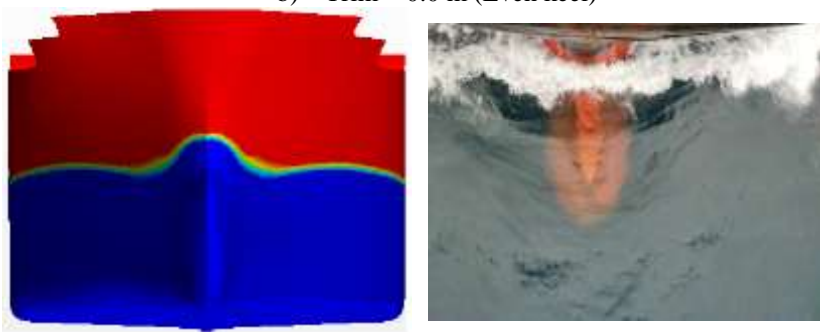
Trên Hình 4.2 ta có thể quan sát thấy sự khác nhau về hình dáng sóng do tàu tạo ra tại mũi tàu khi chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau. Nhìn một cách trực quan ta có thể quan sát thấy, chiều cao sóng tại mũi tàu tăng dần đều khi hiệu số mớn nước của tàu thay đổi từ chúi mũi (-0.50 m) về chúi lái (+0.05 m). Điều này giải thích cho một phần nguyên nhân dẫn đến công suất máy cần thiết để tàu đạt được tốc độ đặt ra tăng dần khi hiệu số mớn nước của tàu thay đổi từ chúi mũi (-0.50 m) về chúi lái (+0.05 m). Và trên Hình 4.2 ta có thể thấy rằng, profile sóng giữa thực tế và mô phỏng tính toán khá giống nhau.



a) Trim = - 0.50m



b) Trim = 0.0 m (Even keel)



c) Trim = + 0.50 m

**Hình 4.2. Hình dáng sóng tại mũi tàu do tàu tạo ra khi chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau với tốc độ 10.5 knots tại trạng thái toàn tải**

#### 4.3. Kết luận chương 4

Bằng phương pháp thực nghiệm, Chương 4 đã giải quyết được các vấn đề sau:

Xây dựng được quy trình các bước thực nghiệm đo đạc sự thay đổi công suất máy của tàu khi chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau để đảm bảo kết quả thực nghiệm là tin cậy và khoa học.

Áp dụng quy trình thực nghiệm đề xuất vào trong việc đo đạc ảnh hưởng của hiệu số mớn nước đến sự thay đổi công suất máy cho tàu TRƯỜNG MINH OCEAN ở hai chế độ tải (toàn tải và ballast). Kết quả giữa thực nghiệm và tính toán đồng nhất với nhau về xu hướng thay đổi công suất máy tàu khi chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau. Cụ thể, ở trạng thái toàn tải, công suất máy cần thiết để tàu đạt được tốc độ đặt ra tăng dần khi hiệu số mớn nước của tàu thay đổi từ chúi mũi (-0.50m) về chúi lái (+0.50m). Ở trạng thái chạy ballast, công suất máy của tàu giảm dần đều khi tăng hiệu số mớn nước lái lên. Điều đó khẳng định kết quả tính toán là tin cậy khi xét dưới dạng xu hướng thay đổi.

## KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

### 1. KẾT LUẬN

Luận án “*Nghiên cứu xác định hiệu số môn nước tối ưu nhằm nâng cao hiệu quả sử dụng nhiên liệu trên tàu biển*” đã đạt được mục tiêu nghiên cứu đặt ra và thu được các kết quả quan trọng có ý nghĩa về mặt khoa học cũng như về mặt thực tiễn, cụ thể như sau:

- Đã tổng hợp, phân tích được các yêu cầu của Tổ chức hàng hải thế giới IMO và của Hiệp hội bảo vệ môi trường biển MEPC liên quan đến việc sử dụng hiệu quả năng lượng trên tàu.

- Đã tổng hợp, phân tích được các giải pháp trong việc nâng cao hiệu quả sử dụng năng lượng trên tàu để giảm chỉ số EEOI đã và đang được áp dụng trên tàu. Đây là cơ sở giúp cho thuyền viên, các công ty vận tải biển tham khảo trong việc nâng cao hiệu quả sử dụng năng lượng trên tàu trong quá trình khai thác.

- Đã hệ thống hóa cơ sở phương pháp luận trong nghiên cứu ảnh hưởng của hiệu số môn nước đến sự thay đổi công suất máy và cuối cùng là suất tiêu hao nhiên liệu trên tàu. Trên cơ sở đó đã giải thích rõ được bản chất mối quan hệ giữa hiệu số môn nước – tốc độ tàu – công suất máy trên tàu trong quá trình khai thác. Đây là căn cứ để NCS đặt ra mục tiêu và nội dung nghiên cứu trong luận án của mình.

Đã xây dựng được mô hình bài toán tính toán mối quan hệ giữa hiệu số môn nước – tốc độ tàu – công suất máy bằng phương pháp CFD, phục vụ cho bài toán mô phỏng tính toán cho một đối tượng tàu cụ thể. Đây là một trong những đóng góp chính về khoa học của luận án.

- Đã áp dụng mô hình bài toán đưa ra vào trong mô phỏng tính toán hiệu số môn nước tối ưu cho Series tàu hàng 12500 DWT. Kết quả mô phỏng tính toán rất gần so với kết quả thực nghiệm. Về con số định tính đã xác định được, xu hướng và phần trăm thay đổi công suất máy chính của tàu phụ thuộc vào 03 yếu tố gồm: trạng thái tải trọng của tàu; hiệu số môn nước và tốc độ tàu. Về con số định lượng đã xác định được, mức giảm công suất máy khi tàu chạy ở hiệu số môn nước tối ưu so với khi chạy ở tư thế khai thác thông thường dao động trong dải từ 0.5% đến 4.5% tùy theo trạng thái tải và tốc độ tàu.

- Đã giải thích được bản chất sự thay đổi công suất máy của tàu khi chạy ở các hiệu số môn nước khác nhau thông qua việc phân tích sự khác nhau về dòng chảy bao quanh vỏ tàu khi tàu chạy ở trạng thái tải trọng với các hiệu số môn nước và tốc độ khác nhau. Sự khác nhau về đường dòng bao quanh vỏ tàu khi chuyển động ở các hiệu số môn nước khác nhau là nguyên nhân dẫn đến sự thay đổi sức cản, hiệu suất của chân vịt và cuối cùng là công suất máy. Đây là một trong những đóng góp quan trọng về mặt khoa học của luận án.

- Đề xuất được quy trình thực nghiệm trong việc đánh giá ảnh hưởng của hiệu số môn nước đến mức tiêu hao nhiên liệu trên tàu ứng với từng tốc độ và chế độ tải khác nhau của tàu.

- Khẳng định được giải pháp kỹ thuật xác định độ hiệu số môn nước tối ưu cho tàu trong khai thác khi xây dựng và điều chỉnh kế hoạch xếp hàng



nhằm tiết kiệm nhiên liệu từ đó nâng cao hiệu quả kinh tế cho tàu cũng như bảo vệ môi trường biển là giải pháp đơn giản nhưng hiệu quả khi áp dụng vào thực tế cho các tàu vận tải biển của Việt Nam. Giải pháp này nếu áp dụng trên Serries tàu hàng 12500 DWT sẽ mang lại hiệu quả kinh tế thiết thực (cho phép giảm công suất máy tàu xuống 0.5% đến 4.5% tùy theo trạng thái tải và tốc độ tàu). Đây là mức giảm khá lớn, giúp công ty vận tải có thể tiết kiệm được hàng tỷ đồng tiền chi phí nhiên liệu cho đội tàu khai thác của mình. Ngoài ra giải pháp còn giúp phần đảm bảo cho tàu thỏa mãn được các yêu cầu ngày càng khắt khe của tổ chức Hàng hải quốc tế IMO liên quan đến việc sử dụng năng lượng hiệu quả trên tàu. Đây được coi là đóng góp về mặt thực tiễn của luận án.

## 2. KIẾN NGHỊ

Việc tính toán hiệu số mớn nước tối ưu cho tàu trong luận án này mới chỉ xét đến dưới góc độ giảm công suất máy cho tàu, mà chưa tính đến ảnh hưởng của hiệu số mớn nước đến sự an toàn cũng như các tính năng khác của tàu trong quá trình khai thác như: Tính năng điều động của tàu, khả năng nước hắt lên mặt boong từ phía mũi tàu, khả năng quan sát từ đài chỉ huy...ví dụ:

Khi tàu chạy với *trim* âm (chúi mũi), phần chìm trong nước của bánh lái sẽ nhỏ hơn dẫn đến giảm hiệu suất của bánh lái. Hơn nữa, khi tàu chạy với *trim* âm, chân vịt có thể kém hiệu quả hơn do phần chìm trong nước ít hơn. Mặt khác, khi tàu chạy với *trim* âm, phần mũi tàu sẽ bị sóng tác động nhiều hơn, dẫn đến ảnh hưởng đến các tính năng quay trở và tính năng ổn định trên hướng đi của tàu. Một vấn đề nữa, trong trường hợp chạy tàu với *trim* âm, khi tàu bị “*chòng chành*” chân vịt có xu hướng bị nhô lên khỏi mặt nước dẫn đến rung lắc mạnh hệ trục chân vịt gây nguy cơ hư hỏng hệ thống. Cuối cùng, các ống hút vét của các két nhiên liệu, ballast, nước ngọt trên tàu thông thường được bố trí về phía vách lái, do đó sẽ không thể hút vét triệt để nếu tàu chúi về phía mũi. Trường hợp tàu chạy chúi lái quá lớn, tính năng điều động của tàu sẽ bị ảnh hưởng, gây bất lợi cho công tác điều khiển tàu, cụ thể như: Diện tích đón gió phần mũi quá lớn dẫn đến việc khó điều chỉnh hướng đi (đặc biệt trong điều kiện gió mạnh); Che khuất tầm nhìn từ buồng lái, gây khó khăn cho việc cảnh giới và điều điều động tàu.

Từ các phân tích nêu ở trên, NCS kiến nghị để có thể áp dụng giải pháp tối ưu hóa hiệu số mớn nước vào trong thực tế, cần thiết phải có các nghiên cứu bổ sung về ảnh hưởng của hiệu số mớn nước đến các vấn đề mà NCS đề cập ở trên, từ đó mới có thể đánh giá được tổng thể ảnh hưởng của hiệu số mớn nước đến hiệu quả sử dụng năng lượng và an toàn cho tàu trong quá trình khai thác.

## CÁC CÔNG TRÌNH KHOA HỌC CÔNG BỐ

### I. Các công bố quốc tế

1. Tat-Hien Le, Mai The Vu, Vu Ngoc Bich, Nguyen Kim Phuong, Nguyen Thi Hai Ha, **Tran Quoc Chuan**, and Tran Ngoc Tu. "Numerical investigation on the effect of trim on ship resistance by RANSE method." *Applied Ocean Research* 111 (2021): 102642. (SCIE, Q1) DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apor.2021.102642>

2. **Tran Quoc Chuan**, Nguyen Kim Phuong, Nguyen Thi Hai Ha, Vu Minh Ngoc, and Tran Ngoc Tu. *Full-Scale Self-propulsion Computations Using Body Force Propeller Method for Series Cargo Ship 12500DWT*. in *Proceedings of the 2nd Annual International Conference on Material, Machines and Methods for Sustainable Development (MMMS2020)*. 2021. Springer. (Scopus Conference) DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-69610-8\\_113](https://doi.org/10.1007/978-3-030-69610-8_113).

3. **Tran Quoc Chuan**, Nguyen Kim Phuong, Tran Ngoc Tu, Mai Van Quan, Nguyen Duy Anh, and Tat-Hien Le. "Numerical Study of Effect of Trim on Performance of 12500DWT Cargo Ship Using RANSE Method." *Polish Maritime Research* 29, no. 1 (2022): 3-12. (SCIE, Q2). DOI: <https://doi.org/10.2478/pomr-2022-0001>.

### II. Các công bố trong nước

1. **Trần Quốc Chuẩn**, Nguyễn Kim Phương, Trần Ngọc Tú, Nguyễn Chu Giang. *Nâng cao hiệu quả sử dụng năng lượng trên tàu biển bằng giải pháp chạy tàu ở môn nước tối ưu*. Tạp chí Giao thông vận tải, Số tháng 5/2020.

2. **Trần Quốc Chuẩn**, Trần Ngọc Tú, Nguyễn Kim Phương. *Cơ sở phương pháp luận trong nghiên cứu ảnh hưởng của hiệu số môn nước đến lực cản tàu*. Tạp chí Giao thông vận tải, Số tháng 9/2021.

3. **Trần Quốc Chuẩn**, Trần Ngọc Tú, Nguyễn Kim Phương, Phạm Văn Luân. *Nghiên cứu ảnh hưởng của hiệu số môn nước đến sự thay đổi lực cản cho sê-ri tàu hàng 12.500 DWT bằng phương pháp CFD*. Tạp chí Giao thông vận tải, ISSN: 2354-0818. Số 11/2021, Tr 105-109.