

BỘ XÂY DỰNG

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

TRƯỜNG ĐẠI HỌC HÀNG HẢI VIỆT NAM



VŨ MINH NGỌC

**NGHIÊN CỨU CẢI TIẾN HÌNH DÁNG
TÀU HÀNG CẤP VR-SB PHÙ HỢP VỚI
TUYẾN ĐƯỜNG THỦY NỘI ĐỊA VIỆT NAM
NHẪM GIẢM LỰC CẢN TÀU**

Tóm tắt luận án tiến sĩ kỹ thuật

Ngành: Kỹ thuật cơ khí động lực; Mã số: 9520116
Chuyên ngành: Kỹ thuật tàu thủy

Hải Phòng - 2025

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

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

Phản biện 1: PGS.TS. Đỗ Quang Thắng

Phản biện 2: PGS.TS. Ngô Văn Hề

Phản biện 3: TS. Vũ Văn Tuyển

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 8 giờ 30 phút ngày 27 tháng 12 năm 2025

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

MỞ ĐẦU

1. Tầm quan trọng của vấn đề nghiên cứu

Hiện nay, một trong những vấn đề nổi bật và cấp thiết trong lĩnh vực giao thông vận tải thủy nói chung đang thu hút được sự quan tâm rất lớn từ phía các chủ tàu và các doanh nghiệp vận tải thủy đó là việc giảm mức tiêu hao nhiên liệu cho tàu trong quá trình khai thác, bởi vấn đề này là yếu tố trực tiếp 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 (đối với tàu biển) về giảm sự phát thải khí CO₂ nhằm bảo vệ môi trường. Đối với các tàu chạy tuyến thủy nội địa và đặc biệt là chạy tuyến pha sông biển mặc dù không thuộc phạm vi quy định trên của IMO, nhưng vẫn cần đáp ứng và tuân thủ các quy định pháp luật, nghị quyết, cũng như các cam kết của Việt Nam về sử dụng năng lượng hiệu quả và tiết kiệm để bảo vệ môi trường. Do đó, việc nghiên cứu các giải pháp nhằm nâng cao hiệu quả sử dụng năng lượng cho tàu không chỉ là yêu cầu mang tính thời sự đối với đội tàu chạy tuyến quốc tế của Việt Nam, mà còn có ý nghĩa quan trọng đối với cả đội tàu pha sông – biển.

Đối với các tàu trong giai đoạn thiết kế, việc giảm tiêu hao nhiên liệu được thực hiện thông qua tối ưu hóa hình dáng thân tàu và hệ thống động lực (bao gồm thiết bị đẩy, máy chính...). Mục tiêu là giảm lực cản, nâng cao hiệu suất của hệ động lực chính, từ đó tiết kiệm nhiên liệu, gia tăng hiệu quả kinh tế và đồng thời giảm thiểu tác động tiêu cực đến môi trường.

Tại Việt Nam, vào tháng 7 năm 2014, sau một thời gian chuẩn bị, Bộ Giao thông Vận tải đã chính thức công bố khai trương ba tuyến vận tải ven biển, đồng thời cho phép phương tiện vận tải pha sông – biển (SB) được hoạt động

núi tuyến liên tục Bắc – Nam như tàu biển. Có thể nhận thấy đội tàu hàng đạt chuẩn VR-SB ở Việt Nam đang tăng trưởng mạnh mẽ về mặt số lượng. Mặc dù vậy, các phân tích cho thấy công tác thiết kế đối với loại tàu này vẫn tồn tại một số hạn chế, đặc biệt là khâu tối ưu hóa dạng hình thân tàu chưa được chú trọng đầy đủ, khiến mức độ sử dụng năng lượng trên tàu chưa đạt hiệu quả như mong muốn.

Từ thực tiễn phát triển nhanh của đội tàu cấp VR-SB, thực trạng công tác thiết kế trong nước, cùng với các quy định của Việt Nam về sử dụng năng lượng tiết kiệm và hiệu quả trong sản xuất, đời sống nói chung và trong giao thông vận tải thủy nói riêng, nghiên cứu sinh đề xuất thực hiện đề tài: ***“Nghiên cứu cải tiến hình dáng tàu hàng cấp VR-SB phù hợp với tuyến đường thủy nội địa Việt Nam nhằm giảm lực cản tàu”***.

2. Mục đích nghiên cứu

Xây dựng mô hình bài toán cải tiến hình dáng thân tàu hàng cấp VR-SB nhằm giảm sức cản tàu trên cơ sở có tính đến đặc điểm của tuyến đường thủy nội địa trong nước. Áp dụng mô hình tính đưa ra vào trong cải tiến hình dáng tàu cho một series tàu hàng cấp VR-SB đang được khai thác phổ biến trên tuyến đường thủy nội địa. Đánh giá mức độ ảnh hưởng của từng thông số tuyến hình tàu đến lực cản tàu.

3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

- **Đối tượng nghiên cứu:** Là các tàu hàng cấp VR-SB, tuyến đường thủy nội địa. Trong đó Series tàu hàng có trọng tải 4600 tấn sẽ là mẫu tàu được lựa chọn để làm trường hợp nghiên cứu cải tiến hình dáng thân tàu, bởi đây là series tàu đang được sử dụng phổ biến trên tuyến đường thủy nội địa.

- **Phạm vi nghiên cứu** của luận án là cải tiến hình dáng vỏ tàu với mục tiêu giảm lực cản tàu khi chạy trên nước tĩnh

không có dòng chảy và ứng với trạng thái tàu chạy ở chế độ toàn tải.

4. Phương pháp nghiên cứu

Để đạt được mục tiêu đề ra, trong đề tài sẽ sử dụng các phương pháp nghiên cứu gồm: Phương pháp khảo sát, tổng hợp, phân tích thống kê; Các lý thuyết về thủy động lực học và các phương pháp trong thiết kế tuyến hình tàu; phương pháp Taguchi kết hợp phân tích tương quan xám; Phương pháp CFD.

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

Ý nghĩa khoa học:

- Đề xuất được mô hình bài toán cải tiến hình dáng thân tàu hàng cấp VR-SB nhằm giảm sức cản tàu trên cơ sở có tính đến đặc điểm của tuyến đường thủy nội địa trong nước.
- Đánh giá được mức độ ảnh hưởng của các thông số hình dáng thân tàu đến lực cản tàu, từ đó cho phép người thiết kế biết cần tác động vào thông số nào để giảm lực cản tàu một cách hiệu quả nhất.

Ý nghĩa thực tiễn:

- Việc cải tiến hình dáng tàu hàng cấp VR – SB phù hợp với tuyến đường thủy nội địa Việt Nam nhằm tiết kiệm nhiên liệu sẽ cho phép nâng cao hiệu quả kinh tế đồng thời bảo vệ môi trường đối với đội tàu hàng VR-SB của Việt Nam. Với ví dụ áp dụng cho tàu hàng trọng tải 4600 tấn mang cấp VR-SB phương án tuyến hình cải tiến cho phép giảm lực cản tàu xuống 4,8%, nếu áp dụng vào trong thiết kế các tàu mang cấp VR-SB thì hiệu quả kinh tế cũng như môi trường mang lại sẽ đặc biệt lớn.
- Kết quả nghiên cứu của luận án vừa có giá trị thực tế vừa có ý nghĩa là nguồn tài liệu tham khảo bổ ích cho các kỹ sư thiết kế tàu trong hoạt động nghề nghiệp của mình.

6. Những điểm mới của luận án

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

- Luận án đã xây dựng được mô hình bài toán cải tiến hình dáng thân tàu hàng cấp VR-SB nhằm giảm sức cản tàu trên cơ sở có tính đến đặc điểm của tuyến đường thủy nội địa trong nước. Mô hình gồm 16 bước được mô tả chi tiết rõ ràng giúp người thiết kế có thể dễ dàng áp dụng nhằm nâng cao hiệu quả công tác thiết kế hình dáng thân tàu hàng cấp VR-SB.

- Luận án đã phân tích, lập luận một cách khoa học về ảnh hưởng của điều kiện khai thác đến lực cản tàu, trên cơ sở đó đề xuất lựa chọn hàm mục tiêu và cách xác định trọng số của các hàm mục tiêu thành phần trong thiết kế tàu hình dáng thân tàu cấp VR-SB. Cụ thể, hàm sức cản đa mục tiêu được biến đổi về hàm đơn mục tiêu tương ứng với từng điều kiện khai thác cụ thể của tàu. Trọng số hàm mục tiêu được xác định trên cơ sở thời gian tàu hành trình ở từng điều kiện khai thác.

- Phân tích và giải thích được bản chất nguyên nhân dẫn đến sự thay đổi lực cản tàu khi thay đổi các thông số hình dáng thân tàu bằng việc đưa ra các hình ảnh rất trực quan liên quan đến sự khác nhau về dòng chảy bao quanh thân tàu ở các phương án hình dáng khác nhau.

- Đánh giá được mức độ ảnh hưởng của 5 thông số hình dáng tàu gồm $\frac{1}{2}$ góc vào nước ($1/2\alpha_E$), hệ số chiều dài mũi quả lê C_{LPR} , hệ số diện tích mặt cắt ngang mũi quả lê C_{ABT} , hệ số thể tích $C_{\nabla PR}$ của mũi quả lê và vị trí hoành độ tâm nổi (LCB) lần lượt đến lực cản tàu. Trong đó, thông số vị trí hoành độ tâm nổi (LCB) là thông số hình dáng ảnh hưởng

lớn nhất đến lực cản tàu, thông số $\frac{1}{2}$ góc vào nước ($1/2\alpha_E$) có ảnh hưởng nhỏ nhất đến lực cản tàu.

- Áp dụng mô hình bài toán cải tiến hình dáng vỏ tàu VR-SB vào trong cải tiến tuyến hình tàu hàng trọng tải 4600 tấn mang cấp VR-SB. Kết quả tuyến hình sau cải tiến có lực cản nhỏ hơn 4,8% so với tuyến hình ban đầu. Kết quả tính toán có độ tin cậy cao vì mô hình tính lực cản tàu bằng CFD đã được NCS kiểm tra độ tin cậy thông qua việc so sánh gián tiếp kết quả tính với kết quả thực nghiệm mà NCS thực hiện trên tàu JBC và tàu DTMB.

7. Cấu trúc của luận án

Luận án có cấu trúc gồm 04 Chương cùng với phần kết luận và kiến nghị, danh mục các công trình đã công bố liên quan đến đề tài luận án, tài liệu tham khảo.

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN

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

- Đã trình bày được tổng quan về tuyến vận tải thủy nội địa của Việt Nam. Trong đó đã đưa ra được các con số định lượng về mức tăng trưởng số lượng hàng hóa qua hình thức vận tải qua các năm. Từ đó, khẳng định tầm quan trọng của tuyến vận tải thủy nội địa Việt Nam trong phát triển kinh tế-xã hội của đất nước.

- Đã trình bày được quy mô đội tàu hàng cấp VR-SB theo trọng tải, loại tàu và đặc điểm của loại tàu này. Theo đó loại tàu chiếm tỷ trọng nhiều nhất trong đội tàu hàng cấp VR-SB là các tàu hàng khô có trọng tải dưới 5000 tấn. Đây là cơ sở để NCS lựa chọn đối tượng nghiên cứu trong đề tài.

- Đã trình bày được một số tồn tại trong công tác thiết kế hình dáng thân tàu cấp VR-SB tại một số đơn vị Thiết kế tàu ở trong nước.

- Đã tổng hợp, phân tích, thống kê được các nghiên cứu điển hình trên thế giới và trong nước liên quan đến vấn đề nghiên cứu. Trên cơ sở đó đã phân tích nêu bật được những kết quả đạt được của các nghiên cứu đi trước cũng như các tồn tại hạn chế của các nghiên cứu này.

- Trên cơ sở các phân tích nêu trên, Chương 1 đã đề xuất hướng và phương pháp nghiên cứu trong luận án.

CHƯƠNG 2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT PHỤC VỤ XÂY DỰNG MÔ HÌNH BÀI TOÁN CẢI TIẾN TUYẾN HÌNH TÀU CẤP VR-SB

Với các nội dung nghiên cứu ở Chương 2 mà nghiên cứu sinh đã thực hiện, Chương này đã giải quyết được các vấn đề sau:

- Đã trình bày được cơ sở phương pháp luận trong nghiên cứu ảnh hưởng của điều kiện khai thác (nước nông) đến sự thay đổi lực cản tàu;

- Đã khảo sát thu thập được các số liệu về đặc điểm của tuyến đường thủy nội địa Việt Nam, hệ thống các cảng, phục vụ cho việc xác định chiều dài tuyến hành trình của tàu mang cấp VR-SB khi chạy trong sông;

- Đã phân tích, tổng hợp được các thông số hình dáng thân tàu ảnh hưởng đến lực cản tàu. Trong các thông số đó đã phân tích lựa chọn ra được 05 thông số quan trọng ảnh hưởng lớn đến lực cản tàu để phục vụ cho bài toán lựa chọn hợp lý hình dáng thân tàu gồm: Vị trí hoành độ tâm nổi (LCB); 03 tham số của mũi quả lê gồm: hệ số chiều dài C_{LPR} , hệ số diện tích mặt cắt ngang C_{ABT} và hệ số thể tích C_{VPR} của mũi quả lê; $\frac{1}{2}$ góc vào nước $(1/2)\alpha_E$ tại đường nước thiết kế.

- Đã trình bày được cơ sở lý thuyết trong mô phỏng tính toán lực cản tàu bằng phương pháp số CFD; phương pháp pháp Taguchi kết hợp phân tích tương quan xám.

CHƯƠNG 3. XÂY DỰNG MÔ HÌNH VÀ QUY TRÌNH CẢI TIẾN HÌNH DÁNG THÂN TÀU HÀNG CẤP VR-SB

Trong chương 3, luận án đã giải quyết được các bài toán sau:

- Đã xây dựng được mô hình bài toán cải tiến hàng dáng thân tàu hàng cấp VR-SB gồm các bài toán: lựa chọn các tham số hình dáng thân tàu cần tối ưu; thiết lập các điều kiện biên, điều kiện ràng buộc; phương pháp lựa chọn phương án có lực cản nhỏ nhất trên cơ sở có tính đến đặc điểm của tàu khi chạy trên tuyến SB (chạy trong vùng nước nông với độ sâu khác nhau và vùng nước sâu) bằng việc sử dụng hàm đa mục tiêu, cụ thể như sau:

+ Đối với dải thay đổi của các biến thiết kế:

$$\begin{aligned} -0,02 \leq \frac{LCB_i - LCB_0}{LCB_0} \leq 0,02; -0,05 \leq \frac{1/2\alpha_{Ei} - 1/2\alpha_{E0}}{1/2\alpha_{E0}} \leq 0,05 \\ -0,15 \leq \frac{C_{LPri} - C_{LP0}}{C_{LPri}} \leq 0,15; -0,135 \leq \frac{C_{ABTi} - C_{ABT0}}{C_{ABT0}} \leq 0,135 \\ -0,20 \leq \frac{C_{\nabla Pri} - C_{\nabla P0}}{C_{\nabla Pri}} \leq 0,20 \end{aligned} \quad (3.1)$$

+ Điều kiện ràng buộc, sự thay đổi lượng chiếm nước do thay đổi các thông số hình học của mũi qua lê của tàu không vượt quá 0.5% theo biểu thức:

$$\frac{|\Delta_{m_i} - \Delta_{m_0}|}{\Delta_{m_0}} \leq 5 \times 10^{-3} \quad (3.2)$$

+ Hàm đa mục tiêu trong bài toán thiết kế tuyến hình tàu cáp VR-SB:

$$R(x) = \sum_{i=1}^k w_i R_i(x) = w_1 R_1(x) + w_2 R_2(x) + \dots + w_n R_n(x) \rightarrow \min \quad (3.3)$$



Hình 3.1. Quy trình các bước cải tiến hình dáng thân tàu hàng cáp VR-SB

- Đã xây dựng được quy trình cải tiến hình dáng thân tàu hàng cấp VR-SB gồm các bài toán: Xây dựng lưu đồ thuật toán cải tiến hình dáng thân tàu hàng cấp VR-SB phù hợp với tuyến đường thủy nội địa Việt Nam (xem Hình 3.1) và mô tả về trình tự các bước trong sơ đồ thuật toán đưa ra. Trong đó, số biến thiết kế được lựa chọn ở đây là 05 biến với số mức (giá trị) của biến là 5 với biên độ dao động của từng biến được thể hiện trên Bảng 3.1. Trên cơ sở đầu vào là 5 biến thiết kế và mỗi biến có 05 mức sẽ tạo ra ma trận trực giao trong trường hợp này là $L_{25}(5 \times 5)$ với 25 trường hợp kết hợp của các biến như được thể hiện trên Bảng 3.1.

Bảng 3.1. Các biến thiết kế và số mức

Biến thiết kế	Mã code	Số mức (giá trị)				
		Mức 1	Mức 2	Mức 3	Mức 4	Mức 5
$1/2\alpha_E$	A	$0,95.(1/2\alpha_{E0})$	$0,975.(1/2\alpha_{E0})$	$1/2\alpha_{E0}$	$1,025.(1/2\alpha_{E0})$	$1,05.(1/2\alpha_{E0})$
C_{LPR}	B	$0,85.C_{LPR0}$	$0,925.C_{LPR0}$	C_{LPR0}	$1,075.C_{LPR0}$	$1,15.C_{LPR0}$
C_{ABT}	C	$0,865.C_{ABT0}$	$0,9325.C_{ABT0}$	C_{ABT0}	$1,0675.C_{ABT0}$	$1,135.C_{ABT0}$
$C_{\nabla PR0}$	D	$0,80.C_{\nabla PR0}$	$0,90.C_{\nabla PR0}$	$C_{\nabla PR0}$	$1,10.C_{\nabla PR0}$	$1,20.C_{\nabla PR0}$
LCB	E	$0,98.LCB_0$	$0,99.LCB_0$	LCB_0	$1,01.LCB_0$	$1,02.LCB_0$

CHƯƠNG 4. CẢI TIẾN HÌNH DÁNG THÂN TÀU HÀNG TRỌNG TẢI 4600 TẤN MANG CẤP VR-SB

Nội dung của Chương 4 là tiến hành áp dụng mô hình bài toán cải tiến tuyến hình tàu mang cấp VR-SB ở Chương 3 vào trong cải tiến tuyến hình tàu trọng tải 4600 tấn. Đây là series tàu được sử dụng để vận chuyển than từ bến cảng than Cẩm Phả, Quảng Ninh vào nhà máy nhiệt điện Duyên hải – Trà Vinh. Các thông số kích thước chủ yếu và hình dáng của series tàu này được trình bày lần lượt tương ứng trên Bảng 4.1. Hình 4.1.

Bảng 4.1. Các thông số kích thước và hình dáng của tàu hàng trọng tải 4600 tấn

Các thông số	Ký hiệu	Đơn vị	Giá trị
Chiều dài hai đường vuông góc	L	[m]	76,00
Chiều rộng thiết kế của tàu	B	[m]	13,68
Chiều chìm thiết kế	T	[m]	5,95
Lượng chiếm nước thể tích	∇	[m ³]	5540
Hệ số béo thể tích	C_B	[-]	0,873
Vị trí hoành độ tâm nổi tính từ đường vuông góc đuôi	LCB	[%L]	48,654
Hệ số chiều dài mũi quả lê	C_{LPR}	[-]	0,0167
Hệ số diện tích mặt cắt ngang của mũi quả lê	C_{ABT}	[-]	0,1600
Hệ số thể tích mũi quả lê	$C_{\nabla PR}$	[-]	0,00155
$\frac{1}{2}$ góc vào nước tại đường nước thiết kế	$1/2\alpha_E$	[độ]	42,5



Hình 4.1. Hình dáng series tàu hàng trọng tải 4600 tấn mang cấp VR-SB

Trường hợp tính:

- Tàu chạy trong tuyến luồng Cẩm Phả có chiều dài là 38,4 km (21 hải lý) và độ sâu là 8,95 m, tốc độ tàu 9,0 hải lý/giờ;

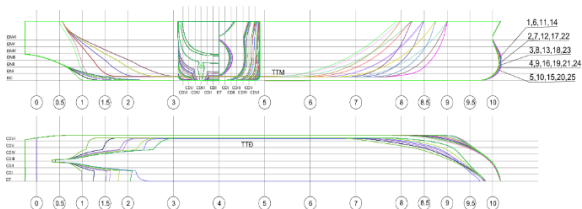
- Tàu chạy ngoài biển nơi có độ sâu không hạn chế với chiều dài 891 hải lý, tốc độ tàu 10,0 hải lý/giờ.

Với đầu vào là 05 biến thiết kế và mỗi biến có 05 mức giá trị, ta sẽ có một ma trận trực giao $L_{25}(5 \times 5)$ với 25 trường hợp như đã nêu ở trong Chương 3. Sự kết hợp của các biến để tạo nên 25 phương án được thể hiện trong Bảng 4.2.

Trên cơ sở 25 phương án tuyến hình tàu xác định được ở ma trận trực giao, NCS tiến hành xây dựng 25 phương án tuyến hình tàu. Mỗi phương án tương ứng với sự kết hợp giá trị của 5 biến thiết kế. Kết quả xây dựng 25 phương án tuyến hình tàu áp dụng đối với tàu hàng trọng tải 4600 tấn được trình bày trên Hình 4.2.

Kết quả tính toán lực cản tàu tương ứng với 25 phương án tuyến hình khác nhau cùng với phương án tuyến hình ban đầu khi tàu chạy trong ngoài biển và chạy trong luồng Cẩm Phả được trình bày trong Bảng

4.2 và Hình từ 4.3 đến 4.5. Ở đây, các ký hiệu trong Bảng 4.2 được hiểu như sau: R_{T1} , R_{T2} tương ứng là lực cản toàn bộ của tàu khi chạy ngoài biển và trong luồng Cẩm Phả tại tốc độ tương ứng là 10,0 và 9,0 hải lý/giờ. R_{Fi} , R_{Pi} lần lượt là thành phần lực ma sát và áp suất. R là lực cản toàn bộ của tàu trên tuyến hành trình.



Hình 4.2. Tổng hợp kết quả của 25 phương án tuyến hình tàu được xây dựng

Từ kết quả tính toán thu được trên Bảng 4.2 và Hình từ 4.3 đến 4.5, ta có thể đưa ra một số nhận xét sau:

- Thành phần lực cản thay đổi nhiều nhất khi thay đổi giá trị các biến thiết kế là thành phần lực cản áp suất. Cụ thể, khi tàu chạy ngoài biển phương án có lực cản áp suất lớn nhất là phương án 8 ($R_{P1}=115,3$ kN) và phương án có lực cản áp suất nhỏ nhất là phương án 21 ($R_{P1}=42,9$ kN), hai phương án này chênh nhau 72,4 kN (tức 62,8% so với phương án có R_P lớn nhất). Khi tàu chạy trong luồng Cẩm Phả, phương án có lực cản áp suất lớn nhất là phương án 1

($R_{P2}=156,0$ kN) và phương án có lực cản áp suất nhỏ nhất là phương án 6 ($R_{P2}=60,0$ kN), hai phương án này chênh nhau 96,0 kN (tức 61,5% so với phương án có R_P lớn nhất).

- Xu hướng thay đổi của thành phần lực cản áp suất và lực cản toàn bộ của tàu là như nhau.

- Thành phần lực cản ma sát thay đổi rất ít khi thay đổi giá trị các biến thiết kế. Cụ thể, khi tàu chạy ngoài biển, phương án có lực cản ma sát lớn nhất là phương án 19 ($R_{F1}=49,6$ kN) và phương án có lực cản ma sát nhỏ nhất là phương án 17 ($R_{F1}=48,07$ kN), hai phương án này chênh nhau chỉ 1,53 kN (tức chỉ chênh 3,1% so với phương án có R_F lớn nhất). Khi tàu chạy trong luồng phương án có lực cản ma sát lớn nhất là phương án 2 ($R_{F2}=43,2$ kN) và phương án có lực cản áp suất nhỏ nhất là phương án 20 ($R_{F2}=44,62$ kN), hai phương án này chênh nhau chỉ 1,4 kN (tức chỉ chênh 3,1% so với phương án có R_F lớn nhất).

- Khi tàu chạy ngoài biển, phương án có lực cản nhỏ nhất là phương án 21 ($R_{T1}=92,0$ kN), chênh lệch giữa phương án có lực cản nhỏ nhất và lớn nhất (phương án 8 với $R_{T1}=163,4$ kN) trong trường hợp này là 71,4 kN (tức nhỏ hơn 43,7% so với phương án có R_T lớn nhất).

- Khi tàu chạy trong luồng Cẩm Phả, phương án có lực cản nhỏ nhất là phương án 6 ($R_{T2}=104,4$ kN), chênh lệch giữa phương án có lực cản nhỏ nhất và lớn nhất (phương án 1 với $R_{T2}=200,2$) trong trường hợp

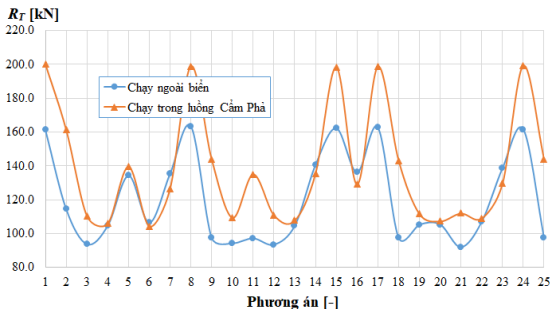
này 95,8 kN (tức nhỏ hơn 47,9% so với phương án có R_T lớn nhất).

Bảng 4.2. Kết quả tính toán lực cản tàu 4600 tấn ứng với 25 phương án xây dựng

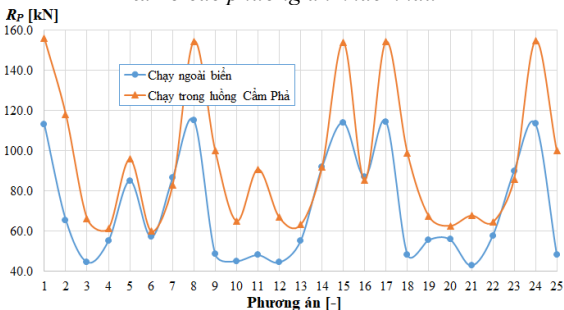
Trường hợp tính	Biến thiết kế và các mức					Các hàm mục tiêu thành phần (phản hồi)						Hàm mục tiêu chung
	$1/2a_E$	C_{LPR}	C_{ABT}	C_{VFR}	LCB	Lực cản tàu khi chạy ngoài biển			Lực cản tàu khi chạy trong luồng Cẩm Phả			R_T [kN]
	A	B	C	D	E	R_{T1} [kN]	R_{F1} [kN]	R_{P1} [kN]	R_{T2} [kN]	R_{F2} [kN]	R_{P2} [kN]	
1	1	1	1	1	1	161,2	48,11	113,1	200,2	44,23	156,0	162,2
2	1	2	2	2	2	114,4	48,77	65,6	161,4	43,22	118,2	115,6
3	1	3	3	3	3	93,7	49,12	44,6	110,5	44,28	66,2	94,2
4	1	4	4	4	4	104,7	49,37	55,3	106,0	44,60	61,4	104,7
5	1	5	5	5	5	134,3	49,07	85,2	139,7	43,78	95,9	134,4
6	2	1	2	3	4	106,4	49,31	57,1	104,4	44,42	60,0	106,4
7	2	2	3	4	5	135,4	48,91	86,5	126,7	43,82	82,8	135,2
8	2	3	4	5	1	163,4	48,12	115,3	199,0	44,38	154,6	164,3
9	2	4	5	1	2	97,6	49,02	48,6	144,1	44,12	100,0	98,7
10	2	5	1	2	3	94,3	49,14	45,2	109,5	44,40	65,1	94,7
11	3	1	3	5	2	97,2	49,02	48,2	135,1	44,22	90,9	98,1
12	3	2	4	1	3	93,5	49,05	44,4	111,0	44,12	66,9	93,9
13	3	3	5	2	4	104,6	49,38	55,2	107,8	44,56	63,3	104,7
14	3	4	1	3	5	140,7	48,86	91,8	135,7	43,78	91,9	140,6
15	3	5	2	4	1	162,3	48,16	114,2	198,4	44,44	154,0	163,2
16	4	1	4	2	5	136,2	49,14	87,1	129,1	43,74	85,4	136,0
17	4	2	5	3	1	162,7	48,07	114,6	198,8	44,34	154,4	163,6
18	4	3	1	4	2	97,4	49,02	48,4	143,2	44,10	99,1	98,6
19	4	4	2	5	3	105,3	49,60	55,7	111,7	44,16	67,6	105,5
20	4	5	3	1	4	105,4	49,47	55,9	107,3	44,62	62,7	105,4
21	5	1	5	4	3	92,0	49,12	42,9	112,0	44,18	67,8	92,5
22	5	2	1	5	4	107,1	49,30	57,8	109,0	44,52	64,5	107,1
23	5	3	2	1	5	138,8	48,68	90,1	129,7	43,70	86,0	138,6
24	5	4	3	2	1	161,7	48,14	113,5	199,3	44,46	154,8	162,6
25	5	5	4	3	2	97,4	49,10	48,3	144,1	44,14	100,0	98,5
Phương án ban đầu	3	3	3	3	3	95,7	48,87	46,8	110,1	44,00	66,1	96,0

- Tuyến hình tàu tối ưu dưới góc độ lực cản phụ thuộc vào độ sâu của nước. Cụ thể, khi tàu chạy ngoài biển, phương án có lực cản nhỏ nhất là phương án số

21. Trong khi, khi tàu chạy trong luồng Cẩm Phả, phương án có lực cản nhỏ nhất là phương án 6.

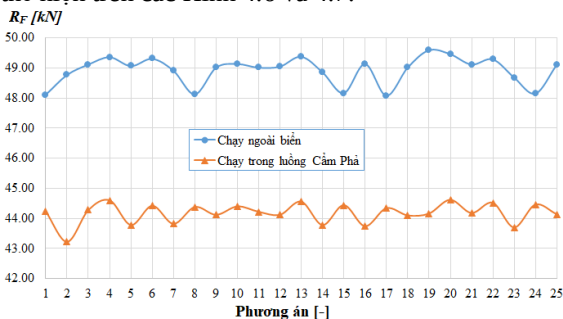


Hình 4.3. Kết quả mô phỏng tính toán lực cản tàu 4600 tấn ở các phương án khác nhau



Hình 4.4. Kết quả mô phỏng tính toán thành phần lực cản áp suất tàu 4600 tấn ở các phương án khác nhau

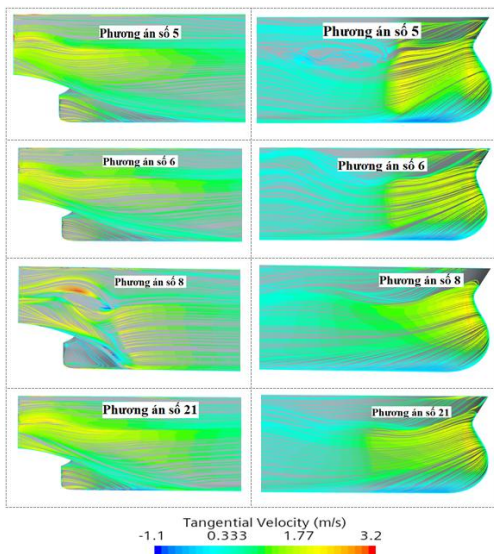
Sự thay đổi về các thành phần lực cản của tàu ở các phương án tuyến hình khác nhau khi chạy ngoài biển và trong luồng được NCS giải thích chi tiết thông qua việc phân tích sự khác nhau về dòng chảy bao quanh vỏ; về sóng về mặt do tàu tạo ra khi chuyển động; về phân bố áp suất động và ứng suất tiếp trên bề mặt vỏ tàu ở các phương án khác nhau như được thể hiện trên các Hình 4.6 và 4.7.



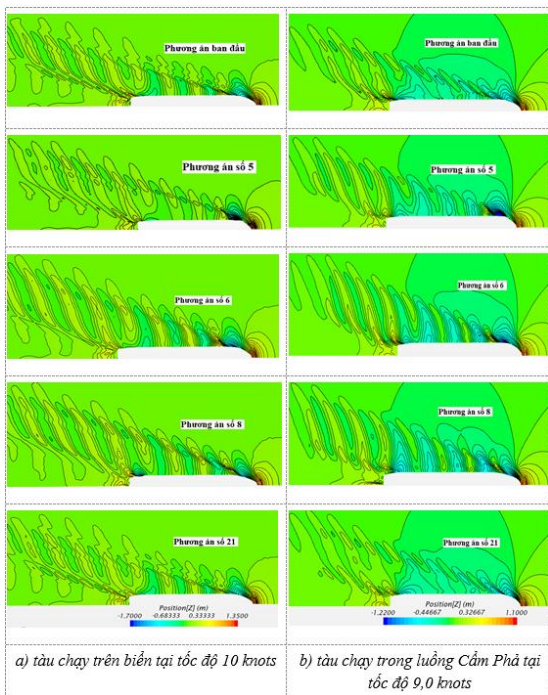
Hình 4.5. Kết quả mô phỏng tính toán thành phần lực cản ma sát tàu 4600 tấn ở các phương án khác nhau

Kết quả phân tích mối tương quan xám cho ra phương án số 21 là phương án có bậc tương quan xám lớn nhất, đây là phương án gần nhất với phương án tối ưu. Phương án này là sự kết hợp của 05 tham số hình dáng thân tàu có giá trị như sau: $(\frac{1}{2})\alpha_E = 43^\circ$, $C_{LPR} = 0.0141$, $C_{ABT} = 0.1816$, $C_{VPR} = 0.00173$, $LCB = 48.654\%L_{BP}$.

Kết quả tính toán giá trị của bậc tương quan xám cho từng mức của các biến thiết kế và giá trị trung bình như trình bày trên Bảng 4.3. Từ kết quả thu được trên Bảng 4.3, ta thấy phương án tối ưu dưới góc độ lực cản là phương án với sự kết hợp của các biến thiết kế có giá trị như sau: $1/2\alpha_E = 42^\circ$, $C_{LPR} = 0,0141$, $C_{ABT} = 0,1600$, $C_{VPR} = 0,00173$, $LCB = 48,654\%L_{BP}$. Giá trị trung bình của bậc tương quan xám là 0,6551.



Hình 4.6. Đường dòng tại khu vực mũi và đuôi tàu khi tàu chạy ngoài biển



Hình 4.7. Hình ảnh sóng bề mặt do tàu tạo ra khi chuyển động

Ngoài ra, kết quả này còn chỉ ra rằng, tham số có ảnh hưởng lớn nhất đến lực cản tàu theo thứ tự là LCB , C_{ABT} , C_{LPR} , C_{VPR} và $1/2\alpha_E$.

Bảng 4.3. Bảng kết quả tính toán giá trị của bậc tương quan xám cho từng mức của các biến thiết kế

Tham số	Mã code	Số mức					RANK [Max-min]
		1	2	3	4	5	
$1/2\alpha_E$	A	0,6292	0,6718	0,6690	0,6385	0,6667	5(0,0426)
C_{LPR}	B	0,6811	0,6270	0,6680	0,6345	0,6648	3(0,0540)
C_{ABT}	C	0,6572	0,5987	0,6769	0,6725	0,6700	2(0,0782)
C_{VPR}	D	0,6673	0,6305	0,6644	0,6796	0,6335	4(0,0491)
LCB	E	0,3366	0,7226	0,9051	0,8025	0,5085	1(0,5685)

Trên cơ sở kết quả phương án tối ưu thu được ở trên, NCS triển khai xây dựng phương án tuyến hình này và so sánh kết quả tính toán lực cản tàu giữa phương án này với phương án tuyến hình ban đầu. Kết quả tính toán cho thấy phương án tối ưu có lực cản giảm **4,8%** so với phương án ban đầu.

Bảng 4.4. So sánh kết quả tính toán lực cản tàu giữa phương án ban đầu và phương án tối ưu

Trường hợp tính	Biến thiết kế và các mức					Các hàm mục tiêu thành phần (phản hồi)						Hàm mục tiêu chung
	$1/2\alpha_E$	C_{LPR}	C_{ABT}	C_{VPR}	LCB	Lực cản tàu khi chạy ngoài biên			Lực cản tàu khi chạy trong luồng Cẩm Phả			R_T [kN]
	A	B	C	D	E	R_{T1} [kN]	R_{F1} [kN]	R_{P1} [kN]	R_{T2} [kN]	R_{F2} [kN]	R_{P2} [kN]	
Phương án ban đầu	3	3	3	3	3	95,7	48,87	46,8	110,1	44,00	66,1	96,0
Phương án tối ưu	2	1	3	1	3	91,0	48,62	42,38	109,0	43,85	65,15	91,45

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

1. KẾT LUẬN

Luận án “*Nghiên cứu cải tiến hình dáng tàu hàng cấp VR-SB phù hợp với tuyến đường thủy nội địa Việt Nam nhằm giảm lực cản tàu*” đã thu được các kết quả có ý nghĩa giá trị về khoa học cũng như thực tiễn, cụ thể như sau:

- Đã tổng hợp, thống kê và phân tích được các đặc điểm của tuyến đường thủy nội địa Việt Nam, cơ cấu đội tàu chạy trên tuyến VR-SB. Đây là số liệu đầu vào phục vụ cho việc tối ưu hóa tuyến hình tàu cấp VR-SB.

- Đã tổng hợp, phân tích, thống kê được các nghiên cứu điển hình trên thế giới và trong nước liên quan đến thiết kế tối ưu tuyến hình tàu.

- Đã phân tích, lập luận một cách khoa học về ảnh hưởng của điều kiện khai thác đến lực cản tàu; về hàm mục tiêu, về trọng số của các hàm mục tiêu thành phần trong thiết kế hình dáng thân tàu chạy pha sông biển.

- Đã xây dựng được mô hình bài toán cải tiến hình dáng thân tàu hàng cấp VR-SB nhằm giảm sức cản tàu trên cơ sở có tính đến đặc điểm tuyến đường khai thác thông qua việc sử dụng trọng số hàm mục tiêu tính đến thời gian tàu hành trình ở các đoạn có độ sâu khác nhau. Bên cạnh đó mô hình bài toán còn cho phép đánh giá được mức độ ảnh hưởng của từng thông số hình dáng thân tàu đến lực cản tàu, từ đó cho phép người thiết kế biết cần tác động vào thông số nào để giảm lực cản tàu một cách hiệu quả nhất.

- Đã áp dụng mô hình bài toán đưa ra vào trong cải tiến tuyến hình tàu hàng có trọng tải 4600 tấn mang cấp VR-SB (đang được khai thác phổ biến trên tuyến). Kết quả tuyến hình cải tiến cho phép giảm lực cản tàu xuống 4,8% so với tuyến hình ban đầu. Nếu bỏ qua sự thay đổi về hiệu suất của

thiết bị đẩy sau thân tàu ở các phương án hình dáng khác nhau, thì mức giảm lực cản tàu sẽ tương ứng với mức giảm công suất máy của tàu và cũng là mức giảm nhiên liệu cho tàu. Như vậy ước tính, với công suất máy của tàu là 2x949 HP, suất tiêu hao nhiên liệu riêng của máy là 180 g/kW/h, thì mỗi ngày sẽ tiết kiệm được 0,27 tấn dầu tương ứng với 165 USD/ngày (với giả thiết máy tàu hoạt động ở 85% công suất định mức và mỗi tấn dầu có giá ước tính là 600 USD).

- Phân tích mức độ ảnh hưởng của từng thông số hình dáng thân tàu đến lực cản tàu, chỉ ra rằng mức độ ảnh hưởng của $\frac{1}{2}$ góc vào nước ($1/2\alpha_E$), hệ số chiều dài mũi quả lê C_{LPR} , hệ số diện tích mặt cắt ngang mũi quả lê C_{ABT} , hệ số thể tích C_{VPR} của mũi quả lê và vị trí hoành độ tâm nổi (LCB) lần lượt là 0,8%, 1,1%, 2,0%, 1,0% và 95,1%. Từ kết quả này ta thấy rằng, tham số LCB có ảnh hưởng lớn nhất đến lực cản tàu còn tham số $\frac{1}{2}$ góc vào nước ($1/2\alpha_E$) có ảnh hưởng nhỏ nhất đến lực cản tàu.

- Đã phân tích và giải thích được bản chất nguyên nhân dẫn đến sự thay đổi lực cản tàu khi thay đổi các thông số hình dáng thân tàu bằng việc đưa ra các hình ảnh rất trực quan liên quan đến sự khác nhau về dòng chảy bao quanh thân tàu ở các phương án hình dáng khác nhau.

2. KIẾN NGHỊ

- *Đối với thiết kế tuyến hình tàu:* Cần đặc biệt lưu ý đến việc lựa chọn LCB tối ưu vì đây là tham số có ảnh hưởng lớn nhất đến lực cản tàu.

- *Đối với việc sử dụng cụ tính toán lực cản tàu:* Các cơ sở thiết kế tàu trong nước nên tăng cường ứng dụng mô phỏng CFD trong tính toán lực cản tàu trong giai đoạn thiết

kế phương án để dự báo chính xác lực cản tàu, thay thế dần phương pháp sử dụng các công thức bán thực nghiệm.

- Về *hướng nghiên cứu tiếp theo*: Việc cải tiến tuyến hình tàu từ tuyến hình tàu mẫu trong luận án này mới chỉ xét đến dưới góc độ giảm lực cản tàu trên nước tĩnh và không có dòng chảy khi tàu chạy ở chế độ toàn tải cũng chưa tính đến ảnh hưởng của việc thay đổi hình dáng này đến hệ số lực hút và hệ số dòng theo phía sau thân tàu khi có chong chóng làm việc sau thân tàu. Từ các phân tích nêu ở trên, NCS kiến nghị để có thể xem xét, đánh giá được một cách toàn diện mức tiết kiệm nhiên liệu, cần thiết phải có các nghiên cứu mở rộng về:

- Ảnh hưởng của sóng gió và dòng chảy đến các thông số hình dáng tối ưu của tàu;

- Ảnh hưởng của trạng thái tải trọng đến các tham số hình dáng tối ưu của tàu.

- Ảnh hưởng của việc thay đổi hình dáng thân tàu đến sự thay đổi hệ số lực hút và hệ số dòng theo phía sau thân tàu, từ đó mới có thể đánh giá được tổng thể mức tiết kiệm năng lượng ở phương án tuyến hình cải tiến so với tuyến hình ban đầu.

DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH KHOA HỌC CÔNG BỐ KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU CỦA ĐỀ TÀI LUẬN ÁN

I. Các công bố liên quan đến nội dung luận án

1. **Vu Minh Ngoc**, Nguyen Thi Hai Ha, Pham Minh Ngoc, Dam Van Tung, Nguyen Huy Hao, Tran Ngoc Tu (2023). *Numerical Simulation Flow Around the 4600 DWT Cargo Ship in Calm Water Condition Using RANSE Method*. IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 1278 012024. (Scopus Conference) DOI: [DOI 10.1088/1755-1315/1278/1/012024](https://doi.org/10.1088/1755-1315/1278/1/012024).
2. **Vu Minh Ngoc**, Nguyen Thi Hai Ha, Nguyen Huy Hao, Tran Ngoc Tu (2023). *Numerical Investigation on the Influence of Ship Hull Form Modification on Resistance of the 4600 DWT Cargo Ship*. IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 1278 012023. (Scopus Conference) DOI: [DOI: 10.1088/1755-1315/1278/1/012023](https://doi.org/10.1088/1755-1315/1278/1/012023).
3. **Vu Minh Ngoc**, Nguyen Thi Hai Ha, Nguyen Huy Hao, Tran Ngoc Tu (2025). *Numerical Study on the Effect of water Depth on Resistance of 4600 DWT Cargo Ship*. Proceedings of the 4th Annual International Conference on Material, Machines, and Methods for Sustainable Development (MMMS2024). MMMS 2024. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham. (Scopus Conference) DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-93816-0_26
4. Tran Ngoc Tu, Tat-Hien Le, Doan Minh Thien, Tran Van Tao, **Vu Minh Ngoc** (tác giả liên hệ) (2025) *Numerical Study of the Effect of River-Sea Ship Hull Form Parameters on Resistance and Their Optimisation Using the Taguchi-Grey Method*. Polish Maritime Research. Vol. 32, No 2(126), pp. 17-28. <https://doi.org/10.2478/pomr-2025-0017>