

CỘNG HÒA XÃ HỘI CHỦ NGHĨA VIỆT NAM**Độc lập – Tự do – Hạnh phúc****THÔNG TIN TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ KỸ THUẬT**

Tên luận án: **Ứng dụng phương pháp tính toán động lực học lưu chất (CFD) trong tối ưu hóa hình dạng mũi tàu quả lê**

Chuyên ngành: **Kỹ thuật cơ khí động lực**

Mã số: **9520116**

Tên Nghiên cứu sinh: **Huỳnh Văn Chính**

Khóa đào tạo: **2016**

Người hướng dẫn :
1. PGS. TS. Trần Gia Thái
2. TS. Bùi Hồng Dương

Cơ sở đào tạo: Trường Đại học Giao thông vận tải Thành phố Hồ Chí Minh

1. Tóm tắt luận án

Sử dụng mũi quả lê không chỉ là giải pháp hiệu quả để làm giảm sức cản, mà còn cho phép cải thiện hầu hết các tính năng tàu, nhờ vậy có thể giảm chi phí nhiên liệu, tăng tốc độ, nâng cao mức độ an toàn và các hiệu quả kinh tế - kỹ thuật cho tàu đi biển. Với tàu cá, mũi quả lê còn cho phép cải thiện được hiệu quả đánh bắt trên biển nhờ tàu có độ chúi dọc và độ ổn định khi lắc dọc tốt hơn so với khi không trang bị dạng mũi này. Tuy nhiên cho đến hiện nay, việc thiết kế và dự đoán công suất của tàu có mũi quả lê vẫn còn rất khó khăn do tương tác phức tạp giữa hệ thống sóng của thân tàu và quả lê. Trong trường hợp thuận lợi, dạng mũi quả lê tối ưu có thể tạo ra hệ thống sóng giao thoa tích cực với hệ thống sóng tàu và có thể làm giảm đến (10 – 15)% sức cản tổng của tàu, nhưng nếu có hình dạng hoặc vị trí không thuận lợi, quả lê có thể gây ra sự giao thoa tiêu cực, làm tăng hệ thống sóng tổng hợp và dẫn đến làm tăng lớn sức cản tổng của tàu.

Các nghiên cứu trước đây thường thử mô hình một loạt hình dạng thân tàu và quả lê, và dựa trên cơ sở đó để tìm hình dạng quả lê phù hợp, tương ứng sức cản tàu là nhỏ nhất, nhưng các thử nghiệm như thế thường mất nhiều thời gian, công sức, chi phí tốn kém. Một trong những nghiên cứu thực nghiệm toàn diện và nổi tiếng đã được thực hiện bởi M.Kracht (1978), trong đó ông đã phân tích dữ liệu thử nghiệm

nhiều mô hình quả lê để thiết lập các đồ thị thiết kế sử dụng để thiết kế mũi quả lê cho các tàu đi biển hiện nay, tuy nhiên phương pháp này cũng có những nhược điểm cần được bổ sung, hoàn thiện. Các nghiên cứu gần đây thường tối ưu hóa quả lê cho các tàu đã có sẵn dạng mũi này, bằng cách thay đổi các kích thước của nó và sử dụng phương pháp tính hiện đại CFD (Computational Fluid Dynamics) để ước tính giá trị hàm đơn mục tiêu về sức cản tàu. Từ những phân tích trên đây, cùng với chủ trương hiện đại hóa đội tàu cá của nhà nước trong thời gian gần đây, tác giả đã lựa chọn đề tài luận án là “*Ứng dụng phương pháp tính toán động lực học lưu chất (CFD) trong tối ưu hóa hình dạng của mũi tàu quả lê*” với mục tiêu thiết kế mũi quả lê cho các tàu cá chưa có sẵn dạng mũi này và ứng dụng CFD xác định hình dạng quả lê tối ưu đảm bảo độ giảm sức cản tổng của tàu là lớn nhất.

Trên cơ sở tổng hợp và phân tích các nghiên cứu và các cơ sở lý luận có liên quan, tác giả đã xây dựng hướng nghiên cứu và các dữ liệu khoa học cần thiết để giải quyết mục tiêu và nội dung nghiên cứu của luận án, với những kết quả đạt được như sau:

(1) Ước tính sức cản của tàu tính toán với độ chính xác mong đợi bằng CFD

Các nghiên cứu tính sức cản để tối ưu hóa quả lê hiện nay thường thực hiện cho mô hình tàu có sẵn và không có giải pháp đảm bảo độ chính xác của kết quả tính CFD. Nghiên cứu đã được ứng dụng để tính sức cản các tàu FAO 72 và FAO 75 bằng CFD với độ chính xác mong đợi, trên cơ sở đảm bảo độ chính xác của các thông số đầu vào, bao gồm mô hình tàu 3D, kích thước miền tính toán và các hệ số của mô hình rối.

(2) Bổ sung, hoàn thiện phương pháp thiết kế mũi quả lê bằng đồ thị Kracht

Phương pháp thiết kế quả lê hiệu quả nhất hiện nay là sử dụng các đồ thị Kracht, tuy nhiên phương pháp này chỉ áp dụng cho tàu có hệ số béo trong phạm vi (0.56 - 0.82), kích thước quả lê chỉ gần tối ưu, không đề cập việc nối quả lê thiết kế vào phần thân tàu. Kết quả nghiên cứu đã bổ sung, hoàn thiện phương pháp tính quả lê bằng đồ thị Kracht bằng cách xây dựng các đường cong nội suy và ngoại suy để tính quả lê tàu FAO 75 có hệ số béo $C_B = 0.524$ nằm ngoài phạm vi áp dụng (0.56-0.82) của đồ thị này, với quả lê ban đầu có chiều dài $L_{PR0} = 1.50$ m, chiều rộng $B_{B0} = 1.70$ m, chiều cao $Z_{B0} = 2.1$ m, sau đó sử dụng AutoShip xây dựng đường biên dạng và tích hợp quả lê vào thân tàu đảm bảo bề mặt tiếp giáp giữa quả lê và thân tàu trơn đều và các thông số quả lê không đổi.

(3) Xây dựng mô hình toán và phương pháp tối ưu hóa mũi quả lê tàu cá

Các nghiên cứu tối ưu quả lê hiện nay thường dựa trên hàm đơn mục tiêu sức cản không phù hợp với tàu cá và không đưa ra ràng buộc hoặc cơ sở khi thay đổi kích thước quả lê, dẫn đến các phương án tính quả lê có thể là không đầy đủ hoặc không cần thiết. Kết quả nghiên cứu đã xây dựng được mô hình và phương pháp tối ưu mũi quả lê tàu cá với hàm đa mục tiêu về độ giảm công suất có ích phù hợp các chế độ làm việc tàu cá nhằm phát huy tối đa hiệu quả của quả lê, xác định các giới hạn và ràng buộc thay đổi kích thước để xây dựng ma trận phương án tính quả lê phù hợp và giải bài toán tối ưu dựa trên sự kết hợp CFD và mô hình thay thế. Kết quả đã tính được quả lê tối ưu của tàu FAO 75: chiều dài $L_{PRop} = 1.65$ m, chiều rộng $B_{Bop} = 1.91$ m, chiều cao $Z_{Bop} = 2.10$ m dựa trên việc thay đổi đồng thời chiều dài và chiều rộng quả lê ban đầu với các gia số $\Delta L_{PR} = 0.11$ m, $\Delta B_B = 0.21$ m, và độ giảm sức cản tổng của tàu bằng khoảng 14%.

2. Tính cấp thiết của đề tài

Sử dụng mũi quả lê không chỉ là giải pháp hiệu quả làm giảm sức cản mà còn cải thiện hầu hết tính năng tàu, nhờ vậy có thể giảm chi phí nhiên liệu, tăng tốc độ, nâng cao an toàn và hiệu quả kinh tế - kỹ thuật cho tàu đi biển. Tuy nhiên việc thiết kế và dự đoán công suất của tàu có mũi quả lê hiện vẫn rất khó khăn do tương tác phức tạp giữa hệ thống sóng của thân tàu và quả lê. Dạng mũi quả lê phù hợp có thể tạo ra một hệ thống sóng giao thoa tích cực với hệ thống sóng thân tàu và cho phép giảm (12-15)% sức cản tổng của tàu, nhưng nếu có hình dạng hoặc vị trí không thuận lợi, nó có thể gây giao thoa tiêu cực, làm tăng hệ thống sóng tổng hợp, dẫn đến làm tăng sức cản của tàu. Trước đây, hình dạng và vị trí quả lê được xác định thông qua thử mô hình nhưng các thử nghiệm như thế mất nhiều thời gian, công sức và chi phí lớn. Cùng với sự phát triển máy tính là sự xuất hiện phương pháp tính động lực học lưu chất CFD (Computational Fluid Dynamics) giúp giải quyết hiệu quả nhiều bài toán thực tế nói chung và bài toán tối ưu hóa mũi quả lê nói riêng. Trong thời gian gần đây, cùng với sự phát triển mạnh của ngành thủy sản và sự hỗ trợ của Nhà nước qua Nghị định 67/2014/NĐ-CP, ở nước ta đã đóng hàng loạt tàu cá vỏ thép dưới 30 m để phục vụ các hoạt động khai thác xa bờ. Các tàu này đóng theo các mẫu thiết kế trong nước, hầu hết không qua thử mô hình, nên thực tế có một số mẫu khi hoạt động chưa thật sự phù hợp với nghề khai thác, dẫn đến tính năng hàng hải và hiệu quả

làm việc chưa cao. Do không có số liệu thử nghiệm hoạt động của mũi quả lê nên hầu hết mẫu tàu đánh cá ở nước ta đều thiết kế dạng mũi thẳng, không trang bị quả lê. Điều này cũng góp phần làm ảnh hưởng đến tính năng tàu khi đi trong sóng, nhất là với sức cản và tính lắc, những tính năng hàng hải rất cần cho tàu cá. Với chủ trương hiện đại đội tàu cá, hiện nhà nước rất mong muốn phát triển thiết kế các mẫu tàu cá vỏ thép hiện đại có chiều dài trên 40 m nhằm mục tiêu đánh bắt được các ngư trường xa bờ và bảo vệ an ninh quốc phòng trên biển. Từ thực tiễn của đội tàu cá trình bày, nghiên cứu sinh đã đặt vấn đề phát triển mẫu tàu cá vỏ thép cỡ vừa và nhỏ đã được Tổ chức Nông Lương Liên Hiệp Quốc FAO (Food and Agriculture Organization) thử nghiệm ở các bể thử nổi tiếng, với mong muốn sử dụng các mẫu tàu này làm cơ sở thiết kế các mẫu tàu cá đảm bảo tính năng và phù hợp với hoạt động khai thác ở nước ta hiện nay.

Đó là lý do nghiên cứu sinh thực hiện luận án tiến sĩ “*Ứng dụng phương pháp tính toán động lực học lưu chất (CFD) trong tối ưu hóa hình dạng mũi tàu quả lê*” nhằm mục tiêu xây dựng phương pháp thiết kế và tối ưu hóa hình dạng mũi quả lê cho các loại tàu nói chung và cho nhóm tàu đánh cá vỏ thép nói riêng, để phục vụ cơ sở dữ liệu thiết kế mẫu tàu cá vỏ thép ở nước ta hiện nay.

3. Mục tiêu nghiên cứu

Mục tiêu nghiên cứu là ứng dụng CFD trong tối ưu hình dạng mũi quả lê trên cơ sở đảm bảo độ giảm sức cản tổng của tàu là lớn nhất và thỏa mãn được các ràng buộc đặt ra về mặt hình học và các tính năng hàng hải của tàu.

4. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu là các tàu cá vỏ thép cỡ vừa và nhỏ của Tổ chức Nông lương Liên Hiệp Quốc FAO (Food and Agriculture Organization) có và không có trang bị quả lê đã được thử nghiệm mô hình để xác định sức cản. Với đối tượng nghiên cứu trên, nội dung nghiên cứu giới hạn trong phạm vi:

- Tàu chuyển động thẳng đều trong nước tĩnh, không chịu tác động bởi hệ thống sóng biển, sức cản không khí và có độ sâu không hạn chế.
- Lưu chất dùng mô phỏng là đồng chất, có tính nhớt và không nén được.
- Số liệu thử sức cản trong bể thử dùng so sánh được xem như là đảm bảo được độ chính xác và là cơ sở để đánh giá và hiệu chỉnh các thông số mô phỏng khi tính sức cản của các tàu tính toán bằng phương pháp CFD.

5. Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp sử dụng là nghiên cứu lý thuyết, kết hợp sử dụng số liệu thực nghiệm sẵn có của các mẫu tàu dùng tính toán để kiểm tra và hiệu chỉnh các kết quả nghiên cứu lý thuyết phù hợp loại tàu tính toán.

6. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn

Về mặt khoa học, luận án đóng góp được những kết quả cụ thể như sau:

- Xây dựng cơ sở lý thuyết và thực tiễn ứng dụng CFD tính chính xác sức cản của một loại tàu cụ thể, ở đây là tàu cá vỏ thép cỡ vừa và lớn, chạy chậm, chiều dài đoạn thân ống ngắn, có và không có mũi quả lê, gồm các nội dung: xây dựng và kiểm tra độ chính xác mô hình tàu 3D, xác định các thông số mô phỏng (thông số đầu vào cho lời giải CFD) phù hợp loại tàu đang tính đảm bảo mức sai lệch giữa kết quả tính từ CFD và thực nghiệm mô hình nằm trong giới hạn cho phép (dưới 5%).
- Đề xuất được phương pháp tối ưu hóa hình dạng của mũi tàu quả lê, gồm xây dựng mô hình tối ưu, phân tích và lựa chọn các chế độ tính phù hợp với tàu cá, xây dựng các phương án tính quả lê, xây dựng và hiệu chỉnh mô hình thay thế để xác định phương án quả lê tối ưu.
- Cơ sở để giải nhiều nhiều bài toán thủy động lực học tàu nói chung và tàu cá nói riêng, nhất là bài toán tối ưu đường hình tàu.

Về mặt thực tiễn, luận án đóng góp những kết quả cụ thể như sau:

- Hỗ trợ công tác thiết kế mũi quả lê cho các loại tàu nói chung và loại tàu đánh cá vỏ thép cỡ lớn nói riêng.
- Làm tài liệu giảng dạy và nghiên cứu trong lĩnh vực tàu thủy nói chung và tàu thuyền nghề cá nói riêng.

7. Những điểm đóng góp mới của luận án

- Ứng dụng CFD để tính sức cản của một loại tàu cụ thể với độ chính xác mong đợi, trên cơ sở đảm bảo độ chính xác của các thông số đầu vào của lời giải CFD gồm mô hình hình học 3D và các thông số mô phỏng là các kích thước của miền tính và các hệ số của mô hình rối phù hợp với tàu tính toán.
- Bổ sung, hoàn thiện phương pháp thiết kế mũi quả lê bằng các đồ thị của Kracht, trên cơ sở đề xuất các giải pháp thiết kế mũi quả lê cho tàu tính toán có hệ số béo nằm ngoài phạm vi áp dụng của đồ thị này, xây dựng đường biên dạng

và tích hợp quả lê tính toán vào phần thân tàu đảm bảo tính trơn đều giữa hai bề mặt tiếp giáp, đồng thời không làm thay đổi hình dạng và các thông số quả lê đã xác định.

- Xây dựng mô hình toán và phương pháp tối ưu hóa hình dạng mũi quả lê tàu cá, bao gồm xây dựng hàm đa mục tiêu theo các chế độ làm việc điển hình của tàu cá, phân tích, lựa chọn phạm vi thay đổi các biến thiết kế và các điều kiện ràng buộc, phương pháp giải bài toán tối ưu mũi quả lê dựa trên CFD và mô hình thay thế.

8. Kết cấu của luận án

Luận án được kết cấu thành 04 chương như sau:

Chương 1. Đặt vấn đề

Trình bày tổng quan các công trình nghiên cứu có liên quan đến đề tài của luận án và dựa trên cơ sở đó nghiên cứu sinh sẽ phân tích và lựa chọn hướng nghiên cứu giải quyết mục tiêu và các nội dung đặt ra trong luận án.

Chương 2. Tính sức cản tàu bằng CFD

Trình bày khái quát lý thuyết CFD và kết quả nghiên cứu ứng dụng phương pháp CFD trong tính chính xác sức cản của các mẫu tàu tính toán.

Chương 3. Thiết kế tối ưu mũi quả lê tàu cá

Trình bày các đặc điểm hình học của mũi quả lê và kết quả nghiên cứu xây dựng mô hình và phương pháp giải bài toán tối ưu hóa hình dạng mũi quả lê cho tàu nói chung và loại tàu đánh cá nói riêng.

Chương 4. Kết luận và khuyến nghị

Trình bày những phát hiện mới và những kết luận, khuyến nghị rút ra từ kết quả nghiên cứu đã đạt được và những hướng nghiên cứu tiếp theo.

Tp. Hồ Chí Minh, ngày 28 tháng 4 năm 2022

Người hướng dẫn



PGS. TS. Trần Gia Thái

Nghiên cứu sinh



TS. Bùi Hồng Dương



Huỳnh Văn Chính