

MỞ ĐẦU

1. Tính cấp thiết của đề tài luận án

Hải Phòng là thành phố trọng điểm kinh tế phía Bắc, cửa ngõ quốc tế thông ra thủy của vùng kinh tế phía Bắc. Khu vực cảng biển Hải Phòng là một trong ba khu vực cảng biển lớn nhất Việt Nam, là đầu mối lưu thông hàng hóa chính của khu vực Miền Bắc bằng đường biển. Trong quy hoạch hệ thống cảng biển của Việt Nam đến năm 2020 tầm nhìn đến năm 2030, cảng biển Hải Phòng là hệ thống cảng tổng hợp quốc gia và cửa ngõ quốc tế, lượng hàng hóa thông qua cảng biển Hải Phòng dự kiến đạt 120 triệu tấn/năm đến năm 2020 [39, 66].

Tổng khối lượng hàng thông qua cảng năm 2015 đạt 73 triệu tấn, năm 2016 là 81 triệu tấn, dự báo năm 2017 lượng hàng hóa thông qua cảng là 91 triệu tấn, hàng năm trung bình tăng khoảng 11%. Hiện tại trung bình mỗi ngày khoảng 50 lượt tàu thủy ra vào cập cầu cảng Hải Phòng, có thời điểm 70 lượt tàu thủy ra vào cảng [33].

Hơn nữa, việc điều khiển tàu biển ra vào tuyến luồng hàng hải Hải Phòng do hoa tiêu, thuyền trưởng đảm nhận. Do đặc điểm của tuyến luồng hàng hải Hải Phòng là tuyến luồng một chiều có ga tránh, giới hạn vận tốc chạy tàu, khả năng quay trở hẹp, nhiều đoạn hẹp, nhiều khúc quanh co, nhiều khu vực nông cạn cục bộ,...

Mặt khác, tuyến luồng hàng hải Hải Phòng có nhiều khu vực gặp nhau của các nhánh sông khá phức tạp, với đặc điểm thủy triều và dòng chảy siết tại khu vực đó, tai nạn hàng hải chủ yếu do mắc cạn và đâm va thường xuyên xảy ra. Trung bình khoảng 11 vụ tai nạn tàu biển trong một năm [33], có những vụ đặc biệt nghiêm trọng, gây tổn thất lớn về người và tài sản. Hầu hết các vụ tai nạn xảy ra là do người điều khiển tàu. Một trong những nguyên nhân cơ bản trong quá trình điều khiển tàu, là do sự tương tác của tổ hợp chân

vật - bánh lái tại thực địa trên tuyến luồng chưa phù hợp. Bởi vì, việc điều khiển hướng chuyển động bám theo quỹ đạo cho trước của tàu thủy chính là điều khiển tổ hợp tương tác giữa chân vịt và bánh lái, sao cho lực bẻ lái tác động trên bánh lái ở từng thời điểm là phù hợp nhất.

Vì vậy, người điều khiển tàu biển hiểu rõ quỹ đạo chuyển động thực tế cho trước (hay quỹ đạo tối ưu/quỹ đạo mong muốn), độ sâu của luồng, vận tốc tàu, vấn đề an toàn hàng hải, đặc điểm khí tượng thủy văn,... của tuyến luồng hàng hải Hải Phòng. Với mỗi loại tàu thủy, mức độ tải trọng khác nhau, thông số tuyến luồng tại thời điểm hiện tại, sẽ ảnh hưởng trực tiếp và rất lớn đến việc điều khiển tàu theo phương án nào cho phù hợp nhất hay tối ưu.

Liên quan đến lĩnh vực nghiên cứu của đề tài luận án ở trong nước và nước ngoài, có thể kể đến một số công trình sau:

Tình hình nghiên cứu trên thế giới liên quan đến đề tài luận án

- Năm 2001, công trình khoa học của nhóm nghiên cứu A.V.Pustoshny, S.V. Kaprantsev [43], thuộc Viện nghiên cứu tàu thủy Krylov tại St. Petersburg, Liên bang Nga, đã nghiên cứu về động lực học chân vịt, các yếu tố ảnh hưởng tới động lực học chân vịt tàu thủy. Công trình đã thiết lập các mô hình toán, tính toán và phân tích tác động của động lực học chân vịt, cũng như các yếu tố cơ bản ảnh hưởng đến động lực học chân vịt, có xét đến hiện tượng xâm thực trong một số chế độ điều động tàu.

- Năm 2003, nhóm nghiên cứu Shreenaath Natarajan, B.Tech [61], tại Trường Đại học Texas của Mỹ, đã công bố kết quả nghiên cứu về mô phỏng số sự tương tác giữa chân vịt và bánh lái,... Công trình nghiên cứu của nhóm tác giả sử dụng phương pháp “Mullti block” để gắn kết bài toán dòng chảy qua chân vịt và bao quanh bánh lái.

- Năm 2004, tác giả Da Qing Li tại Trường Đại học Công nghệ Chalmers, Thụy Điển [46]: “*Investigation on propeller - rudder interaction by*

numerical methods” đã nghiên cứu về sự tương tác chân vịt và bánh lái, tính toán mô phỏng theo phương pháp số.

- Năm 2009, nhóm nghiên cứu Han. J, Kong. D, Kim. Y, and Lew. J, tại Hội nghị quốc tế thường niên tàu thủy Taejon, Hàn Quốc [50], đã nghiên cứu, phân tích sự tương tác chân vịt và bánh lái tàu thủy với sự thay đổi của góc bề lái khác nhau.

- Năm 2010, nhóm nghiên cứu Phillips A. B, Turnock S. R and Furlong M. E, tại Viện khoa học tàu thủy [42, 59], Trường Đại học Southampton, Vương quốc Anh, đã nghiên cứu và công bố một số kết quả liên quan đến sự tương tác chân vịt và bánh lái, tính toán mô phỏng theo phương pháp RANS.

- Năm 2010, nhóm nghiên cứu Karsten Hochkirch, FutureShip, Potsdam (Liên bang Đức) và Benoit Mallol, Numeca, Brussels (Vương quốc Bỉ), đã đưa công bố kết quả ứng dụng CFD để nghiên cứu sự tương tác chân vịt - bánh lái tàu thủy.

- Năm 2015 nhóm nghiên cứu gồm Andrea Di Mascio, Giulio Dubbioso, Roberto Muscari, Mario Felli [44], đã ứng dụng chương trình CFD để phân tích sự tương tác chân vịt và bánh lái tàu thủy. Kết quả nghiên cứu được báo cáo tại Hội nghị quốc tế ở Hawaii, Mỹ.

Hơn nữa, đã có tác giả hoặc nhóm tác giả khác [45, 47, 51, 54, 55, 56, 62] thuộc các Viện nghiên cứu tàu thủy, Trường đại học,... đã công bố công trình nghiên cứu liên quan đến: Tính toán mô phỏng sự tương tác chân vịt và bánh lái tàu thủy; tương tác chân vịt, bánh lái và thân tàu thủy; tác động của động lực học dòng chảy bao chân vịt và tương tác bánh lái; ứng dụng chương trình CFD để giải quyết một số vấn đề nghiên cứu,...

Từ kết quả đã công bố của các công trình, nhận xét rằng:

Các kết quả nghiên cứu mang tính chất chuyên sâu và độc lập về chân vịt, về bánh lái, hoặc về tương tác chân vịt - bánh lái tàu thủy. Nghiên cứu sinh (NCS) chưa thấy kết quả nghiên cứu của công trình đã công bố, có sự

gắn kết của tổ hợp chân vịt - bánh lái với việc điều khiển hướng chuyển động tàu thủy, để tìm ra những tổ hợp số vòng quay chân vịt - góc bẻ bánh lái, đảm bảo quỹ đạo chuyển động thật của tàu bám quỹ đạo mong muốn cho trước.

Tình hình nghiên cứu trong nước liên quan đến đề tài luận án

Ở trong nước, điển hình tại Trường Đại học Hàng hải Việt Nam, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội, Trường Đại học Bách khoa thành phố Hồ Chí Minh, Trường Đại học Nha Trang, Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Viện Khoa học Công nghệ tàu thủy, Viện khoa học Thủy lợi Việt Nam,... một số tác giả nghiên cứu và công bố các đề tài liên quan:

- Các tác giả thuộc Trường Đại học Bách khoa Hà Nội như GS. TSKH. Vũ Duy Quang, PGS. TS. Lê Quang và nhóm nghiên cứu [17],... đã công bố hàng loạt kết quả và tính toán động lực học dòng chảy, điển hình về vấn đề xác định lực cản tàu.

- GS. TS. Nguyễn Thế Mịch, PGS. TS. Trương Việt Anh cùng nhóm nghiên cứu [21] đã có những kết quả ứng dụng CFD cho các bài toán máy thủy lực cánh dẫn như bơm, tua bin, chân vịt tàu thủy nhưng chuyên sâu về hiện tượng xâm thực.

- Nhóm tác giả Trần Ngọc Phong, Tống Duy Tân, Vũ Công Hòa, Trường Đại học Bách khoa thành phố Hồ Chí Minh [26], đã công bố một số mô hình tính toán động lực học lưu chất sử dụng phần mềm Fluent và Gambit, ứng dụng chủ yếu trong chuyên ngành cơ kỹ thuật.

- Năm 2015 nhóm nghiên cứu Lê Quang, Phạm Thị Thanh Hương, Ngô Văn Hệ của Trường Đại học Bách khoa Hà Nội [17], đã công bố kết quả liên quan đến thực nghiệm và ứng dụng CFD trong khai thác tàu thủy nhằm giảm tiêu hao nhiên liệu.

- Năm 2016 nhóm nghiên cứu Nguyễn Văn Thịnh, Nguyễn Văn Giáp, Triệu Hùng Trường, Trường Đại học Mỏ - Địa chất Hà Nội [22] đã ứng dụng CFD để tính toán mô phỏng tác động dòng chảy trong hệ thống turbine.

- TS. Vũ Văn Duy cùng nhóm nghiên cứu, thuộc Trường Đại học Hàng hải Việt Nam [28, 29, 30] đã công bố một số kết quả về động lực học dòng chảy bao, xâm thực cánh dẫn, tính toán mô phỏng dòng chảy bao quanh tàu thủy, ứng dụng chương trình CFD để tính toán mô phỏng,...

Từ kết quả công bố của các công trình, nhận xét rằng:

Hầu hết các kết quả nghiên cứu dừng lại ở việc nghiên cứu từng phần, nghiên cứu lý thuyết, nghiên cứu mô phỏng số, ứng dụng CFD để tính toán mô phỏng,... Hiện tại, nghiên cứu sinh chưa thấy kết quả nghiên cứu chuyên sâu của công trình khoa học, thể hiện sự gắn kết từ việc động lực học chân vịt - bánh lái đến đặc tính điều khiển hướng chuyển động của tàu thủy. Hơn nữa, lại gắn chặt chẽ với phạm vi nghiên cứu cụ thể là “Tuyến luồng hàng hải Hải Phòng”, nên đề tài luận án không trùng với bất kỳ công trình nghiên cứu có liên quan đã công bố trước đó.

Mặt khác, với đặc điểm các tuyến luồng hàng hải cơ bản khác nhau, riêng tuyến luồng hàng hải Hải Phòng với các đặc điểm nêu trên, thì việc nghiên cứu để đưa ra những tổ hợp số vòng quay chân vịt - góc quay bánh lái tối ưu, càng trở lên quan trọng, sao cho chuyển động của tàu thủy bám gần quỹ đạo cho trước.

Tóm lại: Xuất phát từ những lý do đã phân tích cụ thể nêu trên, với mong muốn đảm bảo an toàn hàng hải cho tàu thủy khi điều động trên tuyến luồng hàng hải Hải Phòng, chính là điều khiển tổ hợp tương tác giữa chân vịt và bánh lái. Nghiên cứu sinh đã nghiên cứu và thực hiện đề tài luận án tiến sĩ: *“Nghiên cứu tác động của tổ hợp chân vịt - bánh lái đến điều khiển hướng đi tàu thủy trên tuyến luồng Hải Phòng”*.

Như vậy, bản chất cốt lõi của điều khiển hướng chuyển động tàu thủy, chính là việc đưa ra các tổ hợp chân vịt (tương ứng với số vòng quay n) - bánh lái (tương ứng với góc bẻ lái α^0), hay là tổ hợp (n_i, α_i) , đảm bảo tối ưu, sao cho quỹ đạo chuyển động thật của tàu bám sát quỹ đạo cho trước.

Vấn đề này luôn mang tính cấp thiết, không chỉ đối với hoa tiêu, thuyền trưởng, mà còn đối với cảng vụ hàng hải, cơ quan điều hành, quản lý cảng, các tổ chức, doanh nghiệp, chủ tàu,... trong lĩnh vực khai thác hàng hải.

2. Mục đích nghiên cứu của luận án

Nghiên cứu tác động của tổ hợp chân vịt - bánh lái đến điều khiển hướng đi tàu thủy trên tuyến luồng hàng hải Hải Phòng, góp phần đảm bảo an toàn hàng hải.

3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu của luận án

Đối tượng nghiên cứu:

- Nghiên cứu tác động của tổ hợp chân vịt - bánh lái đến điều khiển hướng chuyển động tàu thủy, bám theo quỹ đạo cho trước trên tuyến luồng hàng hải Hải Phòng;

- Nghiên cứu sinh lựa chọn và sử dụng tàu container M/V TAN CANG FOUNDATION, trọng tải 7040 MT, có 01 chân vịt với chiều quay chân vịt là chiều phải để tiến hành thực nghiệm.

Phạm vi nghiên cứu:

- Áp dụng trên tuyến luồng hàng hải Hải Phòng, trong đó chỉ tập trung vào các khu vực tiềm ẩn nhiều nguy cơ mất an toàn hàng hải. Đồng thời giới hạn xét ảnh hưởng của dòng chảy (dòng triều), các yếu tố ảnh hưởng khác đến tàu thủy không xét đến;

- Tàu thủy với trọng tải tương đương khoảng 7.000 MT, có 01 chân vịt và chiều quay chân vịt là chiều phải.

4. Phương pháp nghiên cứu của luận án

Phương pháp nghiên cứu lý thuyết kết hợp nghiên cứu thực nghiệm, để làm nổi bật tính khoa học và tính thực tiễn của vấn đề cần giải quyết.

Nghiên cứu lý thuyết:

- Nghiên cứu tổng quan tuyến luồng hàng hải Hải Phòng và cơ sở lý luận tổ hợp tương tác chân vịt - bánh lái tàu thủy;

- Nghiên cứu động lực học dòng chảy sau chân vịt và tương tác với bánh lái tàu thủy;

- Nghiên cứu xây dựng mô hình toán, quy trình tính toán, tính toán mô phỏng số quỹ đạo chuyển động tàu thủy tương ứng với các tổ hợp tương tác chân vịt - bánh lái khác nhau.

Ứng dụng chương trình CFD, với phần mềm chuyên dụng Fluent - Ansys trong quá trình tính toán mô phỏng để giải quyết vấn đề đặt ra.

Nghiên cứu thực nghiệm:

Nghiên cứu thực nghiệm, gồm: Tiến hành nghiên cứu trên hệ thống thí nghiệm kết hợp với nghiên cứu trực tiếp thực tế tại thực địa tuyến luồng hàng hải Hải Phòng, để kiểm chứng kết quả nghiên cứu của đề tài luận án đặt ra.

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

Ý nghĩa khoa học của luận án:

- Xây dựng cơ sở khoa học về mô hình nghiên cứu và mô hình chia lưới động của vấn đề nghiên cứu. Với kết quả nghiên cứu đạt được góp phần hoàn thiện một phần cơ sở lý luận liên quan đến vấn đề nghiên cứu và có những đóng góp nhất định cho khoa học chuyên ngành hàng hải;

- Đưa ra phương pháp luận về xây dựng quy trình tính toán mô phỏng sự tương tác của tổ hợp chân vịt - bánh lái đến điều khiển hướng chuyển động tàu thủy nói chung. Trên cơ sở đó áp dụng cho đối tượng và phạm vi nghiên cứu cụ thể của luận án. Từ đó, lựa chọn phương án điều khiển hướng chuyển động của tàu thủy tối ưu, nghĩa là quỹ đạo chuyển động thực của tàu thủy bám sát quỹ đạo cho trước của tuyến luồng.

Ý nghĩa thực tiễn của luận án:

- Kết hợp chặt chẽ cơ sở khoa học lý thuyết đặc thù liên quan đến khoa học chuyên ngành hàng hải với thực tiễn hàng hải;

- Kết quả nghiên cứu có thể xây dựng thành hồ sơ dữ liệu, nhằm cập nhật chủng loại tàu, tình trạng tải trọng, tình trạng tuyến luồng, tình trạng hệ

thống điều khiển (thông số hiện tại của chân vịt, bánh lái),... Từ đó, tính toán và mô phỏng, lựa chọn để đưa ra phương án điều khiển tương ứng với các vị trí trên tuyến luồng tối ưu nhất, đặc biệt các khu vực tiềm ẩn nhiều nguy cơ mất an toàn hàng hải. Nghĩa là đưa ra phương án điều động tàu tối ưu để khuyến cáo hoa tiêu, thuyền trưởng làm chủ quá trình điều khiển loại tàu đó, góp phần đảm bảo an toàn hàng hải trên tuyến luồng hàng hải Hải Phòng;

- Trên cơ sở này có thể mở rộng áp dụng cho các tuyến luồng hàng hải khác, góp phần đảm bảo an toàn hàng hải, đặc biệt khi tàu thay đổi hướng đi tại một số điểm có nguy cơ mất an toàn hàng hải cao, khúc cua gấp,...

6. Những điểm đóng góp mới của luận án

6.1. Về mặt lý luận (phương pháp số):

- Xây dựng mô hình nghiên cứu và tính toán mô phỏng sự tương tác chân vịt - bánh lái tàu thủy nói chung. Đưa ra các thông số động lực học, điển hình là giá trị vận tốc trung bình dọc trục tại mặt chuyển tiếp với các tổ hợp số vòng quay chân vịt và góc bẻ lái (n_i, α_i), theo số liệu của M/V TAN CANG FOUNDATION;

- Xây dựng mô hình lưới động cho đối tượng vật thể chuyển động trong môi trường chất lỏng. Từ đó áp dụng cụ thể cho tàu M/V TAN CANG FOUNDATION, để xây dựng quỹ đạo chuyển động tối ưu theo các tổ hợp (n_i, α_i) tương ứng trên tuyến luồng hàng hải Hải Phòng.

6.2. Về thực tiễn khoa học chuyên ngành hàng hải:

- Xây dựng mô hình nghiên cứu thực tế tại 4 khu vực tiềm ẩn nhiều nguy cơ tai nạn hàng hải trên tuyến luồng Hải Phòng. Đồng thời xây dựng quy trình tính toán, tính toán mô phỏng tác động của tổ hợp chân vịt - bánh lái đến quỹ đạo chuyển động tàu thủy cho từng mô hình nghiên cứu thực tế, ứng với tổ hợp chân vịt - bánh lái khác nhau;

- Lựa chọn và đưa ra các tổ hợp chân vịt - bánh lái tối ưu tại các khu vực tiềm ẩn nhiều nguy cơ tai nạn hàng hải trên tuyến luồng Hải Phòng. Từ đó, đề

xuất cụ thể phương án điều động tàu thủy, nhằm khuyến cáo hoa tiêu và thuyền trưởng chủ động dẫn tàu an toàn qua các khu vực này;

- Thiết kế và chế tạo thử nghiệm hệ thống thí nghiệm, để kiểm chứng kết quả tính toán mô phỏng sự tương tác tổ hợp chân vịt - bánh lái, thông qua giá trị vận tốc trung bình dọc trục tại mặt chuyên tiếp. Mặt khác, đưa ra kết quả tổng hợp sau nhiều lần nghiên cứu khảo sát và đi thực tế trên tàu M/V TAN CANG FOUNDATION tại thực địa tuyến luồng Hải Phòng, để phân tích, đánh giá, so sánh và kiểm chứng phần kết quả bám theo quỹ đạo chuyển động cho trước của tuyến luồng.

7. Kết cấu của luận án

Kết cấu của đề tài luận án gồm các phần thứ tự sau:

- Phần mở đầu;
- Phần nội dung (*gồm 4 chương*);
- Phần kết luận và kiến nghị;
- Danh mục các công trình khoa học đã công bố liên quan đến đề tài luận án tiến sĩ;
- Tài liệu tham khảo;
- Phần phụ lục (*gồm 5 phụ lục*).

Trong phần nội dung của luận án được chia thành 4 chương như sau:

Chương 1. Tổng quan về tuyến luồng hàng hải Hải Phòng và cơ sở lý luận tổ hợp chân vịt - bánh lái tàu thủy.

Chương 2. Tính toán mô phỏng động lực học dòng chảy sau chân vịt và tương tác bánh lái tàu thủy

Chương 3. Tính toán mô phỏng tác động của tổ hợp chân vịt - bánh lái đến điều khiển hướng đi tàu thủy trên tuyến luồng Hải Phòng

Chương 4. Nghiên cứu thực nghiệm: Phân tích, so sánh và đánh giá kết quả.

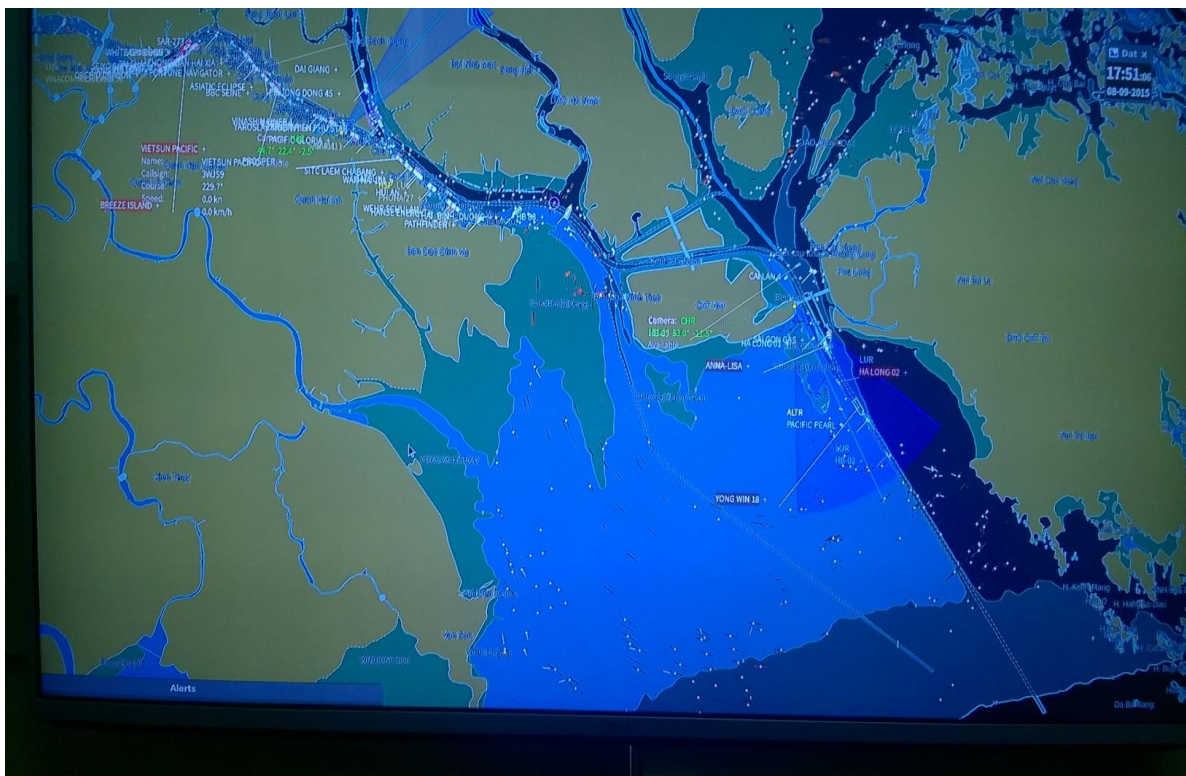
CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN TUYẾN LUỒNG HÀNG HẢI HẢI PHÒNG VÀ CƠ SỞ LÝ LUẬN TỔ HỢP CHÂN VỊT - BÁNH LÁI TÀU THỦY

1.1. Tổng quan về tuyến luồng hàng hải Hải Phòng

1.1.1. Phân tích đặc điểm tuyến luồng hàng hải Hải Phòng

Tuyến luồng Hải Phòng (hình 1.1) có tổng chiều dài khoảng 72,5 km, gồm các đoạn luồng: Lạch Huyện, Hà Nam, Bạch Đằng, Sông Cấm, Vật Cách, Phà Rừng và Nam Triệu.

Đặc điểm địa lý tự nhiên tuyến luồng hàng hải Hải Phòng gồm nhiều khúc cong, khúc cua gấp, có nhiều khu vực giao với nhánh sông, nhiều khu vực nông cạn cục bộ. Hệ thống luồng ra, vào cảng biển Hải Phòng chưa được cải tạo đồng bộ. Đoạn luồng Nam Triệu thường xuyên bị sa bồi lắng, đoạn luồng đến cảng Vật Cách hẹp, hành trình qua cầu Bính, độ sâu của các đoạn luồng này không đảm bảo cho tàu cỡ lớn ra vào cảng. Vì vậy, hiện nay tàu thủy ra, vào cảng biển Hải Phòng chủ yếu tập trung qua luồng Lạch Huyện, kênh Hà Nam [33].



Hình 1.1. Tổng quan toàn bộ tuyến luồng hàng hải Hải Phòng

Tổng thể tuyến luồng hàng hải Hải Phòng khá hẹp, được thiết kế một chiều có ga tránh, nhiều khu vực không thể tránh, vượt nhau được và một số khu vực giới hạn vận tốc 8 knots. Mật độ tàu thủy tập trung vào thời gian giờ nước lớn trong ngày, dẫn tới tổ chức thực hiện điều tiết tàu thủy ra, vào cảng gặp nhiều khó khăn và luôn tiềm ẩn nguy cơ mất an toàn hàng hải.

Bảng 1.1 mô tả chi tiết các thông số thiết kế của tuyến luồng hàng hải Hải Phòng [33].

Bảng 1.1. Thông số thiết kế tuyến luồng hàng hải Hải Phòng

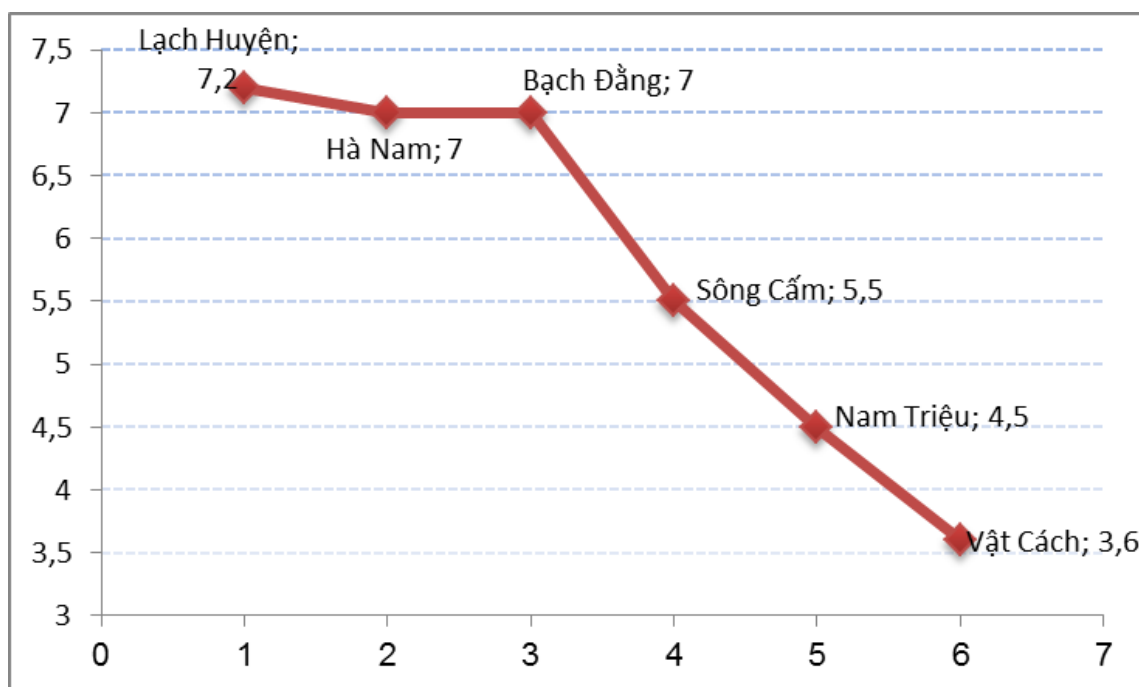
Tên đoạn luồng	Thông số luồng thiết kế				Bán kính cong nhỏ nhất
	Dài (km)	Rộng (m)	Độ sâu (m)	Mái dốc	
Hải Phòng	72.1	-	-	-	-
Đoạn Lạch Huyện	17.7	100	- 7,2	0/1	
Đoạn kênh Hà Nam	5.9	80	- 7,0	1/7	1300
Đoạn Bạch Đằng	8.8	80	- 7,0	0/1	1050
Đoạn Sông Cấm	10.6	80	- 5,5	0/1	925
Đoạn Vật Cách	9.7	60	tự nhiên (- 3,6)		555
Đoạn Nam Triệu	19.4	100	- 4,5	0/1	1000
Vùng quay trở trước cảng Đình Vũ	R = 130 m		- 7,0	0/1	
Vùng quay trở tàu hạ lưu cảng Cấm	R = 110 m		- 5,5	0/1	
Vùng quay trở tàu trước cảng Hải Phòng	R = 110 m		- 5,5	0/1	

(Nguồn: Cảng vụ Hàng hải Hải Phòng, 2017)

Do ảnh hưởng bởi sa bồi, độ sâu của toàn tuyến luồng Hải Phòng còn hạn chế, không đồng đều, bề ngang luồng chạy tàu hẹp và thường xuyên xuất hiện một số dải cạn cục bộ trên một số khu vực của tuyến luồng, hạn chế tới

việc điều động tàu thủy hàng ngày. Vận tốc sa bồi, bồi lấp, sạt lở diễn ra nhanh và nghiêm trọng, đặc biệt, ở một số vị trí như: Đầu phía Đông, phía Tây kênh đào Hà Nam, khu vực phía đối diện với đền Aryo và khu vực gần thượng lưu cảng Cẩm. Đặc biệt là vào thời kỳ tác động của nước lũ, sóng bồi, gây khó khăn cho kế hoạch khai thác của chủ tàu, chủ hàng và đại lý hàng hải.

Từ kết quả nhận được trong bảng 1.1, xây dựng đồ thị mô tả độ sâu của các đoạn luồng trên tuyến luồng Hải Phòng, theo hình 1.2.



Hình 1.2. Độ sâu thiết kế của các đoạn luồng trên tuyến luồng Hải Phòng

Tuy nhiên, hiện tại độ sâu thực tế các đoạn luồng trên tuyến luồng Hải Phòng tính đến tháng 12/2017, được mô tả chi tiết trong bảng 1.2 [33, 34].

Bảng 1.2. Độ sâu các đoạn luồng trên tuyến luồng Hải Phòng đến 12/2017

TT	Tên đoạn luồng	Độ sâu (m)
1	Đoạn luồng Lạch Huyện	- 6,7
2	Đoạn luồng (kênh) Hà Nam	-7,0
3	Đoạn luồng Bạch Đằng	-7,0
4	Đoạn luồng sông Cẩm	- 5,6 ÷ - 7,0

5	Đoạn luồng Vật Cách	- 3,6
6	Đoạn luồng Phà Rừng	- 2,1 ÷ - 3,6
7	Đoạn luồng Nam Triệu	- 0,8 ÷ - 2,0

(Nguồn: Bảo đảm an toàn hàng hải Miền Bắc, Cảng vụ Hàng hải Hải Phòng, 2017)

Từ kết quả nhận được trong các bảng 1.1, bảng 1.2 và hình 1.2, nhận xét rằng:

- Đối với tàu biển trọng tải lớn ra vào cảng Hải Phòng chỉ hành trình qua những đoạn luồng có độ sâu đảm bảo, như: Đoạn luồng Lạch Huyện, kênh Hà Nam, Bạch Đằng, sông Cấm.

- Với những tàu thủy trọng tải nhỏ, tàu biển pha sông,... có mớn nước nhỏ, nên hành trình qua những đoạn luồng độ sâu nhỏ hơn.

Chế độ thủy triều [27, 33, 66]: Là khu vực có chế độ nhật triều thuần khiết, trong tháng có khoảng 25 ngày có một lần nước lớn, một lần nước ròng. Biên độ thủy triều khá đều, độ lớn thủy triều khoảng 3,5 m. Mực nước cao nhất đo được là 4,21 m (22/10/1985) và thấp nhất là (-) 0,30 m (02/02/1991). Thủy triều tại khu vực Hải Phòng tương đối đều, biến đổi có quy luật, hầu như không có sự cục bộ xảy ra.

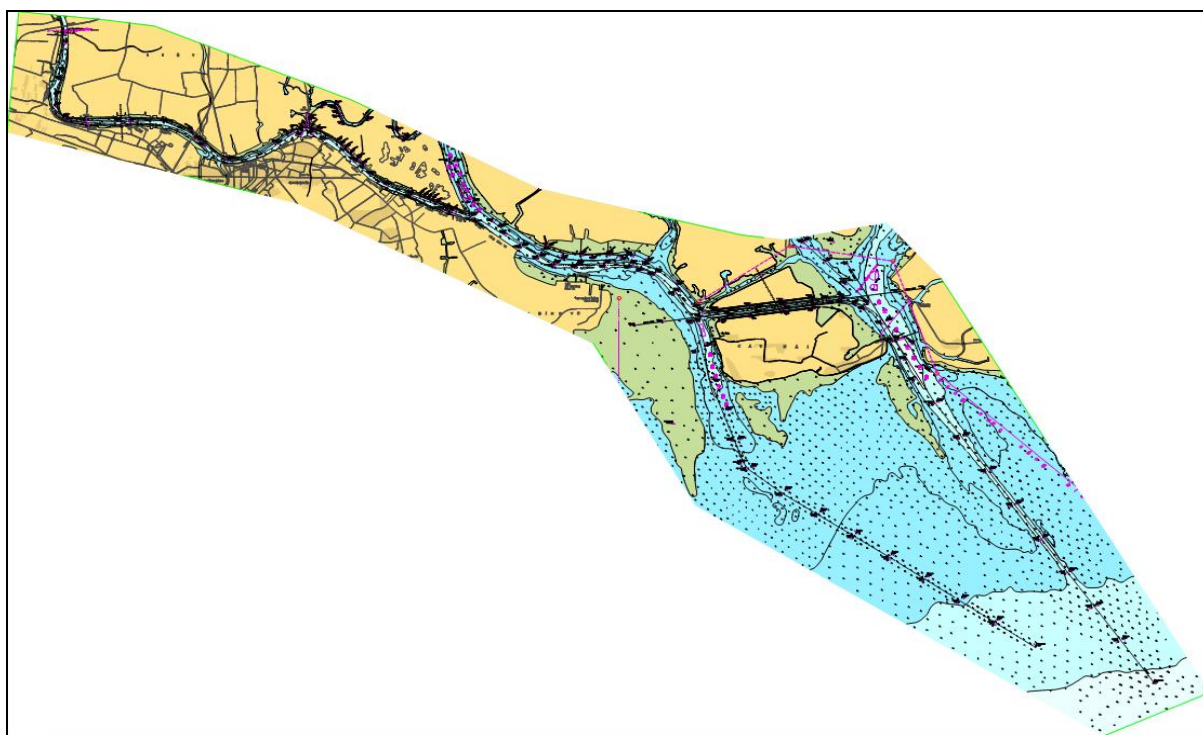
Dòng chảy trên luồng Hải Phòng chịu ảnh hưởng trực tiếp từ dòng triều (dòng do hiện tượng dâng lên và rút đi của thủy triều). Vào mùa mưa lũ, nước lũ từ các sông Cầu, sông Thương, sông Lục Nam, sông Hồng qua sông Đuống, sông Luộc chảy về, dưới sự tương tác của dòng triều, nước bị dồn ép ở pha triều lên và tạo lên vận tốc dòng chảy lớn ở pha triều xuống. Về mùa đông, dòng chảy ảnh hưởng trực tiếp từ mực nước thủy triều và yếu tố địa hình đáy, tác động từ sóng, gió là không đáng kể. Tác động của dòng chảy siết và liên tục với địa hình luồng quanh co, nhiều khúc cong gấp, khu vực giao nhau với các nhánh sông, đã ảnh hưởng không nhỏ đến hoạt động hành hải trong khu vực. Đây cũng là một trong các yếu tố gây nên nhiều tai nạn, sự cố hàng hải xảy ra tại khu vực này.

Trong năm sóng thủy khu vực Hải Phòng có độ cao lớn tập trung vào tháng 8 và tháng 9. Trong mùa gió Đông Bắc, độ cao sóng không lớn do được đảo Cát Bà che chắn. Các sóng lớn nhất quan trắc được trong mùa này chỉ xuất hiện ở hướng Nam (S), Đông Nam (SE). Sóng với các hướng Đông (E), Đông Nam (SE), và Nam (S) gây nguy hiểm nhất với khu vực cửa thủy Nam Triệu và Lạch Huyện. Tuy nhiên, tác động của sóng không ảnh hưởng nhiều đến hoạt động hàng hải của tàu thủy trên tuyến luồng Hải Phòng.

1.1.2. Hệ thống phao, tiêu báo hiệu hàng hải và hệ thống bảo đảm an toàn hàng hải trên tuyến luồng hàng hải Hải Phòng

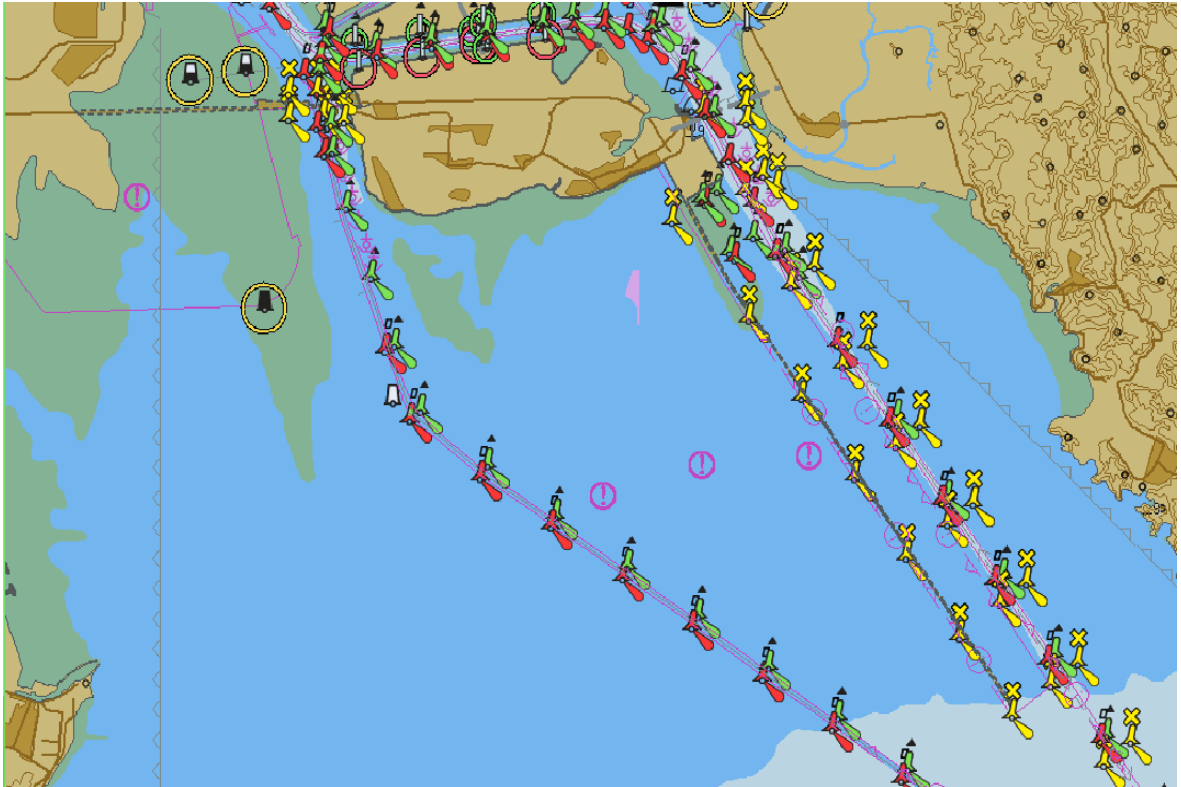
Hệ thống luồng hàng hải được lắp đặt các trang thiết bị, phao tiêu báo hiệu hàng hải theo tiêu chuẩn Việt Nam và Quốc tế, đáp ứng yêu cầu đảm bảo an toàn cho tàu thủy ra, vào khu vực cảng biển Hải Phòng an toàn 24/24 giờ trong ngày.

Toàn tuyến luồng hàng hải Hải Phòng [34], gồm 169 báo hiệu hàng hải các loại, trong đó có 45 tiêu khác nhau được chia ra thành các đoạn mô tả theo hình 1.3, cụ thể như sau:

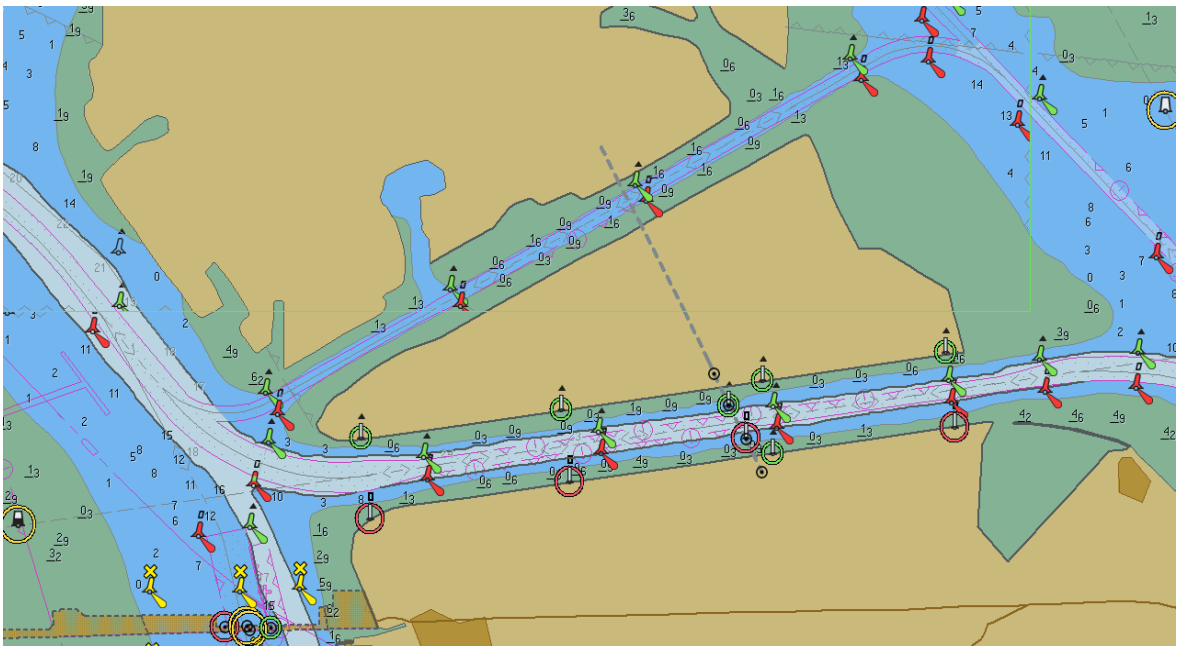


Hình 1.3. Hệ thống phao, tiêu báo hiệu luồng hàng hải Hải Phòng

Đoạn luồng Lạch Huyện: Bề rộng luồng 100 m, cao độ - 7,2 m, mái dốc 1:15, chiều dài 16,8 m, có tổng số 34 báo hiệu các loại.

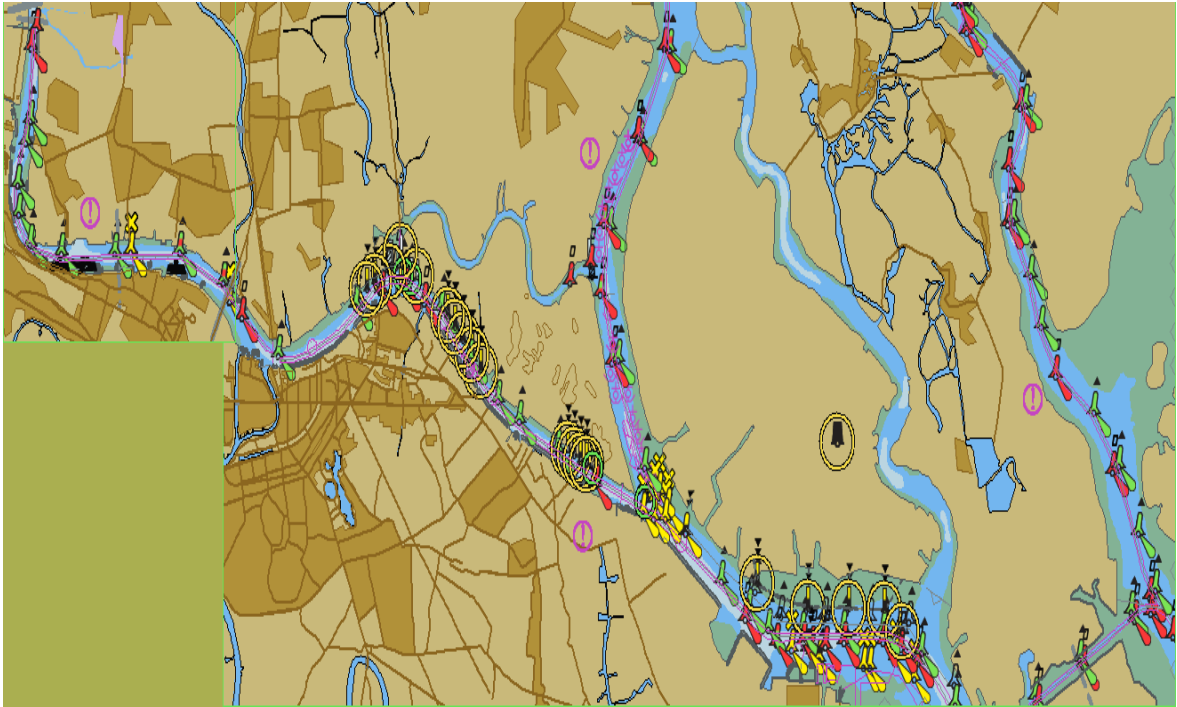


Hình 1.4. Hệ thống phao, tiêu báo hiệu đoạn luồng Nam Triệu và Lạch Huyện
Đoạn luồng Nam Triệu: Bề rộng luồng 100 m, cao độ - 2,4 m, mái dốc 1:15, chiều dài 19,1 km, tổng số 25 báo hiệu các loại.



Hình 1.5. Hệ thống phao, tiêu báo hiệu đoạn luồng kênh Hà Nam

Đoạn luồng Kênh Hà Nam: Bề rộng luồng 80 m, cao độ - 7,0 m, mái dốc 1:15, chiều dài 7,3km, tổng số 28 báo hiệu các loại.



Hình 1.6. Hệ thống phao, tiêu báo hiệu đoạn luồng Bạch Đằng và Sông Cấm

Đoạn luồng Bạch Đằng: Bề rộng luồng 80 m, cao độ - 7,0 m, mái dốc 1:15, chiều dài 8,0km, tổng số 29 báo hiệu các loại.

Đoạn luồng Sông Cấm: Bề rộng luồng 80 m, cao độ - 4,5 m, mái dốc 1:10, chiều dài 10,4 km, tổng số 27 báo hiệu các loại.

Đoạn luồng Vật Cách: Bề rộng luồng 60 m, cao độ - 3,7, mái dốc 1:10, chiều dài 8,1 km, tổng số 26 báo hiệu các loại.

Các hệ thống trợ giúp bảo đảm an toàn hàng hải khác: Hệ thống đài thông tin duyên hải Hải Phòng, hệ thống AIS, hệ thống GMDSS,...

Đối với hệ thống VTS luồng hàng hải Hải Phòng được xây dựng phù hợp với các quy định của Tổ chức Hàng hải Thế giới (IMO), các khuyến cáo của IALA các quy định quốc tế khác, nhằm mục đích nâng cao độ an toàn và hiệu quả của giao thông hành hải trên các luồng và vùng nước thuộc khu vực quản lý của Cảng vụ Hàng hải Hải Phòng, giảm thiểu các tàu bị mắc cạn, đâm va và tối thiểu hóa nguy cơ đối với các thiết bị hàng hải.

Hệ thống VTS gồm: 01 trung tâm VTS đặt tại trụ sở cảng vụ Hàng hải Hải Phòng, 02 trạm radar, trong đó: 01 trạm tại Đại diện cảng vụ Hàng hải Hải Phòng tại đảo Cát Hải (trạm Cát Hải), 1 trạm đặt tại thượng lưu cảng Hải An (trạm Hải An), thiết bị radar, camera CCTV, thiết bị thu AIS (có tích hợp GPS), thiết bị đo vận tốc, hướng gió và các máy liên lạc VHF được lắp đặt tại mỗi trạm trong cả 2 trạm radar trên.

1.1.3. Đặc điểm hoạt động hàng hải tuyến luồng hàng hải Hải Phòng

Tuyến luồng hàng hải từ ngoài phao số 0 đi vào các bến cảng nằm sâu trong đất liền, trước hết là cảng cửa ngõ quốc tế Hải Phòng đang được xây dựng ở phía Nam cửa Lạch Huyện, tiếp theo là các bến cảng tại khu công nghiệp Đình Vũ, trên sông Bạch Đằng và cuối cùng là các bến cảng dọc theo bờ sông Cấm đến tận cảng Vật Cách.

Số lượt tàu và phương tiện thủy nội địa hoạt động tại khu vực cảng biển Hải Phòng rất lớn, cụ thể [33, 66]:

- Năm 2012 có 15.328 lượt tàu thủy, năm 2013 có 16.841 lượt tàu thủy, năm 2014 có 17.653 lượt tàu thủy, năm 2015 là 18.260 lượt tàu thủy, năm 2016 đạt gần 20.000 lượt tàu thủy, năm 2017 đạt 22.170 lượt tàu thủy.

- Hàng ngày có hàng nghìn lượt tàu, thuyền nhỏ qua luồng ra, vào các cảng, bến thủy nội địa như: Chinfon, Hoàng Thạch, Điền Công, Phúc Sơn, Lam Thạch,...

Với tuyến luồng hẹp, mật độ giao thông thủy rất cao, hơn nữa việc chấp hành luật pháp hàng hải của một số chủ phương tiện thủy nội địa chưa nghiêm túc, hiện tượng phương tiện thủy nội địa lấn chiếm luồng hoặc hành trình cắt hướng, cắt luồng tàu thủy, tiềm ẩn nguy cơ xảy ra tai nạn hàng hải [37, 38].

Đặc biệt, đối với đoạn luồng Lạch Huyện, mật độ tàu thủy ra vào cảng Hải Phòng chủ yếu, trung bình mỗi ngày có khoảng trên 50 lượt tàu thủy ra vào đoạn luồng. Hơn nữa, đây là luồng chạy tàu một chiều, có chiều dài 16,8 km (từ lý trình km 0 đến km 16 + 800), bề rộng luồng là 100 m. Theo bình đồ

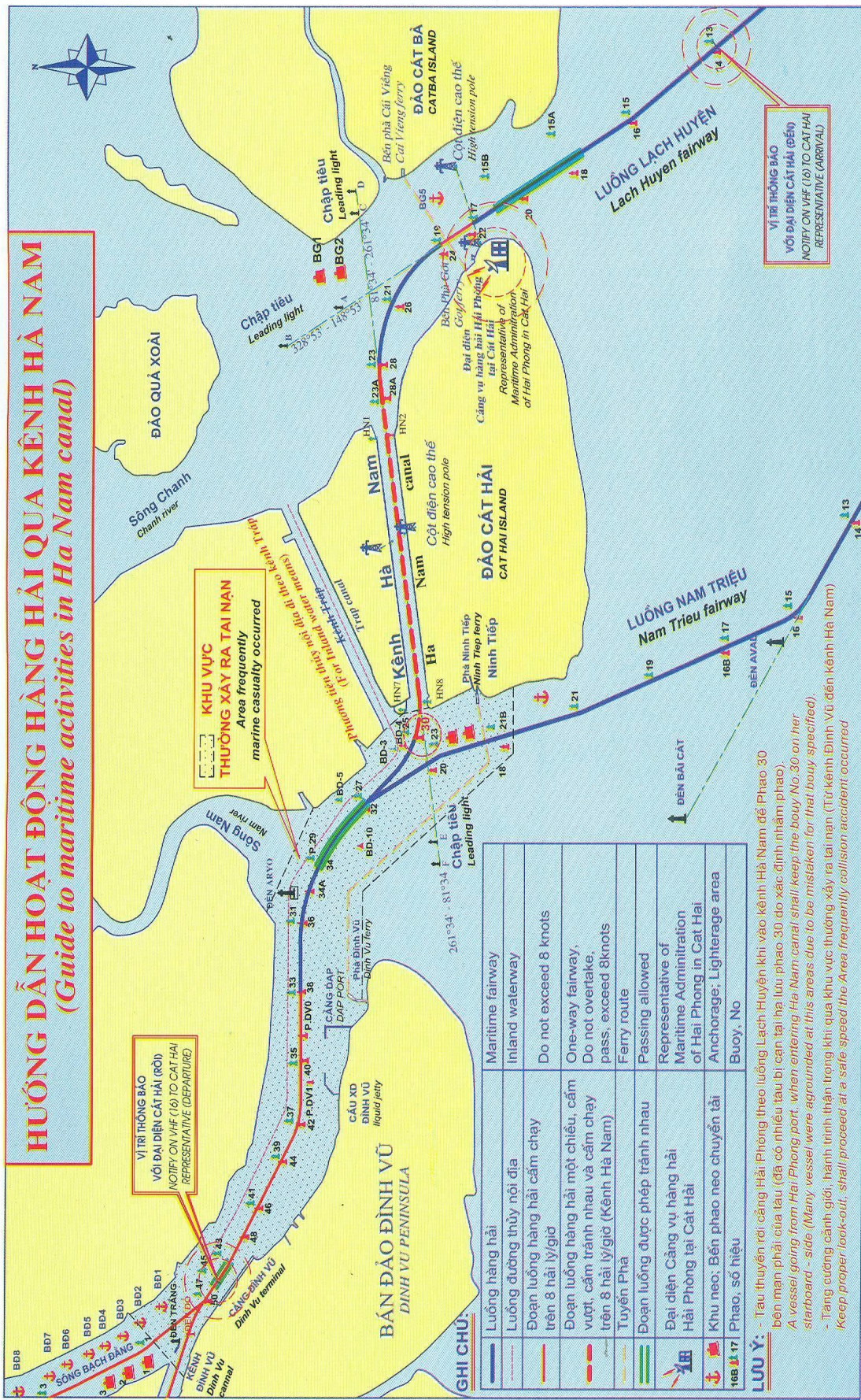
độ sâu luồng Hải Phòng tỷ lệ 1/2.000 (tháng 02/2017) phục vụ thông báo hàng hải cho thấy cao độ đáy luồng phổ biến trong khoảng - 6.8 mHD đến - 9.0 mHD, chủ yếu bồi lắng về hai biên luồng. Trên đoạn luồng được bố trí 22 phao báo hiệu biên luồng (không bao gồm phao “0”), khoảng cách giữa các cặp phao khoảng 1 hải lý.

Kênh Hà Nam cũng là luồng một chiều, các tàu thủy rời cảng sau khi qua kênh Hà Nam thường phải tránh nhau với tàu vào cảng trước khi qua kênh, trên đoạn luồng Lạch Huyện. Điều này làm cho mật độ tàu thuyền trên luồng Lạch Huyện vào thời điểm nước lớn mật độ đông, tiềm ẩn nguy cơ cao gây mất an toàn giao thông, an toàn hàng hải. Thời điểm có mật độ giao thông hàng hải cao khoảng 5 giờ của thủy triều cao hàng ngày. Trên đoạn luồng này, tàu thủy thường hành trình với vận tốc lớn, khoảng từ 10 - 15 knots.

Hàng ngày, có nhiều tàu khách cao tốc chạy tuyến Hải Phòng - Cát Bà và ngược lại tham gia giao thông trên luồng Lạch Huyện gây ảnh hưởng cho hoạt động của các tàu thủy.

Hoạt động của tàu thuyền neo chờ vào cảng hoặc tránh bão: Tại khu neo đậu Bến Gót thường xuyên có tàu lớn neo đậu chờ vào cảng làm hàng hoặc chuyển tải. Khi gặp giông lốc hoặc gió bão dễ bị trôi neo va đập vào nhau, đôi khi chắn ngang luồng hàng hải gây ách tắc luồng.

Hình 1.7 mô tả hướng dẫn hoạt động hàng hải qua kênh Hà Nam.



Hình 1.7. Hướng dẫn hoạt động hàng hải qua kênh Hà Nam

1.1.4. Phân tích đặc điểm một số khu vực tiềm ẩn nhiều nguy cơ tai nạn hàng hải trên tuyến luồng Hải Phòng

Trên dọc tuyến luồng hàng hải Hải Phòng, tồn tại nhiều khu vực tiềm ẩn nguy cơ tai nạn hàng hải xảy ra. Để phân tích và làm nổi bật các khu vực này, trong chương này nghiên cứu sinh phân tích cụ thể 4 khu vực tiềm ẩn nhiều nguy cơ tai nạn hàng hải.

Nghiên cứu sinh đã thống kê, tổng hợp và phân tích tình hình tai nạn hàng hải trong giai đoạn từ 2012 - 2017, trên cơ sở các số liệu chính thức từ báo cáo tai nạn hàng hải của Cục Hàng hải Việt Nam trong các năm và báo cáo số liệu tai nạn hàng hải tại vùng nước cảng biển Hải Phòng của Cảng vụ Hàng hải Hải Phòng, được mô tả theo bảng 1.3 [32, 33, 66].

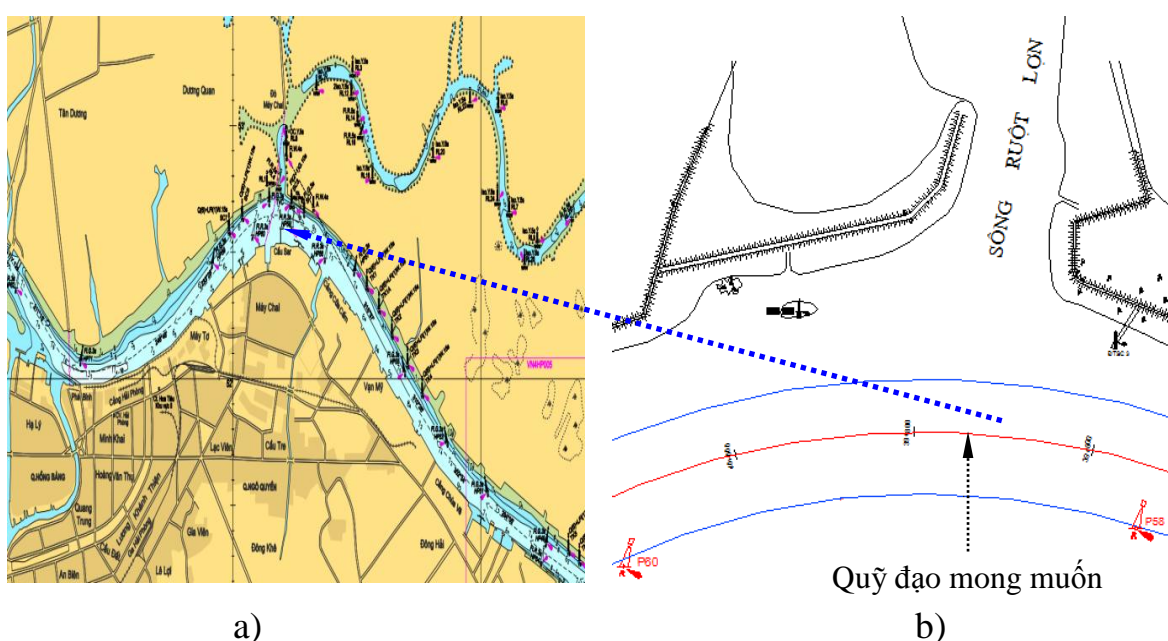
Bảng 1.3. Số liệu thống kê loại và số vụ tai nạn hàng hải tại vùng nước cảng biển Hải Phòng từ năm 2011 đến năm 2017.

Loại tai nạn	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Đâm va	03	05	01	01	0	01
Va chạm	02	02	04	03	02	01
Mắc cạn	04	02	01	02	01	0
Chìm đắm	01	04	01	02	01	01
Cháy nổ	0	03	01	0	01	0
Khác	02	03	03	02	0	03
Tổng số	12	19	11	10	5	7

(Nguồn: Cục Hàng hải Việt Nam, Cảng vụ Hàng hải Hải Phòng, 2017)

Trên cơ sở sơ đồ tổng thể luồng Hải Phòng theo hình 1.1, các bình đồ số VN4HP003, VN4HP005, VN4HP007, VN4HP008 của Tổng công ty Bảo đảm An toàn Hàng hải Miền Bắc [34] và các bình đồ IA của Bộ tư lệnh Hải quân [36]. Nghiên cứu sinh đã nghiên cứu, tổng hợp, phân tích và đánh giá 4 khu vực nguy hiểm, theo số thứ tự từ cảng chính Hải Phòng đến phao đầu luồng (phao số 0) trên tuyến luồng hàng hải Hải Phòng [60], như sau:

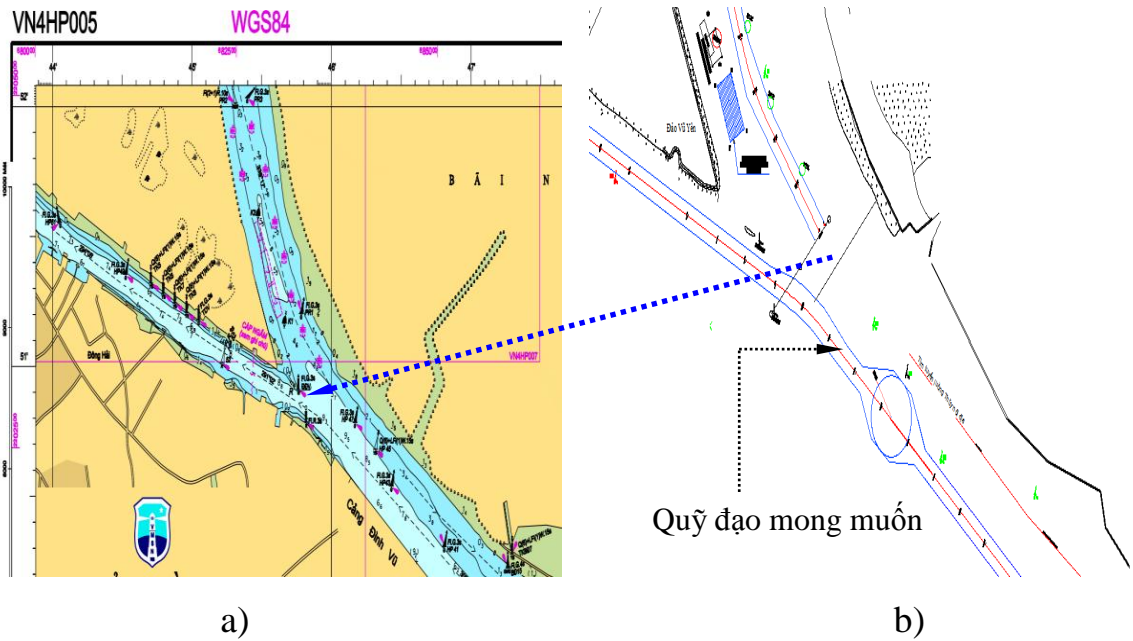
- Khu vực I: Được mô tả theo hình 1.8, là khu vực giao nhau của sông Cẩm và sông Ruột Lợn. Đây là khu vực rất hẹp, có nhiều bãi bồi phía gần cửa sông Ruột Lợn, một bên là hệ thống cầu cảng chính Hải Phòng. Độ sâu của luồng rất hẹp, hai bên mép so với tim luồng, độ sâu biến đổi phức tạp và hạn chế. Hơn nữa, tàu thuyền nhỏ, phương tiện thủy, thường xuyên chạy cắt ngang từ sông Ruột Lợn vào sông Cẩm và ngược lại. Rất dễ gây nguy cơ va chạm với tàu thủy đang nằm trong cầu cảng, hoặc bị mắc cạn phía bờ sông Ruột Lợn.



Hình 1.8. Khu vực I - tiềm ẩn nguy cơ mất an toàn hàng hải:

a) Từ bình đồ số VN4HP007, b) Mô phỏng theo phần mềm chuyên dụng

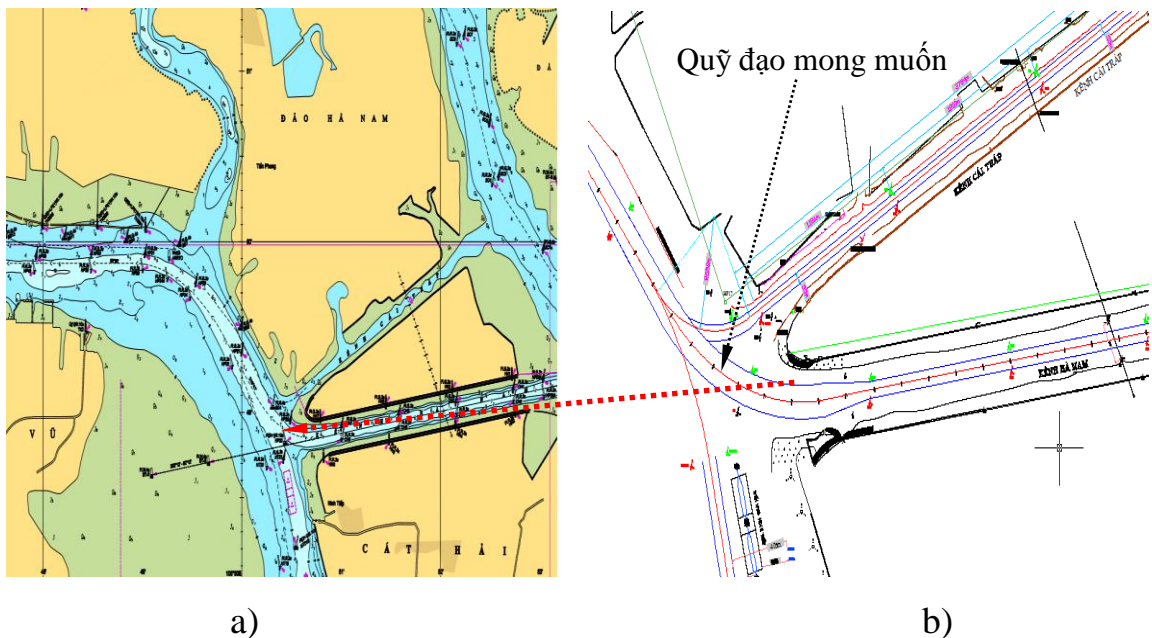
- Khu vực II: Được mô tả theo hình 1.9, là khu vực giao nhau của sông Cẩm và sông Bạch Đằng. Đây là khu vực có nhiều bãi bồi phía gần cửa sông Bạch Đằng. Mật độ tàu và phương tiện thủy hoạt động dày đặc, tính chất tham gia giao thông thủy phức tạp, phương tiện thủy đổi hướng, cắt hướng thường xuyên xảy ra và không tuân thủ quy tắc nghiêm túc. Vận tốc dòng chảy 2 - 3 knots. Khi thủy triều dâng, luôn có xu hướng đẩy hướng chuyển động của tàu sang phía bờ Thủy Nguyên. Vì vậy, nguy cơ mắc cạn và đâm va khá cao tại khu vực này.



Hình 1.9. Khu vực II - tiềm ẩn nguy cơ mất an toàn hàng hải:

a) Từ bình đồ số VN4HP005, b) Mô phỏng theo phần mềm chuyên dụng

- Khu vực III: Được mô tả theo hình 1.10, là khu vực của Bạch Đằng, giao nhau của các tuyến luồng sông Cấm, Nam Triệu, Cái Tráp và kênh Hà Nam của sông Cấm. Nhiều khu vực nông cạn phía đảo Đình Vũ và cửa sông Bạch Đằng.

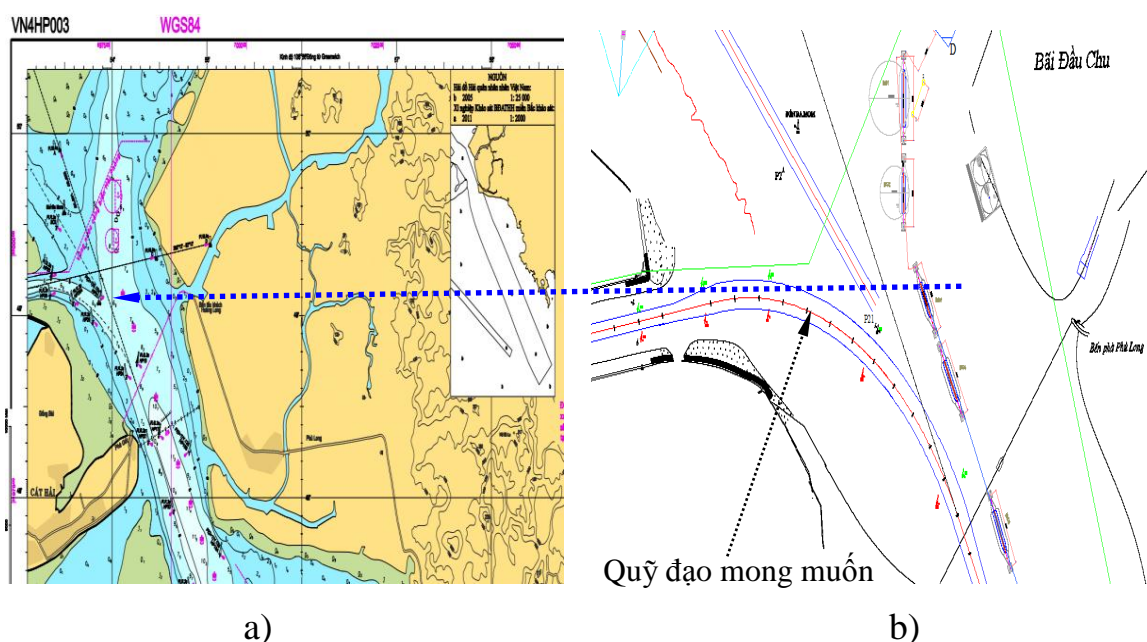


Hình 1.10. Khu vực III - tiềm ẩn nguy cơ mất an toàn hàng hải:

a) Từ bình đồ số VN4HP005, b) Mô phỏng theo phần mềm chuyên dụng

Khu vực này có mật độ tàu, phương tiện tham gia giao thông đông đúc và phức tạp. Nhiều phương tiện thủy hoạt động không đúng tuyến luồng quy định, thường xuyên cắt ngang đê vào kênh Cái Tráp (đặc biệt đoạn phao 30 - 32). Hơn nữa, đây là khu vực dòng chảy siết, tính chất dòng chảy không ổn định, có nhiều khu neo đậu, khu vực ga tránh, bến phà hoạt động,...

- Khu vực IV: Được mô tả theo hình 1.11, là khu vực giao nhau của kênh Hà Nam, kênh Cái Tráp và đường thủy nội địa đến Quảng Ninh (qua Cái Bầu). Rất nhiều tàu nội địa, sà lan và phương tiện thủy, đi vào kênh Cái Tráp, cắt ngang luồng (đặc biệt tại khu vực của các cặp phao 19 - 21 - 23).



Hình 1.11. Khu vực IV - tiềm ẩn nguy cơ mất an toàn hàng hải:

a) Từ bình đồ số VN4HP003, b) Mô phỏng theo phần mềm chuyên dụng

Là khu vực có nhiều tàu biển trọng tải lớn qua đoạn luồng Lạch Huyện, dòng chảy khá mạnh vận tốc đạt 3 knots và không ổn định, mật độ giao thông dày đặc, đan xen tàu thủy và phương tiện thủy nội địa ra, vào kênh Cái Tráp và kênh Hà Nam, gia tăng nguy cơ mất an toàn cho tàu thuyền khi hành trình qua khu vực.

Tóm lại: Trên cơ sở khảo sát, phân tích, đánh giá và nhận xét rằng:

- Thực tế, nhiều vụ tai nạn hàng hải do mắc cạn, đâm va đã xảy ra trên

các khu vực này. Một trong những nguyên nhân cơ bản dẫn đến các tai nạn hàng hải, do thuyền trưởng hoặc hoa tiêu điều khiển tàu không đi đúng quỹ đạo cho trước của tuyến luồng hàng hải;

- Trên cơ sở các dữ liệu và mô hình quan trọng này, nghiên cứu sinh sẽ thực hiện vấn đề nghiên cứu trong các chương tiếp theo, nhằm đưa ra những tổ hợp chân vịt - bánh lái tối ưu. Từ đó, khuyến cáo thuyền trưởng, hoa tiêu chủ động và lựa chọn phương án dẫn tàu phù hợp nhất, đặc biệt qua những khu vực này, đảm bảo tàu bám theo quỹ đạo cho trước, góp phần nâng cao an toàn hàng hải trên tuyến luồng.

1.2. Cơ sở lý luận về tổ hợp chân vịt - bánh lái tàu thủy

1.2.1. Bánh lái tàu thủy

Bánh lái tàu thủy là một thiết bị không thể thiếu trong quá trình điều động tàu. Bánh lái giữ cho tàu chuyển động trên hướng đi đã định hoặc thay đổi hướng đi tàu thủy theo ý muốn của người điều khiển [7, 11, 12].

Bánh lái được đặt ngay phía sau chân vịt. Với tàu có 01 chân vịt thì bánh lái và chân vịt cùng nằm trên mặt phẳng trục dọc của tàu. Bánh lái có thể quay một góc nhất định sang phải hoặc sang trái (khoảng từ 35⁰ phải đến 35⁰ trái).

Bánh lái có thể được chế tạo bằng các nguyên liệu khác nhau, nhưng mỗi bánh lái đều có hai bộ phận cơ bản là trục lái và mặt bánh lái.

Khi tàu chạy tới hoặc chạy lùi thì dòng nước chảy từ mũi về lái tàu hoặc dòng nước chảy từ lái về mũi tàu, sẽ tác dụng vào bề mặt bánh lái một áp lực P. Bằng công thức thực nghiệm để tính áp lực đó như sau [7, 12]:

$$P = \frac{K_1 \sin \alpha}{0,195 + 0,305 \sin \alpha} \times S \times V^2 \quad (1.1)$$

Trong đó: α - góc bề lái (độ);

V - vận tốc tàu (m/s);

S - diện tích ngâm nước của bánh lái (m²);

K_1 - hệ số của bánh lái, phụ thuộc vào số lượng chân vịt và được lấy như sau: $K_1 = 38 \div 42$ (kg/m^3) với tàu một chân vịt; $K_1 = 20 \div 22,5$ (kg/m^3) với tàu hai chân vịt.

Lực cản do tác động của nước phụ thuộc vào phần chìm vỏ tàu, muốn có tác dụng tốt thì bánh lái phải có diện tích tỉ lệ thích đáng với phần chìm của tàu. Do đó diện tích mặt bánh lái phải được chọn theo tỉ lệ phù hợp với tàu. Có thể tính diện tích ngâm nước của mặt bánh lái S dựa theo công thức thực nghiệm như sau [12]:

$$S = \frac{L \times T}{K_2} \quad (1.2)$$

Trong đó: L - chiều dài của tàu (m);

T - mớn nước của tàu (m);

K_2 - phụ thuộc loại tàu, thường $K_2 = 50 \div 70$.

Từ công thức (1.1) nhận xét rằng:

Áp lực nước tác dụng lên mặt bánh lái tàu thủy phụ thuộc vào vận tốc tàu, diện tích mặt bánh lái và góc bẻ lái, cụ thể:

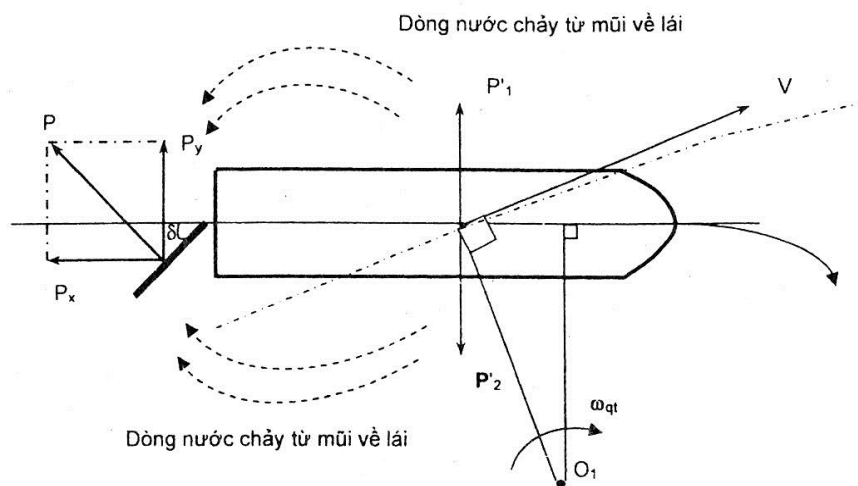
- Trường hợp tàu chạy tới, bánh lái nằm trong mặt phẳng trục dọc của tàu, thì giá trị $P = 0$, bởi vì áp lực nước tác dụng cân bằng trên hai mặt bánh lái, tàu sẽ chuyển động thẳng, tàu chỉ chịu tác dụng của lực đẩy và lực cản, góc bẻ lái lúc này $\alpha^0 = 0^0$.

- Khi bẻ bánh lái lệch khỏi mặt phẳng trục dọc tàu một góc α^0 nào đó về mạn phải hoặc mạn trái. Giả sử góc α^0 sang phải lúc này do tác dụng của dòng chảy bao và dòng do chân vịt tạo ra trên bề mặt của bánh lái, sẽ sinh sự phân bố lại áp lực nước, mặt bánh lái hướng tới dòng chảy bao thì áp lực tăng, mặt kia giảm. Điểm đặt của tổng áp lực \vec{P} này gần về phía sống lái và vuông góc với mặt bánh lái.

Phân tích lực \vec{P} thành hai thành phần theo trục x (\vec{P}_x) và trục y (\vec{P}_y).

$$\vec{P} = \vec{P}_x + \vec{P}_y$$

Hình 1.12 mô tả sự xuất hiện của lực sinh ra khi bề lái một góc α^0 bất kỳ. Tại trọng tâm tàu, nếu đặt một cặp lực \vec{P}_1 và \vec{P}_2 , sẽ có độ lớn thì $P_1 = P_2 = P_y$ và chiều tác dụng thì \vec{P}_1 ngược chiều \vec{P}_2 . Rõ ràng, cặp ngẫu lực P_y, P_2 làm cho mũi tàu quay về phía bề lái, lực P_1 làm tàu dạt ra ngoài vòng quay trở, P_x làm giảm chuyển động tới của tàu [7].



Hình 1.12. Lực xuất hiện do bề lái và tác dụng khi tàu chạy tới

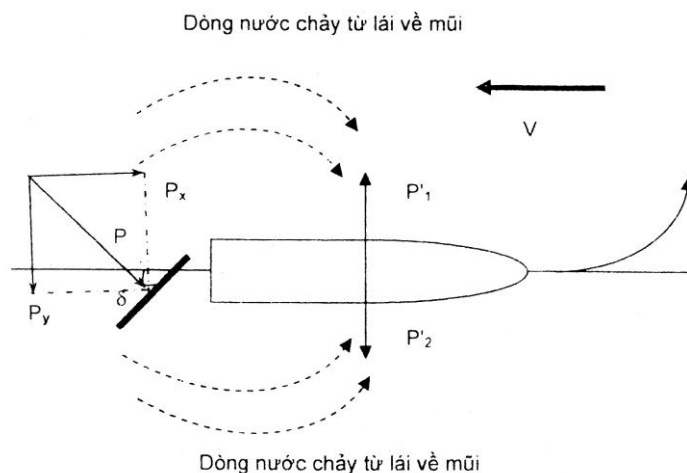
Thông thường điểm đặt của áp lực \vec{P} và các lực thủy động không cùng nằm trên một mặt phẳng nằm ngang, nên khi quay trở, tàu ngoài việc chuyển dịch ngang còn bị nghiêng và chúi.

Tóm lại, quỹ đạo chuyển động của tàu sau khi bề lái là một đường cong do trọng tâm tàu vạch ra.

- Trường hợp tàu chạy lùi (hình 1.13), khi tàu đã có trớn lùi, nếu bề lái một góc α nào đó. Lúc này do tác dụng của dòng chảy bao và dòng do chân vịt tạo ra trên mặt của bánh lái sinh ra sự phân bố lại áp lực, mặt bánh lái hướng tới dòng chảy bao thì áp lực tăng, mặt kia giảm. Điểm đặt của tổng các lực \vec{P} này gần về phía sống lái và vuông góc với mặt phẳng bánh lái:

$$\vec{P} = \vec{P}_x + \vec{P}_y$$

Tương tự như khi chạy tới, để hiểu rõ ảnh hưởng của lực sinh ra khi bề lái một góc α , tại trọng tâm tàu G đặt cặp lực \vec{P}_1 và \vec{P}_2 , thì độ lớn $P_1 = P_2 = P_y$, chiều tác dụng thì \vec{P}_1 ngược chiều \vec{P}_2 . Rõ ràng, cặp ngẫu lực P_y, P_1 làm cho mũi tàu quay ngược về phía bề lái, lực P_2 làm tàu dạt ra ngoài vòng quay trở còn P_x làm giảm chuyển động lùi của tàu [7, 12].



Hình 1.13. Lực xuất hiện do bề lái và tác dụng khi tàu chạy lùi

Do điểm đặt của áp lực P và lực thủy động không cùng nằm trên một mặt phẳng nằm ngang, nên khi quay trở, tàu thủy ngoài việc chuyển dịch ngang còn bị nghiêng và chúi. Quỹ đạo chuyển động của tàu khi chạy lùi và bề lái một góc bất kỳ là một đường cong do trọng tâm tàu vạch ra.

1.2.2. Chân vịt tàu thủy

Chân vịt là bộ phận cuối cùng chuyển công suất của máy chính thành lực đẩy cho tàu thủy chuyển động tới hoặc chuyển động lùi. Hơn nữa, chân vịt ảnh hưởng trực tiếp tới tính năng quay trở của tàu, người điều khiển tàu cần hiểu và sử dụng mặt tích cực này trong quá trình điều động [7, 12].

Đối với tàu một chân vịt, thì chân vịt thường đặt ngay sau tàu và nằm trong mặt phẳng trục dọc của tàu ở phía trước bánh lái. Khi chân vịt quay trong nước, dòng nước sinh ra do thành phần phân lực ngang luôn bao quanh bánh lái.

Chân vịt của tàu có 3 hoặc 4 hay nhiều cánh. Số lượng cánh nhiều hay ít không ảnh hưởng đến tính năng quay trở của tàu. Điểm khác nhau lớn nhất là chân vịt nhiều cánh giảm độ rung so với chân vịt ít cánh khi hoạt động.

Một khái niệm mà người điều khiển tàu cần quan tâm là pha của chân vịt hay còn gọi là bước của chân vịt, là khoảng cách một điểm trên đầu của cánh chân vịt tịnh tiến được khi chân vịt đó quay được một vòng. Thực tế chân vịt quay trong nước sẽ có độ trượt nhất định. Vì vậy, giá trị thực dụng của bước chân vịt được tính theo công thức (1.3) [7, 11, 12].

$$\eta_c = \frac{S_c \times V_c}{75N_h} \quad (1.3)$$

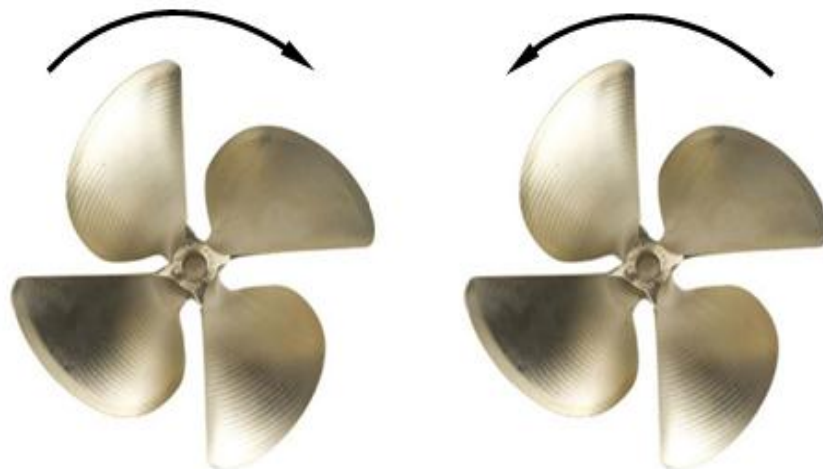
Trong đó: S_c - áp lực của nước lên chân vịt tàu thủy;

V_c - vận tốc chuyển động của chân vịt;

N_h - công suất hữu ích của máy.

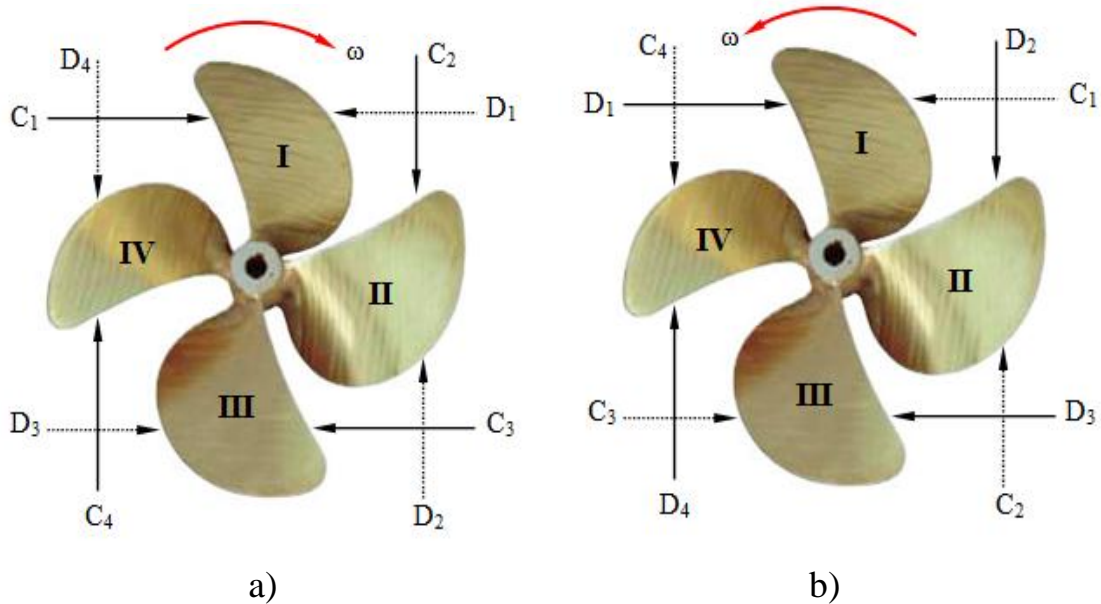
Vấn đề liên quan đến tính năng điều động tàu đó là chiều quay của chân vịt. Căn cứ chiều quay thì chân vịt có chân vịt chiều phải và chân vịt chiều trái (hình 1.14).

Chân vịt chiều phải: Là khi tàu chạy tới, người quan sát đứng sau lái nhìn về phía mũi thấy cánh chân vịt quay thuận chiều kim đồng hồ. Ngược lại, khi người quan sát quan sát từ phía lái về phía mũi tàu thấy cánh chân vịt quay theo chiều ngược kim đồng hồ khi tàu chạy tới.



Hình 1.14. Chiều quay chân vịt: a) chân vịt chiều phải, b) chân vịt chiều trái

Để thấy rõ ảnh hưởng chiều quay chân vịt tới tính năng quay trở của tàu, xét một chân vịt chiều phải 4 cánh, vị trí các cánh được đánh số lần lượt theo chiều kim đồng hồ là I, II, III, IV và các phân lực ngang do các cánh sinh ra được ký hiệu là C_1, C_2, C_3 và C_4 theo hình 1.15 [7, 12].



Hình 1.15. Thành phần phân lực ngang C và phản lực nước D sinh ra với chân vịt chiều phải: a) khi tàu chạy tới, b) khi tàu chạy lùi

Phân tích các lực tác động theo hình 1.15a, nhận xét rằng:

- Các phân lực ngang C_1 và C_3 không gây ảnh hưởng đến quay trở mà chỉ có C_2 và C_4 mới có tác dụng. Hai lực C_2 và C_4 ngược chiều nhau và có phương vuông góc với mặt phẳng trục dọc của tàu. Cánh II làm việc theo hướng sâu hơn cánh IV nên lực $C_2 > C_4$. Gọi lực tổng hợp là C , khi đó $C = C_2 - C_4$. Như vậy tổng hợp lực C cùng chiều với C_2 làm cho lái tàu dịch chuyển về phía bên trái.

- Phản lực nước tác dụng vào cánh chân vịt D_2 và D_4 không gây ảnh hưởng gì đến quay trở mà chỉ có D_1 và D_3 mới có tác dụng. Hai lực này ngược chiều nhau và có độ lớn khác nhau. Cánh III làm việc sâu hơn cánh I nên phản lực $D_3 > D_1$. Khi đó, lực tổng hợp $D = D_3 - D_1$. Như vậy tổng hợp phản lực D cùng chiều với D_3 làm cho lái tàu dịch chuyển về bên phải.

Phân tích các lực tác động theo hình 1.15b, nhận xét rằng:

- Thành phần $C_2 > C_4$ vì cánh II quay khối nước hoàn toàn đập vào hông tàu mạn phải phía trên, còn cánh IV thì một phần khối nước luồn qua ki tàu sang bên phải, phần còn lại đập vào hông tàu mạn trái. Do vậy tác dụng của tổng hợp phân lực ngang C làm mũi tàu ngả sang phải.

- Thành phần D_2 chỉ có tác dụng chìm lái tàu xuống và D_4 chỉ có tác dụng nâng lái tàu lên. Thành phần D_1 làm lái tàu ngả sang phải, D_3 làm lái tàu ngả sang trái. Vì $D_3 > D_1$ nên tổng hợp $D = D_3 - D_1$ làm cho lái tàu ngả sang trái và mũi tàu ngả sang phải.

1.2.3. Tổ hợp chân vịt - bánh lái tàu thủy

Trong khái niệm điều động tàu đã nêu rõ [7, 12], đó là sự thay đổi hướng đi hay vận tốc dưới tác dụng của bánh lái, chân vịt và các thiết bị khác nhằm tránh va an toàn, tiếp cận mục tiêu, thả neo, buộc tàu, trong nhiều hoàn cảnh và tình huống khác nhau,... Khi chân vịt làm việc sẽ tạo ra các lực thủy động tác động lên thân vỏ tàu, đồng thời tác động vào bánh lái. Mặt khác, bản thân vỏ tàu khi chuyển động cũng tạo ra dòng nước xuôi và tác động vào chân vịt. Do sự tác động tương hỗ đó, làm xuất hiện các lực ngang ảnh hưởng đến tính năng điều động của con tàu.

Tính điều khiển được: Là tính năng hàng hải của con tàu, cho phép con tàu chuyển động theo một quỹ đạo nhất định, nghĩa là tồn tại hai tính năng cơ bản: Tính ổn định trên hướng đi và tính quay trở [7, 11, 12].

Hai tính năng này có xu hướng đối lập nhau, tàu thủy có tính ổn định trên hướng đi tốt, sẽ khó khăn khi đổi hướng hoặc quay trở, nghĩa là làm giảm tính quay trở. Ngược lại, khi tàu có tính năng quay trở quá mức, sẽ gây khó khăn đến khả năng giữ hướng ổn định. Trong trường hợp này, bánh lái phải hoạt động liên tục, để đảm bảo giữ hướng.

Như vậy, chân vịt và bánh lái tàu thủy, cụ thể là tổ hợp chân vịt - bánh lái đóng vai trò then chốt trong điều khiển hướng chuyển động tàu thủy, đặc

biệt khi tàu bám theo quỹ đạo cho trước. Nghĩa là đưa ra các tổ hợp chân vịt (tương ứng với số vòng quay n) - bánh lái (tương ứng với góc bẻ lái α), hay ký hiệu là tổ hợp (n_i, α_i) , đảm bảo phù hợp nhất, sao cho thỏa mãn quỹ đạo chuyển động thật của tàu bám sát quỹ đạo cho trước, đặc biệt là khu vực hàng hải khó khăn, chật hẹp, nông cạn, trong luồng lạch,...

Hình 1.16 mô tả vị trí tổ hợp chân vịt - bánh lái của tàu M/V TAN CANG FOUNDATION, mà nghiên cứu sinh đã khảo sát thực địa khi tàu lên đà sửa chữa định kỳ tại Nhà máy Ship Marine Sài Gòn vào tháng 5/2016 [41].



Hình 1.16. Vị trí tổ hợp chân vịt - bánh lái của tàu

M/V TAN CANG FOUNDATION, khi tàu lên đà tháng 5/2016

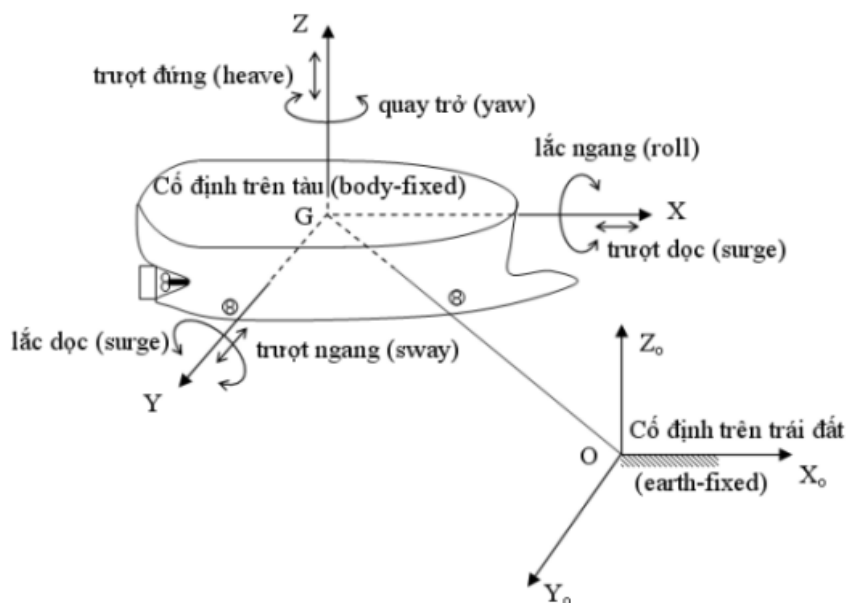
Mối quan hệ của tổ hợp chân vịt - bánh lái chặt chẽ và hữu cơ. Nằm trên mặt phẳng trục dọc của tàu, ngay phía dưới lái tàu lắp đặt chân vịt, thì bánh lái, sống lái và ki đỡ lái, sẽ tạo thành khung giá lái, với khoảng không gian để lắp chân vịt vừa đủ (hình 1.16).

Hơn nữa, khi thiết kế tàu thủy có bố trí chân vịt, thì vị trí bánh lái phía sau và ở giữa luồng nước do chân vịt đẩy ra, để làm tăng hiệu quả làm việc của bánh lái.

1.3. Cơ sở toán học về chuyển động tàu thủy

Tàu thủy là đối tượng hoạt động trên mặt nước, môi trường hoạt động phức tạp, chịu tác động các yếu tố ngẫu nhiên, như: Sóng, gió, dòng chảy,...

Động lực học tàu thủy được áp dụng bởi định luật Newton, trong đó coi tàu thủy như một vật rắn chuyển động trong môi trường chất lỏng và chuyển động của tàu thủy có 6 bậc tự do DOF (*Degress Of Freedom*) [48, 49, 57].



Hình 1.17. Thành phần chuyển động, tham số động học của chuyển động tàu thủy

Các thành phần chuyển động theo các bậc tự do được mô tả hình 1.18, gồm: Trượt dọc, trượt ngang, trượt đứng, lắc ngang, lắc dọc, lệch hướng đi, với các tham số động học được mô tả chi tiết theo bảng 1.3 [48].

Bảng 1.3. Thành phần chuyển động và tham số động học của tàu thủy

Bậc tự do	Chuyển động chính	Lực và mô men	Vận tốc tịnh tiến và vận tốc góc	Vị trí và góc Euler
1	Trượt dọc (chuyển động theo trục x)	X	u	x
2	Trượt ngang (chuyển động theo trục y)	Y	v	y

3	Trượt đứng (chuyển động theo trục z)	Z	w	z
4	Lắc ngang (quay quanh trục x)	K	p	ϕ
5	Lắc dọc (quay quanh trục y)	M	q	θ
6	Quay trở (quay quanh trục z)	N	r	ψ

Trong đó: Hệ tọa độ quán tính cố định trên Trái đất $OX_0Y_0Z_0$, có trục X_0 hướng theo phương Bắc, trục Y_0 hướng theo phương Đông và trục Z_0 hướng lên trên.

Hệ tọa độ cố định trên vật thể (tàu thủy) $GXYZ$, có trục X dọc theo chiều dọc của tàu thủy, trục Y vuông góc với mặt phẳng đối xứng và trục Z hướng lên trên.

Từ hai hệ tọa độ theo hình 1.18, có thể định nghĩa hai véc tơ theo (1.4) và (1.5) [48, 57]:

$$\eta = [n, e, d, \phi, \theta, \psi]^T \quad (1.4)$$

và:
$$v = [u, v, \omega, p, q, r]^T \quad (1.5)$$

Trong đó: n, e, d - vị trí trong hệ tọa độ ba chiều cố định trên Trái đất;

ϕ, θ, ψ - các góc Euler;

u, v, ω, p, q, r - sáu vận tốc tịnh tiến và vận tốc góc trong hệ tọa độ tàu thủy $GXYZ$, gọi là hệ tọa độ b.

Từ định nghĩa hai véc tơ, khi xét động học của tàu thủy, Fossen đã đề xuất phương pháp biểu diễn véc tơ như sau [48, 49]:

Phương trình quỹ đạo của tàu thủy trong hệ tọa độ n:

$$\dot{\eta} = J(\eta)v \quad (1.6)$$

Phương trình toán mô tả chuyển động tàu thủy ở mọi vị trí với 6 bậc tự do trong hệ tọa độ b, được thể hiện theo

$$M\dot{v} + C(v)v + D(v)v + g(v) = \tau + g_0 + w \quad (1.7)$$

Trong đó: M - ma trận quán tính (gồm cả khối lượng gia tăng);

$C(v)$ - ma trận ly tâm Coriolis (gồm cả khối lượng gia tăng), là thành phần do ảnh hưởng của chuyển động của Trái đất;

$D(v)$ - ma trận giảm lắc;

$g(v)$ - véc tơ các lực và mô men hấp dẫn, lực và mô men nổi;

τ - véc tơ tín hiệu điều khiển (bánh lái, chân vịt,...);

g_0 - véc tơ dùng để dẫn tàu (điều khiển ballast);

w - véc tơ nhiễu do môi trường (gió, sóng và dòng chảy).

Đối với tàu thủy chuyển động trên mặt nước, thường được giới hạn trong 4 chuyển động: Trượt dọc, trượt ngang, quay trở (đây là 3 chuyển động trong mặt phẳng nằm ngang) và lắc ngang. Với giả thiết là tàu đối xứng qua mặt phẳng XGZ, gốc tọa độ nằm ở trọng tâm tàu và khối lượng của tàu tập trung tại trọng tâm, bốn phương trình chuyển động điều động của tàu được biểu diễn như sau [48, 49, 57]:

$$m\dot{u} - mvr = X \quad (1.8)$$

$$m\dot{v} - mur = Y \quad (1.9)$$

$$I_{zz} \dot{r} = N \quad (1.10)$$

$$I_{xx} \ddot{\phi} = K \quad (1.11)$$

Trong đó: m - khối lượng tàu;

I_{zz}, I_{xx} - mô men quán tính quanh trục z và trục x;

u, v - vận tốc trượt dọc và trượt ngang của tàu;

r - vận tốc quay trở;

ϕ - góc lắc ngang;

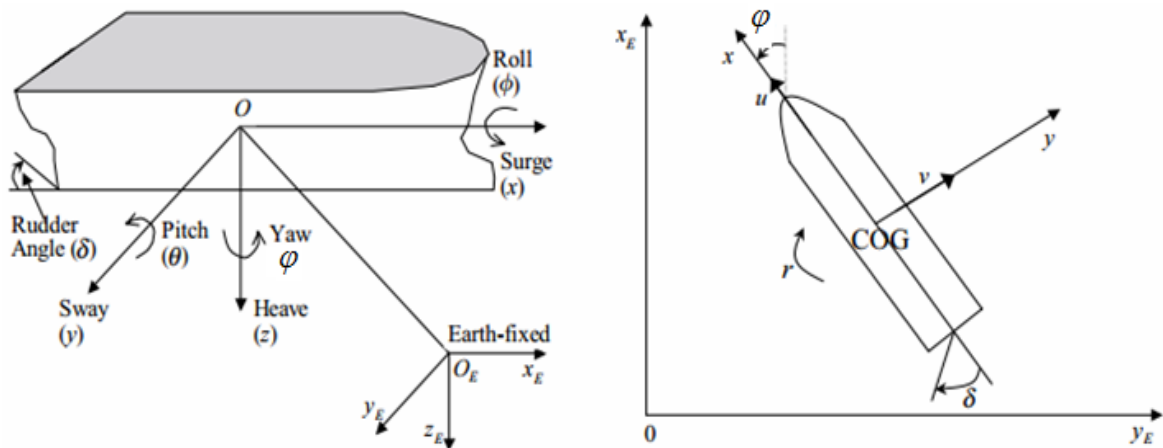
X, Y, N, K - thứ tự là lực và mô men tác dụng lên tàu (gồm lực và mô men phát động chân vịt, lực và mô men thủy động học tương tác giữa chân vịt, bánh lái với vỏ tàu, lực và mô men do bánh lái và các ngoại lực).

Phương trình biểu diễn quỹ đạo chuyển động của tàu thủy (trọng tâm của tàu) trong mặt phẳng ngang như sau [48, 49, 57]:

$$X_{pos} = u \cos \psi - v \sin \psi \quad (1.12)$$

$$Y_{pos} = u \sin \psi + v \cos \psi \quad (1.13)$$

Trong đề tài luận án, với giới hạn tàu thủy chuyển động trong luồng hàng hải, nên coi như chuyển động của tàu thủy xét trong mặt phẳng ngang (hình 1.18), được đặc trưng bởi các thành phần: Trượt dọc (u), trượt ngang (v), quay trở (ψ), coi thành phần lắc ngang, lắc dọc, trượt đứng trong trường hợp này bằng không.



Hình 1.18. Thành phần chuyển động, tham số động học của chuyển động tàu thủy trong mặt phẳng nằm ngang

Do bỏ qua các thành phần lắc ngang, lắc dọc, trượt đứng do đó phương trình (1.7) khi đó trở thành [48].

$$M\dot{v} + C(v)v + D(v)v = \tau \quad (1.14)$$

Khi tối thiểu hoá các thành phần bậc tự do không xét tới trong mặt phẳng ngang, nhận được (1.15).

$$J(\eta) = \begin{bmatrix} \cos \varphi & -\sin \varphi & 0 \\ \sin \varphi & \cos \varphi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (1.15)$$

Do chỉ xét các thành phần chuyển động trong mặt phẳng ngang nên mômen quán tính $I_{xy} = I_{yz} = 0$, vậy ma trận M_{RB} , M_A và M tính như sau [48]:

$$M_{RB} = \begin{bmatrix} m & 0 & 0 \\ 0 & m & mx_g \\ 0 & mx_g & I_z \end{bmatrix}, \quad M_A = \begin{bmatrix} -X_u & 0 & 0 \\ 0 & -Y_u & -Y_r \\ 0 & -Y_r & -N_r \end{bmatrix}$$

$$M = M_{RB} + M_A = \begin{bmatrix} m - X_u & 0 & 0 \\ 0 & m - Y_v & mx_g - Y_r \\ 0 & mx_g - Y_r & I_z - N_r \end{bmatrix} \quad (1.16)$$

Ma trận Coriolis khi xét trong mặt phẳng ngang được tính theo (1.17).

$$C(v) = \begin{bmatrix} 0 & 0 & -(m - Y_v)v - (mx_g - Y_r)r \\ 0 & 0 & -(m - Y_u)u \\ (m - Y_v)v + (m - Y_r)r & -(m - Y_u)u & 0 \end{bmatrix} \quad (1.17)$$

Ma trận do dao động lắc khi xét trong mặt phẳng ngang được tính theo (1.18).

$$D(v) = \begin{bmatrix} -X_u & 0 & 0 \\ 0 & -Y_v & -Y_r \\ 0 & -N_v & -N_r \end{bmatrix} \quad (1.18)$$

Thay công thức từ (1.15) đến (1.18) vào (1.14), nhận được phương trình mô tả chuyển động tàu thủy xét trong mặt phẳng ngang như (1.19) [48, 49]:

$$\begin{bmatrix} m-X_u & 0 & 0 \\ 0 & m-Y_v & mx_G - Y_r \\ 0 & mx_G - Y_r & I_z - N_r \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{u} \\ \dot{v} \\ \dot{r} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -X_u & 0 & (m-Y_v)v - (mx_G - Y_r)r \\ 0 & -Y_v & (m-Y_u)u - Y_r \\ (m-Y_v)v + (m-Y_r)r & (m-Y_u)u - N_v & -N_r \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u \\ v \\ r \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} \quad (1.19)$$

Nhận xét rằng: Việc xây dựng mô hình toán chuyển động tàu thủy xét trong mặt phẳng ngang thuận tiện việc đưa ra bài toán khảo sát chuyển động tàu thủy theo hướng và quỹ đạo cho trước, hoàn toàn phù hợp với đối tượng và phạm vi nghiên cứu của luận án.

1.4. Giới hạn vấn đề nghiên cứu của luận án

Nghiên cứu sinh lựa chọn và sử dụng tàu container M/V TAN CANG FOUNDATION, trọng tải 7040 MT, có 01 chân vịt chiều phải, chạy chuyên tuyến Hải Phòng - Sài Gòn và ngược lại, để thực hiện nghiên cứu thực nghiệm trên thực địa tuyến luồng Hải Phòng. Hồ sơ liên quan đến vấn đề nghiên cứu của M/V TAN CANG FOUNDATION cho trong Phụ lục 1 [35].

Theo Fossen một vật thể chuyển động trong môi trường chất lỏng, phương trình tổng quát với sáu bậc tự do [48, 49, 57]. Do đối tượng tàu M/V TAN CANG FOUNDATION được nghiên cứu sinh lựa chọn, tương đương với chuyển động trên mặt phẳng nằm ngang có thể lược bớt và xét với ba bậc tự do. Đồng thời giới hạn tàu thủy chỉ tác động của dòng chảy (dòng triều, dòng do thủy triều gây ra) và không xét đến ảnh hưởng của các yếu tố khác, chẳng hạn: Sóng, gió, độ sâu luồng,...

- Hơn nữa, do đặc điểm của tuyến luồng hàng hải Hải Phòng, các đoạn luồng dẫn tàu vào cảng chính khá nông, hạn chế mớn nước, nên đối với tàu thủy có trọng tải tương đương khoảng 7.000 MT, dễ dàng ra vào cập cầu tại

cảng chính Hải Phòng. Vì vậy, nghiên cứu sinh giới hạn tập trung vào 4 khu vực có nguy cơ tiềm ẩn mất an toàn hàng hải cao của tuyến luồng.

Tóm lại: Giới hạn của đề tài luận án là nghiên cứu với đối tượng tàu thủy, trọng tải khoảng 7.000 MT chuyển động trên mặt phẳng nằm ngang (với 3 bậc tự do), có 01 chân vịt, chiều quay chân vịt là chiều phải, hành trình qua các khu vực tiềm ẩn nhiều nguy cơ mất an toàn hàng hải trên tuyến luồng Hải Phòng và tàu chỉ chịu tác động của dòng triều.

1.5. Kết luận chương 1

Chương 1 tập trung nghiên cứu tổng quan về tuyến luồng hàng hải Hải Phòng và cơ sở lý luận tổ hợp chân vịt - bánh lái tàu thủy, đạt được kết quả cơ bản sau:

- Hệ thống hóa cơ sở lý luận về tuyến luồng hàng hải Hải Phòng, đã phân tích và đánh giá chi tiết về đặc điểm tuyến luồng, hệ thống phao, tiêu báo hiệu và hệ thống hỗ trợ an toàn hàng hải, đặc điểm hoạt động hàng hải trên tuyến luồng. Đặc biệt đã khảo sát, phân tích và đánh giá đặc điểm của 4 khu vực tiềm ẩn nhiều nguy cơ tai nạn hàng hải trên tuyến luồng hàng hải Hải Phòng. Với kết quả đạt được này, là cơ sở quan trọng để nghiên cứu sinh tiếp tục thực hiện mục đích nghiên cứu trong các chương tiếp theo;

- Hệ thống hóa cơ sở lý luận về tổ hợp tương tác chân vịt - bánh lái tàu thủy, tập trung vào tác động của dòng nước sinh ra do chân vịt hoạt động, phân tích lực lên chân vịt, bánh lái và ảnh hưởng của chân vịt và bánh lái đến điều động tàu thủy;

- Hệ thống hóa cơ sở toán học về chuyển động tàu thủy, tập trung đối tượng là tàu thủy chuyển động trên mặt phẳng nằm ngang;

- Giới hạn cụ thể vấn đề nghiên cứu trong đề tài luận án.

CHƯƠNG 2. TÍNH TOÁN MÔ PHỎNG ĐỘNG LỰC HỌC DÒNG CHẢY SAU CHÂN VỊT VÀ TƯƠNG TÁC BÁNH LÁI TÀU THỦY

Để giải quyết một phần của mục đích nghiên cứu của đề tài luận án, chương 2 nghiên cứu sinh tập trung giải quyết các vấn đề sau:

- Lý thuyết về dòng chảy bao quanh chân vịt và bánh lái tàu thủy;
- Xây dựng mô hình nghiên cứu và cơ sở toán học;
- Xây dựng quy trình thực hiện tính toán mô phỏng;
- Ứng dụng CFD tính toán mô phỏng, từ đó phân tích, đánh giá kết quả.

2.1. Dòng chảy bao quanh chân vịt và bánh lái

2.1.1. Lý thuyết về dòng chảy [3, 6, 10]

Chất lỏng chuyển động là một môi trường liên tục, được tạo bởi các phần tử chất lỏng chuyển động tạo nên. Mỗi phần tử chất lỏng được đặc trưng bởi các đại lượng cơ bản của sự chuyển động, gọi là yếu tố chuyển động, phụ thuộc vào: Vận tốc (V), áp suất (P), khối lượng riêng (ρ),...

Do chất lỏng là một môi trường liên tục, nên các yếu tố chuyển động đều là hàm số liên tục trong hệ tọa độ không gian và thời gian, cụ thể:

$$V = V(x, y, z, t);$$

$$P = P(x, y, z, t);$$

$$\rho = \rho(x, y, z, t)$$

Tuy nhiên, ứng dụng động lực học dòng chảy trong khoa học hàng hải, thường xét đến hai yếu tố là vận tốc và áp suất, còn yếu tố khối lượng riêng coi như không đổi vì coi chất lỏng như không nén được.

Khi coi chất lỏng là lý tưởng, tức là không có tính nhớt, thì áp suất P hướng theo pháp tuyến của mặt tác dụng. Đối với chất lỏng thực, tức là tồn tại tính nhớt hay độ nhớt, khi đó áp suất P cũng hướng vào mặt tiếp xúc, nhưng xiên góc với phương pháp tuyến, vì lúc này giá trị P là tổng hợp của ứng suất pháp tuyến và ứng suất tiếp tuyến do lực nhớt gây ra.

Tại một vị trí nhất định trong lòng chất lỏng chuyển động, ở một thời điểm nhất định, vận tốc của một phần tử chất lỏng đo được gọi là vận tốc tức thời (kí hiệu V). Riêng đối với dòng chảy rối, vận tốc điểm tức thời này luôn thay đổi về hướng và trị số, nên thường thay bằng giá trị trung bình trong một thời gian T nhất định gọi là vận tốc trung bình thời gian:

$$V_{tb} = \frac{1}{T} \int_0^T V(t) dt \quad (2.1)$$

Trạng thái cơ bản của dòng chảy là chảy tầng và chảy rối:

- Dòng chảy tầng: Là khi chất lỏng chảy thành từng tầng lớp riêng biệt;
- Dòng chảy rối: Là khi chất lỏng chảy không tuân theo một trật tự nào, vì thế việc mô tả dòng rối là rất phức tạp.

Để phân biệt hai trạng thái chảy tầng và chảy rối, dựa vào số Rây-nôn (ký hiệu R_e), tính theo công thức [3, 6, 29]:

$$R_e = \frac{V_{tb} \cdot L}{\nu} \quad (2.2)$$

Trong đó: V_{tb} - vận tốc trung bình dòng chảy (m/s);

L - chiều dài đặc trưng (m);

ν - hệ số nhớt động học (m^2/s);

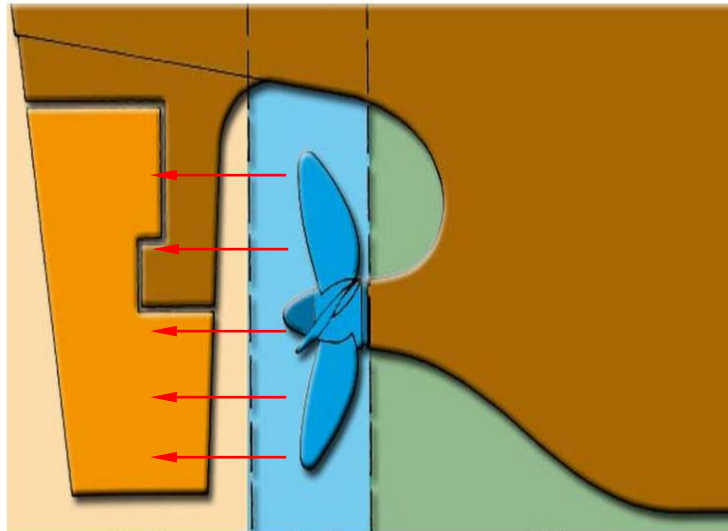
Khi $R_e > R_{\text{giới hạn}}$ thì được gọi là trạng thái chảy rối và thực tế phần lớn các dòng chảy khảo sát là dòng rối.

2.1.2. Dòng chảy sau chân vịt - bánh lái

Lực tác động lên bánh lái để thay đổi hướng đi tàu thủy (lực bẻ lái), được hình thành do sự chênh áp suất giữa hai bề mặt bánh lái tàu thủy. Lực này phụ thuộc vào diện tích mặt tiếp xúc của bánh lái, góc bẻ bánh và vận tốc dòng chảy bao quanh bánh lái.

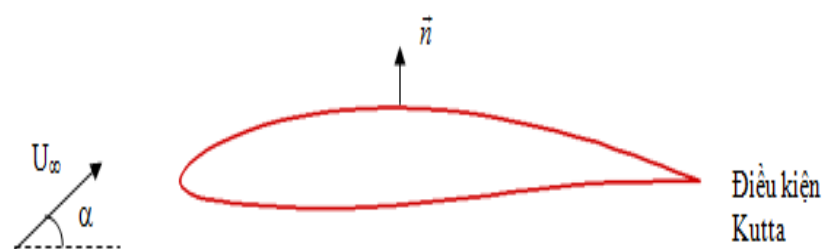
Khi tàu thủy hoạt động, với diện tích mặt tiếp xúc của bánh lái là cố định, lúc này lực bẻ lái phụ thuộc vào hai thông số là vận tốc dòng chảy bao quanh bánh lái và góc bẻ lái. Vận tốc dòng chảy bao quanh bánh lái chính là vận tốc dòng sau chân vịt, phụ thuộc chặt chẽ vào số vòng quay chân vịt (ký

hiệu là n_i). Nếu gọi góc bẻ lái là α_i thì tổ hợp (n_i, α_i) sẽ quyết định độ lớn của lực bẻ lái tàu thủy (ký hiệu R). Hình 2.1 mô tả dòng chảy bao quanh bánh lái tàu thủy.



Hình 2.1. Mô hình dòng chảy bao quanh chân vịt - bánh lái tàu thủy

Mặt khác, dòng chảy sau chân vịt bao quanh bánh lái và sự hình thành lực bẻ lái ở các góc quay bánh lái khác nhau, có thể thu gọn về bài toán dòng chảy bao chân vịt và bánh lái, hay dòng chảy bao quanh profil cánh nói chung, mô tả theo hình 2.2 [13, 18, 23, 63, 65].



Hình 2.2. Mô hình bài toán dòng chảy bao chân vịt và bánh lái tàu thủy

Trong đó: U_∞ - vận tốc dòng tới (vận tốc dòng chảy sau chân vịt);
 α - góc bẻ lái (độ).

Các thông số làm việc của profil như hệ số áp suất, hệ số lực nâng, hệ số lực cản,... được xác định theo các công thức sau [6, 8, 13, 16]:

$$\text{Hệ số áp suất: } C_p = \frac{1-V^2}{U_\infty^2} \quad (2.3)$$

$$\text{Hệ số lực nâng: } C_L = \frac{\Gamma}{\frac{1}{2}U_\infty c} \quad (2.4)$$

$$\text{Với } \Gamma \text{ là lưu số vận tốc: } \Gamma = \frac{L}{\rho U_\infty}$$

Trong đó: L - lực bề lái hay lực nâng (N/m²);

ρ - khối lượng riêng của chất lỏng (kg/m³);

c - chiều dài dây cung (m).

Với toàn cánh có diện tích làm việc là S, khi đó lực bề lái được xác định theo công thức:

$$L = 0,5.C_L.\rho.U_\infty^2.S \quad (2.5)$$

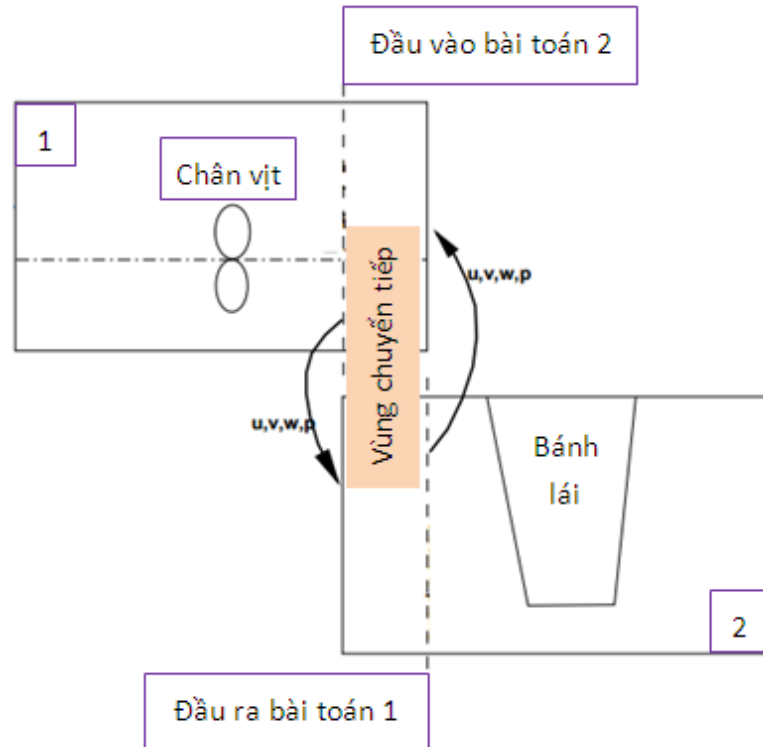
Đây được gọi là bài toán nghịch (bài toán ngược), tức là khi đã có biên dạng profil, cần tìm các thông số làm việc thỏa mãn. Hơn nữa, đây chính là dạng bài toán được nghiên cứu sinh quan tâm, nghiên cứu và sử dụng trong đề tài luận án. Đối với bài toán thuận là cần thiết kế biên dạng profil phù hợp, sao cho thỏa mãn các điều kiện làm việc đặt ra.

Về vấn đề này có nhiều phương pháp mà các tác giả đã công bố: Phương pháp tương tự hình học (đồng dạng), phương pháp một tọa độ, phương pháp lực nâng, phương pháp phương trình tích phân của Voznheexenski - Pekin, phương pháp phân bố xoáy của Lexokhin - Ximonov, phương pháp các điểm kỳ dị của Lexokhin,...

2.2. Xây dựng mô hình nghiên cứu và cơ sở toán học

2.2.1. Mô hình nghiên cứu

Nghiên cứu sinh thực hiện xây dựng mô hình nghiên cứu, đây là mô hình chung, phù hợp tất cả tàu thủy và mô tả theo hình 2.3 [8, 24, 50, 65].



Hình 2.3. Mô hình nghiên cứu “vùng chuyển tiếp” chân vịt và bánh lái

Phân tích mô hình nghiên cứu theo hình 2.3:

- Thực chất của vấn đề là thực hiện bài toán động lực học dòng chảy bao quanh chân vịt tàu thủy, chú trọng việc xác định trường phân bố các đại lượng, như: Vận tốc, áp suất, cường độ rối,... đặc biệt tập trung nghiên cứu và quan tâm đến đại lượng trường phân bố vận tốc ở đầu ra, gọi là các đại lượng đầu ra (đây là bài toán 1). Qua mặt (hay vùng) chuyển tiếp tương tác giữa chân vịt và bánh lái tàu thủy, các đại lượng đặc trưng đầu ra (bài toán 1), chính là đầu vào bài toán dòng chảy bao quanh bánh lái và ảnh hưởng trực tiếp tới hiệu quả biến đổi năng lượng của dòng chảy thành lực bẻ lái (đây chính là bài toán 2).

- Nghiên cứu sinh sẽ tập trung nghiên cứu, tính toán mô phỏng để làm rõ các đại lượng đặc trưng trong vùng chuyển tiếp, đặc biệt nghiên cứu đại lượng giá trị vận tốc trung bình dọc trục. Phân tích và đánh giá sự ảnh hưởng của các đại lượng này. Trên cơ sở đó đưa ra các khuyến cáo đối với việc vận hành tổ hợp chân vịt - bánh lái tàu thủy.

2.2.2. Cơ sở toán học

Chất lỏng chuyển động liên tục, nghĩa là trong môi trường chất lỏng chuyển động không hình thành những vùng không gian trống không, không chứa chất lỏng.

Tính chất liên tục này, có thể biểu thị bởi biểu thức toán học gọi là phương trình liên tục [3, 6, 10, 29], cụ thể như sau:

Phương trình liên tục, mô tả quỹ đạo chuyển động phần tử chất lỏng:

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad (2.6)$$

Phương trình Navier - Stokes, mô tả chuyển động phần tử chất lỏng:

$$\frac{d\vec{V}}{dt} = \vec{F} - \frac{1}{\rho} \text{grad}p + \nu \Delta \vec{V} \quad (2.7)$$

Trong đó: $\vec{v}(u, v, w)$ - véc tơ vận tốc tuyệt đối của phần tử lỏng khảo sát;

\vec{F} - lực khối đơn vị (m/s^2);

ρ - khối lượng riêng của chất lỏng (kg/m^3);

ν - hệ số nhớt động học (m^2/s);

P - áp suất (N/m^2);

Δ - toán tử Laplace.

Phương trình xác định lực đẩy chân vịt tàu thủy có dạng [13]:

$$T = \rho \cdot n^2 \cdot D^4 \left(\frac{V_p}{nD} \right)^c \left(\frac{\eta}{\rho n D^2} \right)^f \left(\frac{p_0 - e}{\rho n^2 D^2} \right)^g \quad (2.8)$$

Trong đó: D - đường kính chân vịt (m);

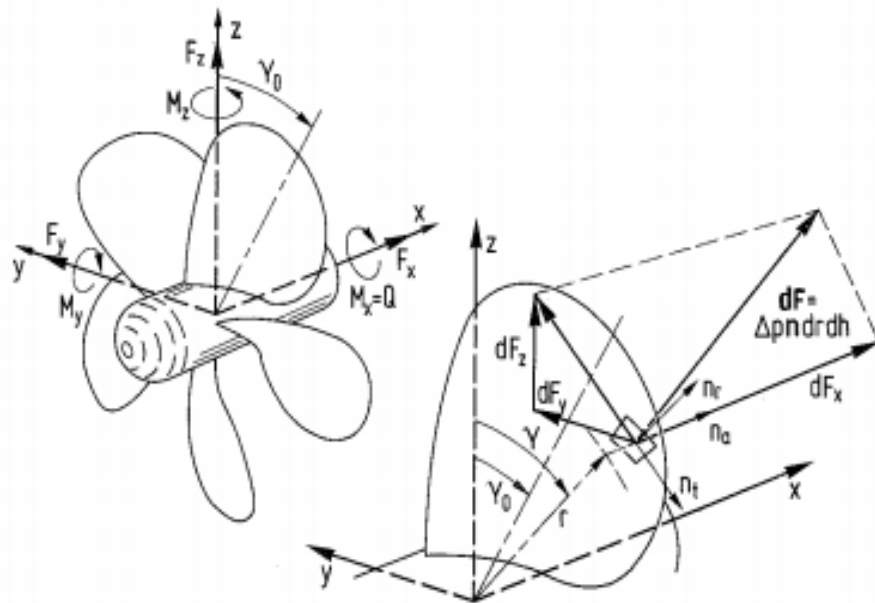
V_p - vận tốc tiến của tàu (knot, m/s);

n - số vòng quay chân vịt (vòng/phút, rpm);

ρ - khối lượng riêng của chất lỏng;

μ - hệ số nhớt động lực học;

$(p_0 - e)$ - áp suất tĩnh trên trục chân vịt (N/m^2).



Hình 2.4. Lực và mô men tác động lên chân vịt tàu thủy

Hệ số lực đẩy:
$$K_T = \frac{T}{\rho \cdot n^2 \cdot D^4} \quad (2.9)$$

Hệ số tiến:
$$J = \frac{V_p}{n \cdot D} \quad (2.10)$$

Số Reynolds:
$$R_e = \frac{\rho n D^2}{\eta} \quad (2.11)$$

Số xâm thực:
$$\sigma_0 = \frac{p_0 - e}{\frac{1}{2} \rho n^2 D^2} \quad (2.12)$$

Hệ số mô men quay:
$$K_Q = \frac{Q}{\rho \cdot n^2 \cdot D^5} \quad (2.13)$$

Từ (2.9) ÷ (2.12) kết hợp với (2.8) và (2.13), nhận được:

Lực đẩy có dạng:
$$T = K_T \rho \cdot n^2 \cdot D^4 \quad (2.14)$$

Mô men quay:
$$Q = K_Q \rho \cdot n^2 \cdot D^5$$

Công suất cần thiết để quay chân vịt:
$$P = \frac{Q \cdot \omega}{75} = \frac{2\pi}{75} K_Q \rho n^3 D^5 \quad (2.15)$$

Hiệu suất làm việc của chân vịt:
$$\eta_p = \frac{K_T}{K_Q} \frac{J}{2\pi} \quad (2.16)$$

Để thực hiện việc tính toán mô phỏng trong đề tài luận án nghiên cứu sinh sử dụng chương trình CFD với phần mềm chuyên dụng Fluent - Ansys

[8, 9, 64], để tính toán mô phỏng.

Phương pháp sử dụng là “thể tích hữu hạn” được thể hiện qua các bước cụ thể sau:

- Sử dụng lưới chia mô hình thành các thể tích hữu hạn, rời rạc;
- Tích phân các phương trình theo từng thể tích hữu hạn, để xây dựng các phương trình đại số cho các biến độc lập như vận tốc, áp suất, nhiệt độ cũng như các đại lượng vô hướng khác;
- Tuyến tính hoá các phương trình rời rạc và giải hệ phương trình tuyến tính.

Fluent - Ansys thực hiện tiến hành giải trên từng vòng lặp với điều kiện hội tụ đặt trước. Tùy thuộc mô hình bài toán với độ phức tạp khác nhau, vấn đề chia lưới được xử lý ra sao và việc đặt điều kiện biên đã bám sát điều kiện thực tế hay không, sẽ quyết định đến độ chính xác của bài toán.

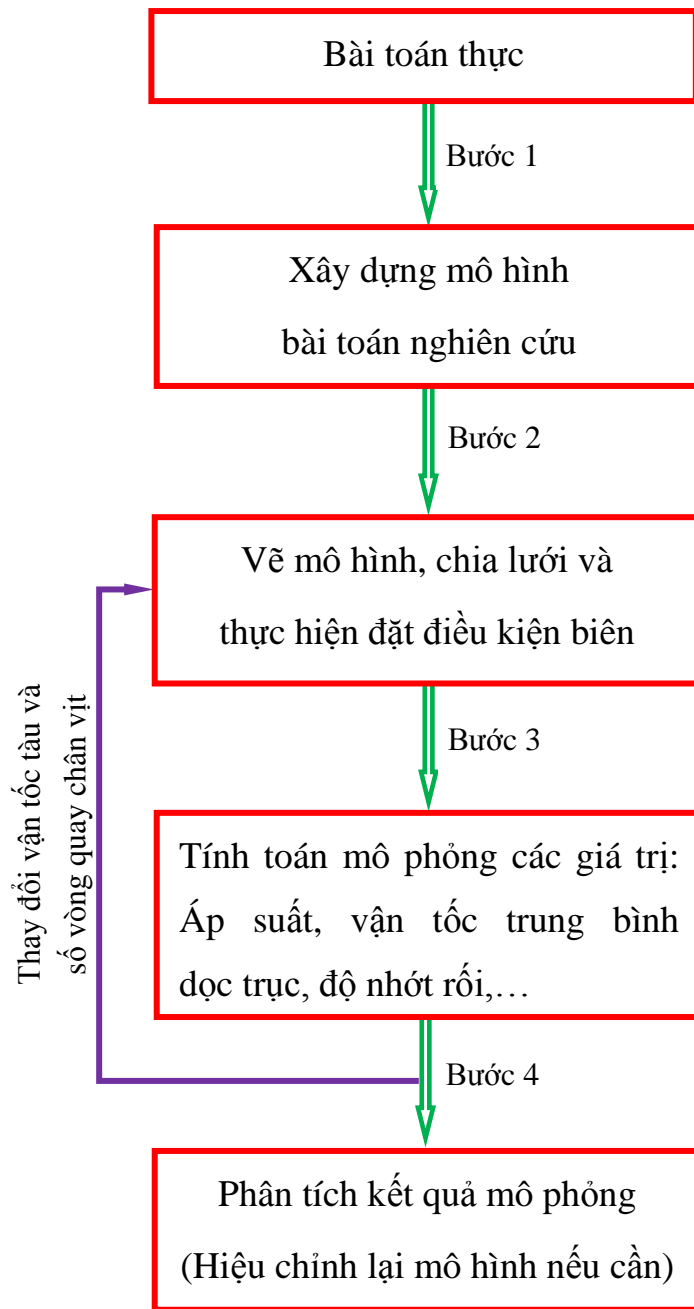
Fluent - Ansys có khả năng thích ứng khá rộng, có thể chọn nhiều cách giải quyết khác nhau, do đó sự đúng đắn của bài toán cũng cần được kiểm nghiệm.

2.3. Xây dựng quy trình và phương án thực hiện tính toán mô phỏng

Nghiên cứu sinh tập trung xây dựng quy trình tính toán mô phỏng, thông qua việc đưa ra chi tiết các bước tính toán mô phỏng. Đồng thời đưa ra các phương án thực hiện tính toán mô phỏng cho các bài toán cụ thể cần phải giải quyết.

2.3.1. Xây dựng quy trình tính toán mô phỏng

Quy trình tính toán mô phỏng, được nghiên cứu sinh xây dựng mô tả theo hình 2.5, với 4 bước cụ thể như sau:



Hình 2.5. Sơ đồ quy trình thực hiện tính toán mô phỏng

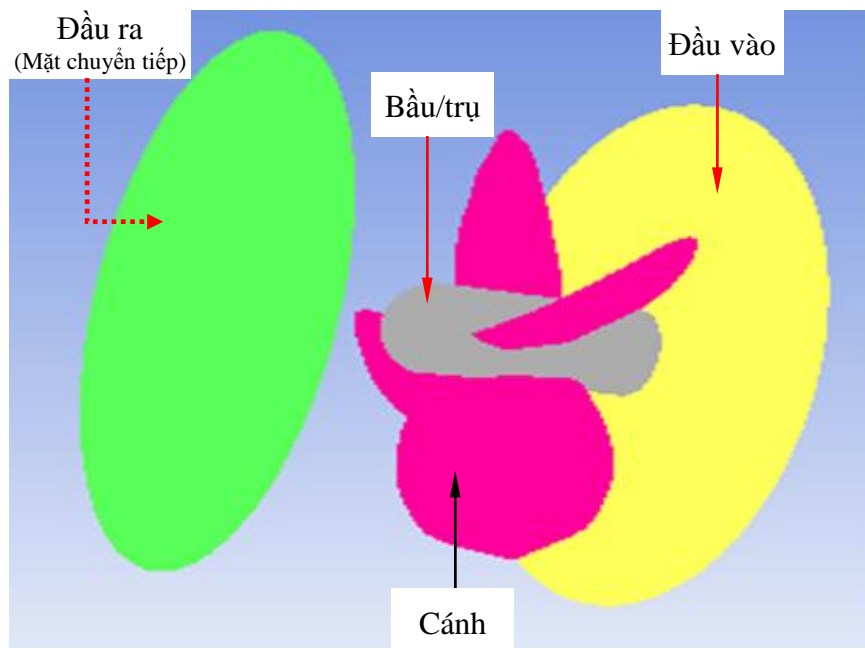
Trên cơ sở hình 2.5, phân tích cụ thể 4 bước thực hiện như sau:

Bước 1: Xây dựng mô hình tính toán

Sử dụng phần mềm chuyên dụng Solidwork để xây dựng mô hình bài toán nghiên cứu. Đây là phần thiết kế cơ khí 3D, chạy trên hệ điều hành Windows, có những tính mở và tính tương thích của mình. Phần mềm Solidworks cho phép nhiều phần mềm ứng dụng khác chạy trực tiếp trên môi

trường của nó, đang được các nhà nghiên cứu, kỹ sư, nhà thiết kế, chế tạo,... ứng dụng rộng rãi trên thế giới.

Nghiên cứu sinh lựa chọn số liệu đồng dạng từ M/V TAN CANG FOUNDATION, thực hiện xây dựng bản vẽ 3D chân vịt M/V TAN CANG FOUNDATION, bằng phần mềm Solidwork, với tỷ số đồng dạng hình học là $k = 10$, kết quả nhận được theo hình 2.6.



Hình 2.6. Tính toán mô phỏng bản vẽ 3D chân vịt của mô hình tính toán

Các số liệu cần thiết liên quan đến việc xây dựng bản vẽ 3D chân vịt tàu M/V TAN CANG FOUNDATION tham khảo trong Phụ lục 1.

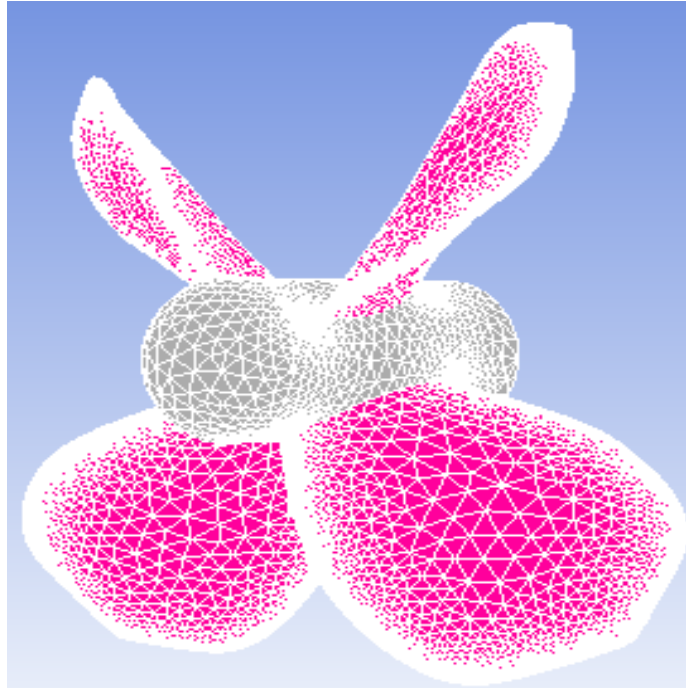
Bước 2: Vẽ mô hình, chia lưới và đặt điều kiện biên

Để thực hiện chia lưới cho mô hình tính toán, nghiên cứu sinh sử dụng và triển khai trên phần mềm Workbench.

Để triển khai thực hiện tốt, đòi hỏi phải có máy tính chuyên dụng công nghiệp với cấu hình rất cao. Bởi vì, cấu hình máy tính sử dụng là yếu tố quan trọng để quyết định độ mịn của lưới cho phù hợp. Mặt khác, độ chính xác của bài toán phụ thuộc rất nhiều vào vấn đề chia lưới, đặc biệt với điều kiện biên khá phức tạp của bài toán. Trong mô hình tính toán này, kết quả nhận được và

sử dụng là 1,4 triệu ô lưới (hình 2.7).

Phần mềm sử dụng sẽ đảm bảo tính năng chia ô lưới dạng tam giác và tự động tối ưu kích thước theo biên dạng hình học của mô hình cần tính toán.



Hình 2.7. Kết quả chia lưới trên cánh và bầu chân vịt của mô hình tính toán

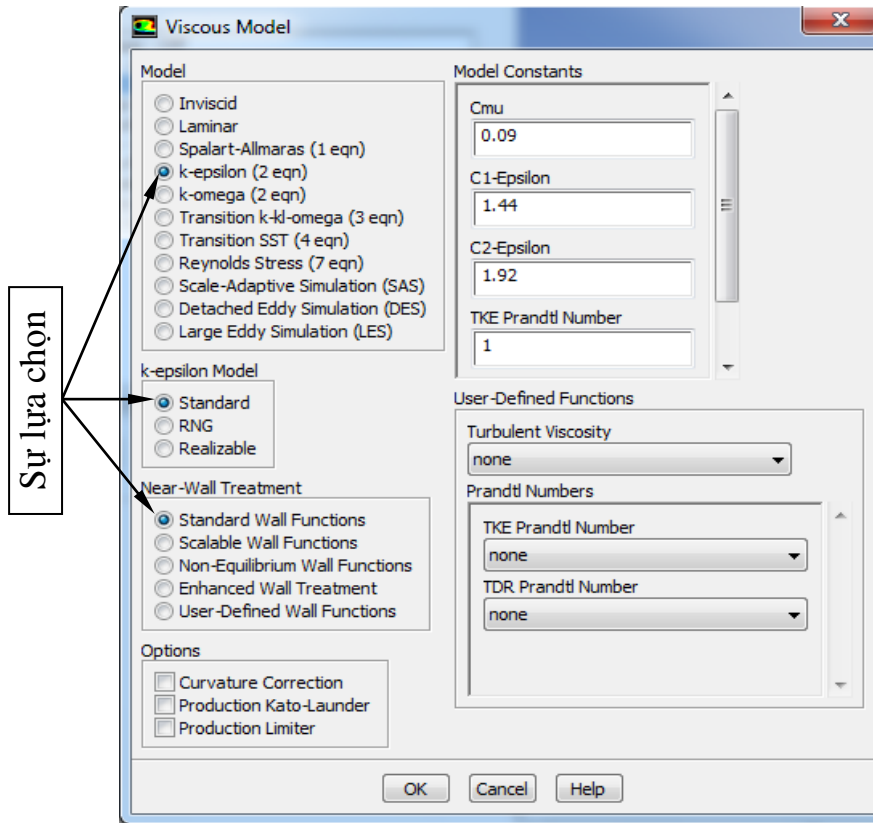
Điều kiện biên được đặt ở đây là:

- Đầu vào: Giá trị vận tốc, đã được tính toán trước;
- Đầu ra: Áp suất tĩnh (giá trị được tính theo vị trí đặt chân vịt);
- Bầu và cánh: Được đặt là tường chuyển động quay với số vòng quay theo các trường hợp tính toán mô phỏng.

Bước 3: Tính toán mô phỏng các giá trị bằng Fluent - Ansys, gồm: Áp suất, vận tốc trung bình dọc trục, độ nhớt rối,...

Kỹ thuật tính toán mô phỏng được lựa chọn là $(k - \epsilon)$ trong Fluent - Ansys, cho khối chất lỏng quay quanh một trục, với các số vòng quay khác nhau, theo hình 2.8.

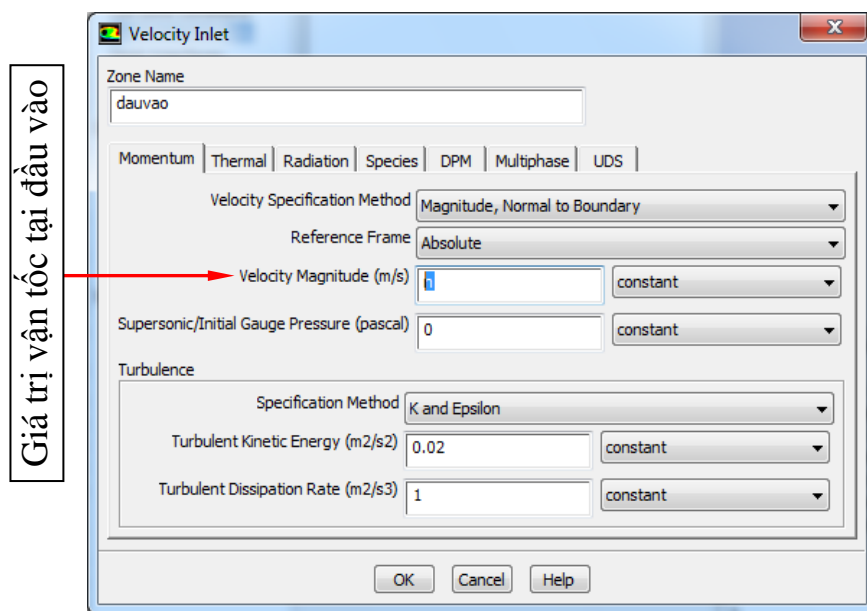
Một số cửa sổ chính được sử dụng để nạp số liệu tính toán theo trình tự sau:



Hình 2.8. Cửa sổ chính phương pháp tính toán bằng Fluent - Ansys

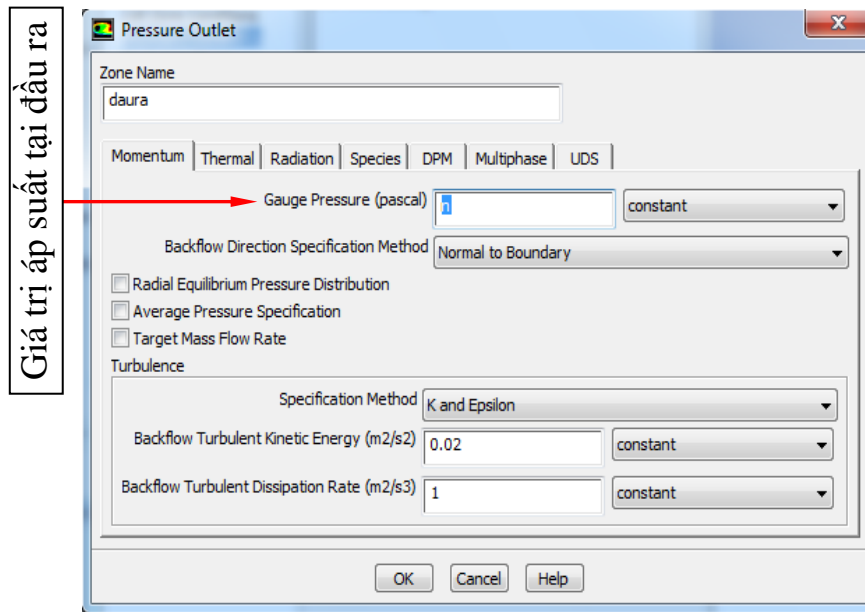
Các điều kiện biên được thể hiện qua một số cửa sổ sau:

Đầu vào: Là giá trị trường vận tốc, các giá trị này đã được tính toán trước, dựa theo số liệu chân vịt và số vòng quay tính toán và mô tả theo hình 2.9.



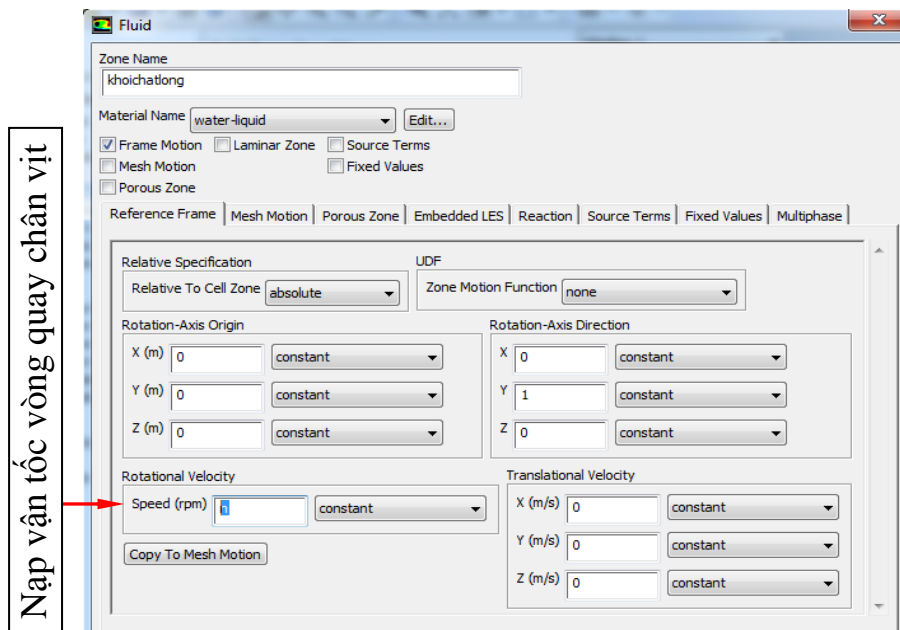
Hình 2.9. Cửa sổ thể hiện đưa giá trị vận tốc tại đầu vào

Đầu ra: Là giá trị áp suất, phụ thuộc vào vị trí đặt chân vịt, theo số liệu tính toán và được mô tả theo hình 2.10.



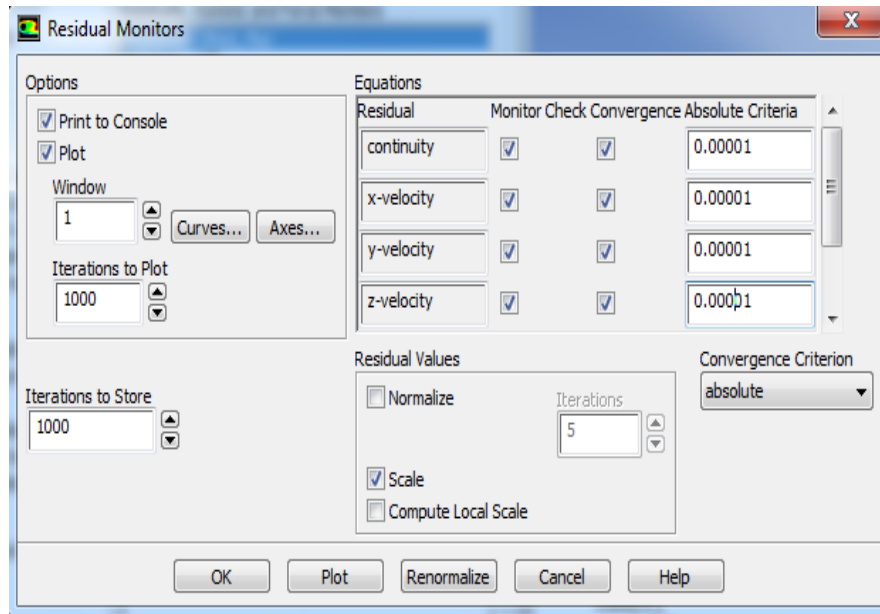
Hình 2.10. Cửa sổ thể hiện giá trị áp suất tại đầu ra

Số vòng quay và vận tốc: Số vòng quay chân vịt, cũng như vận tốc được nạp vào qua cửa sổ theo hình 2.11, cần chú ý tới chiều quay, đơn vị đo, như hệ tọa độ sử dụng để vẽ mô hình, khi đưa giá trị số vòng quay và vận tốc.



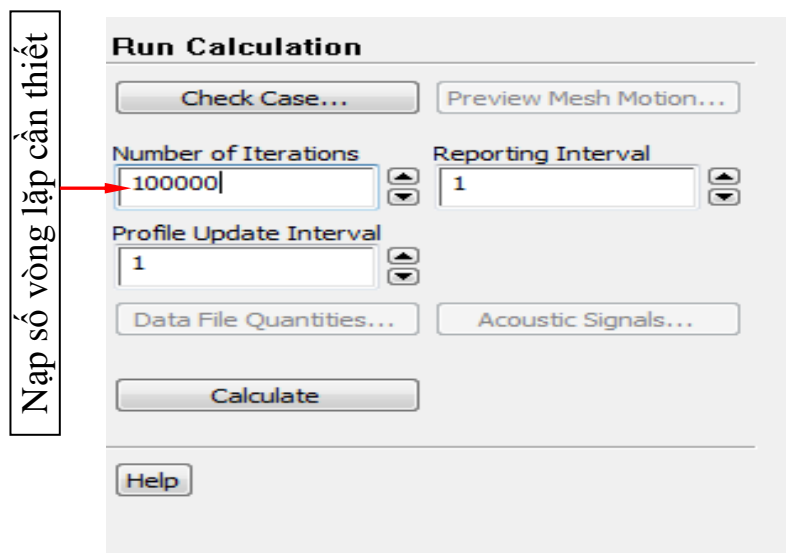
Hình 2.11. Cửa sổ thể hiện giá trị vận tốc vòng quay chân vịt

Điều kiện hội tụ cho các biến tính toán: Được đặt là 10^{-5} và ghi lại diễn biến sai số trong suốt quá trình tính toán, theo hình 2.12.



Hình 2.12. Đặt điều kiện hội tụ cho các biến tính toán

Số vòng lặp: Fluent - Ansys giải trên từng vòng lặp và bài toán sẽ hội tụ, khi sai số của tất cả biến đạt dưới 10^{-5} , do đó thông thường cho số vòng lặp đủ lớn, theo hình 2.13.



Hình 2.13. Đặt số vòng lặp cho giai đoạn tính toán

Bước 4: Phân tích kết quả tính toán mô phỏng

Fluent - Ansys là phần mềm bán thực nghiệm, độ chính xác của bài toán phụ thuộc rất nhiều vào người sử dụng. Đặc biệt là mô hình hóa bài toán

thực và việc đưa vào giá trị các hằng số thực nghiệm.

Điều này đòi hỏi người sử dụng am hiểu phần mềm, hiểu rõ về bản chất bài toán, để có thể phân tích và đánh giá được tính phù hợp với lý thuyết của kết quả tính toán mô phỏng. Từ đó đưa ra các phương án khác nhau nhằm nâng cao độ chính xác. Bước này nếu cần có thể hiệu chỉnh lại mô hình nghiên cứu.

2.3.2. Phương án thực hiện tính toán mô phỏng

Nghiên cứu sinh đã lựa chọn mô hình nghiên cứu được đồng dạng với bài toán thực theo tiêu chuẩn Froude (hay số Froude).

Theo tiêu chuẩn này, mô hình nghiên cứu và mô hình thực gọi là đồng dạng với nhau khi có cùng số Froude, thỏa mãn điều kiện [8, 25, 53, 65]:

$$F_n = \frac{V^2}{Lg} \quad (2.17)$$

Trong đó: L - chiều dài đặc trưng, giá trị bằng đường kính chân vịt D (m);

g - gia tốc trọng trường, $g = 9,8 \text{ m/s}^2$;

V - giá trị vận tốc (m/s).

Khi đó:
$$\frac{(V_p)_t^2}{g_t D_t} = \frac{(V_p)_m^2}{g_m D_m} \text{ với } g_t = g_m = g.$$

Vậy các đại lượng cho mô hình được xác định:

- Vận tốc (tiên) của mô hình là:
$$(V_p)_m = (V_p)_t \sqrt{\frac{D_m}{D_t}} \quad (2.18)$$

- Số vòng quay chân vịt mô hình là:
$$(n)_m = (n)_t \sqrt{\frac{D_t}{D_m}} \quad (2.19)$$

Sử dụng với 7 thông số vận hành của chân vịt thực tế, theo hồ sơ của M/V TAN CANG FOUNDATION là:

$$n_t = \{90; 100; 110; 120; 130; 140; 150\}, (\text{rpm}).$$

Tương ứng với vận tốc thực, được xác định theo công thức:

$$(V_p)_t = n_t h \quad (2.20)$$

Trong đó: P - bước của chân vịt, $P = 2,459$ m;

h - bước tiến thật, $h = 0,2P$ [13].

Khi đó, giá trị vận tốc thực tương ứng với 7 thông số vòng quay là:

$$(V_p)_t \approx \{4,5; 5,0; 5,5; 6,0; 6,5; 7,0; 7,5\}, \text{ (m/s)}$$

Để làm nổi bật vấn đề tương tác giữa chân vịt và bánh lái tàu thủy, nghiên cứu sinh tiến hành tính toán mô phỏng theo mô hình nghiên cứu của mục 2.1, cụ thể như sau:

Bài toán 1: Mô phỏng, phân tích và làm rõ các đại lượng đặc trưng tại mặt chuyển tiếp: Vận tốc trung bình dọc trục, cường độ rối, áp suất,... cho các trường hợp tương ứng với số vòng quay chân vịt và vận tốc thực sau:

$$n_t = \{90; 100; 110; 120; 130; 140; 150\}, \text{ (rpm)}.$$

$$(V_p)_t \approx \{4,5; 5,0; 5,5; 6,0; 6,5; 7,0; 7,5\}, \text{ (m/s)}$$

Bài toán 2: Trên cơ sở kết quả nhận được của bài toán 1, tương ứng với số vòng quay chân vịt và vận tốc thực, với góc bẻ lái α^0 ở 8 vị trí khác nhau:

$$\alpha^0 = \{0^0; 5^0; 10^0; 15^0; 20^0; 25^0; 30^0; 35^0\}$$

Như vậy, có tất cả 56 trường hợp khác nhau.

Xác định lực bẻ lái $R_i = f(n_i, \alpha_i)$ theo các trường hợp. Trên cơ sở kết quả thu được, phân tích và đánh giá mối quan hệ giữa vận tốc và vòng quay chân vịt đến lực bẻ lái tàu thủy.

2.4. Phân tích và đánh giá kết quả tính toán mô phỏng

Ứng dụng CFD với phần mềm Fluent - Ansys [64], để mô phỏng theo các trường hợp của bài toán 1. Các kết quả nhận được cụ thể của từng trường hợp của bài toán, được mô tả trong hình 2.14 đến hình 2.24 [8].

Hơn nữa, để đảm bảo tính logic và tránh nhắc lại trong quá trình phân tích và đánh giá các trường hợp cụ thể kết quả nhận được, nghiên cứu sinh phân tích chi tiết kết quả trường hợp số vòng quay chân vịt $n = 90$ rpm.

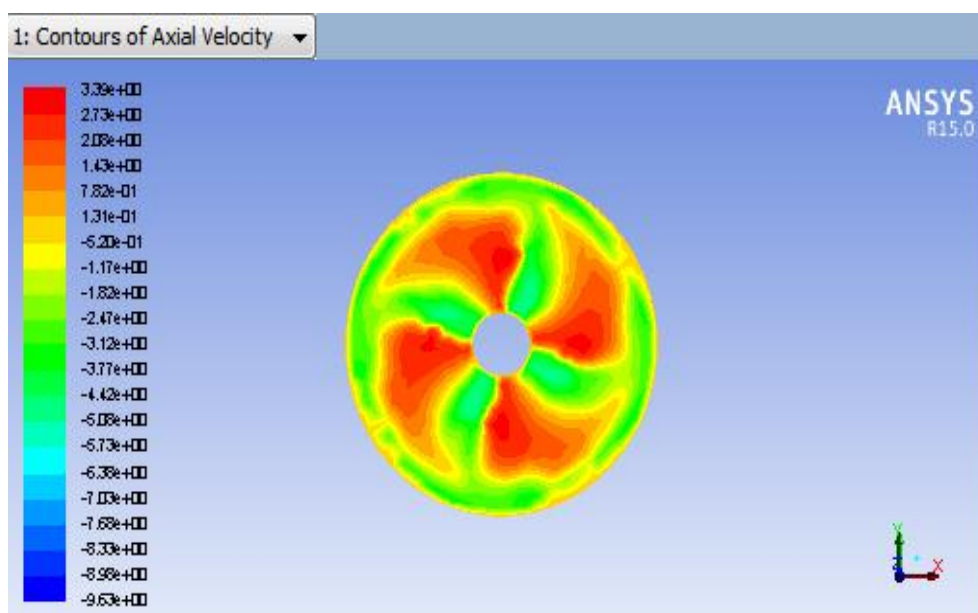
Các trường hợp khác thực hiện phân tích và đánh giá tương tự.

2.4.1. Kết quả tính toán mô phỏng các đại lượng tại mặt chuyển tiếp theo các trường hợp của bài toán 1

Đối với bài toán 1, tương ứng với 7 trường hợp vòng quay chân vịt khác nhau, thay đổi giá trị từ 90 rpm ÷ 150 rpm.

2.4.1.1. Số vòng quay chân vịt là $n_1 = 90$ rpm

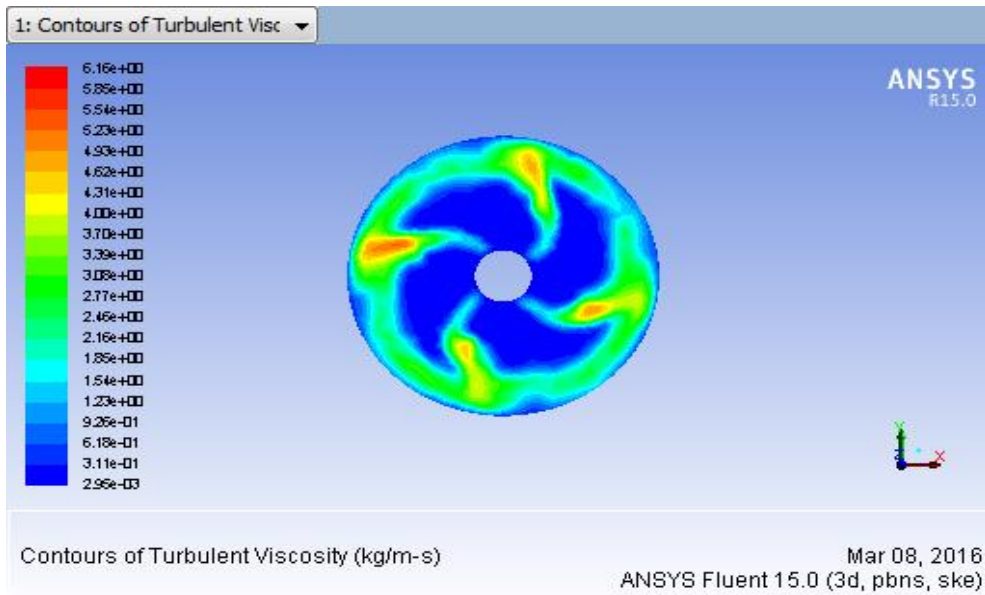
Kết quả tính toán mô phỏng nhận được mô tả theo hình 2.14 và nhận xét rằng: Phân bố vận tốc tập trung theo phương dọc trục của dòng chảy qua chân vịt. Giá trị vận tốc nhận được hiển thị bằng giá trị cụ thể tương ứng với cột màu bên cạnh. Đây là thành phần quan trọng quyết định đến quá trình chuyển đổi năng lượng dòng chảy sau chân vịt thành lực bẻ lái tàu thủy.



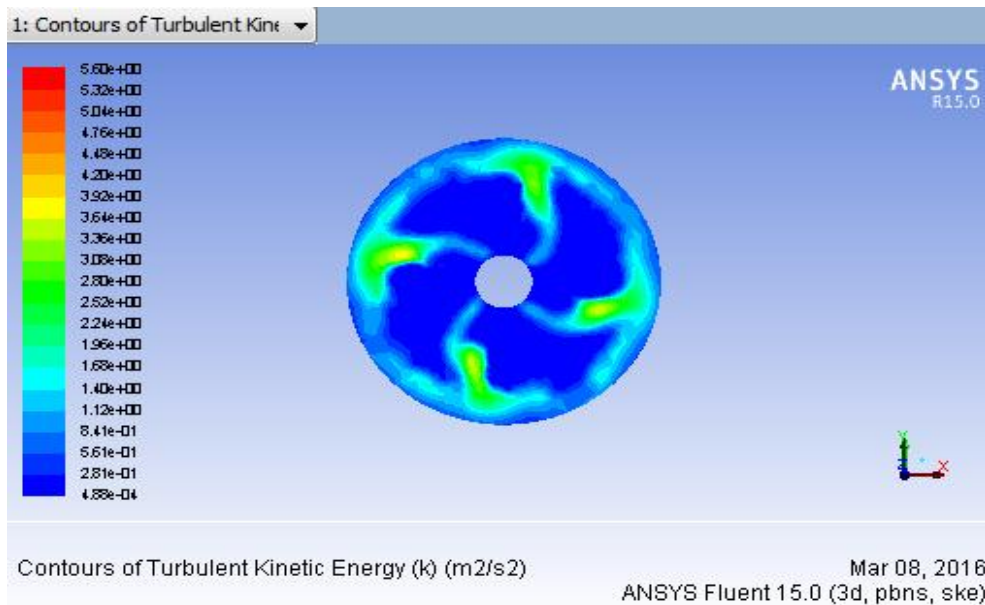
Hình 2.14. Kết quả tính toán mô phỏng vận tốc dọc trục khi $n = 90$ rpm

Từ kết quả nhận được theo hình 2.13, hoàn toàn tính được giá trị vận tốc trung bình theo phương dọc trục tại mặt chuyển tiếp, với kết quả cụ thể trong trường hợp này $V_{tb1} = 1,42$ m/s.

Mặt khác, để mô tả rõ hơn ảnh hưởng của dòng chảy sau chân vịt, cũng như sự tương tác với bánh lái tàu thủy, trong hình 2.15 và hình 2.16 đưa ra kết quả tính toán giá trị cường độ rối (thông qua động năng rối và độ nhớt rối), đánh giá mức độ dòng chảy đến chuyển đổi năng lượng trên bánh lái.

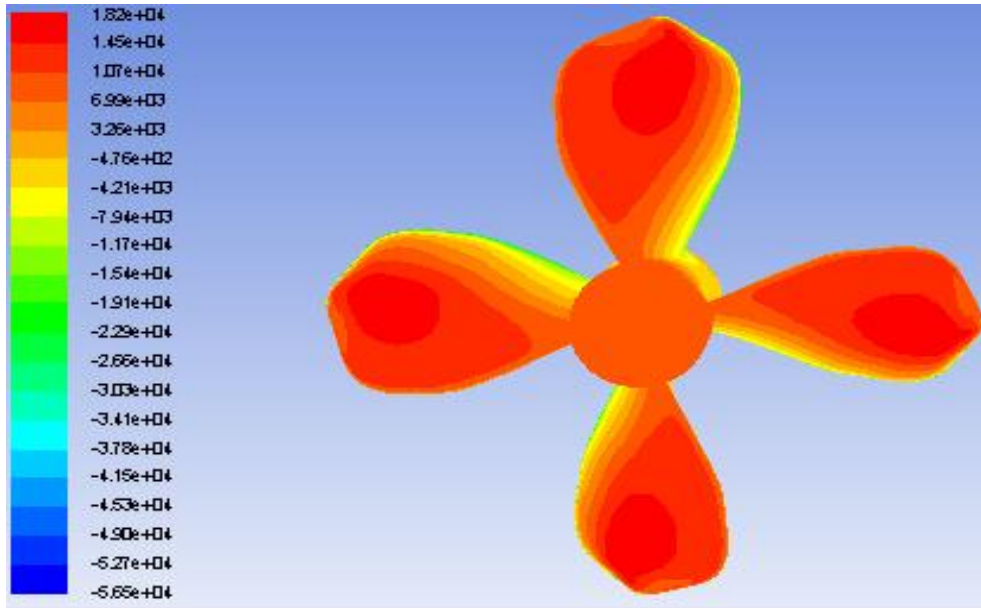


Hình 2.15. Kết quả tính toán mô phỏng độ nhớt rối tại mặt chuyển tiếp khi $n = 90$ rpm

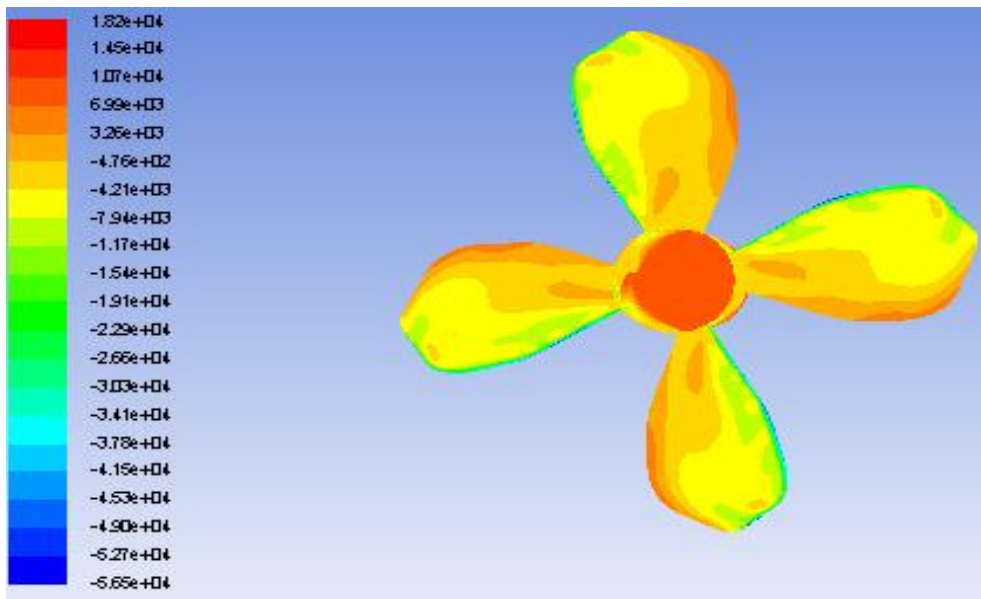


Hình 2.16. Kết quả tính toán mô phỏng động năng rối tại mặt chuyển tiếp khi $n = 90$ rpm

Hơn nữa, ngoài kết quả nhận được là trường vận tốc và cường độ rối, còn nhận được kết quả cụ thể về trường áp suất trong không gian tính toán, đặc biệt là trên cánh chân vịt. Giá trị kết quả áp suất nhận được trên mặt đẩy và mặt hút của chân vịt, theo ô cột màu bên trái của hình 2.17 và hình 2.18.



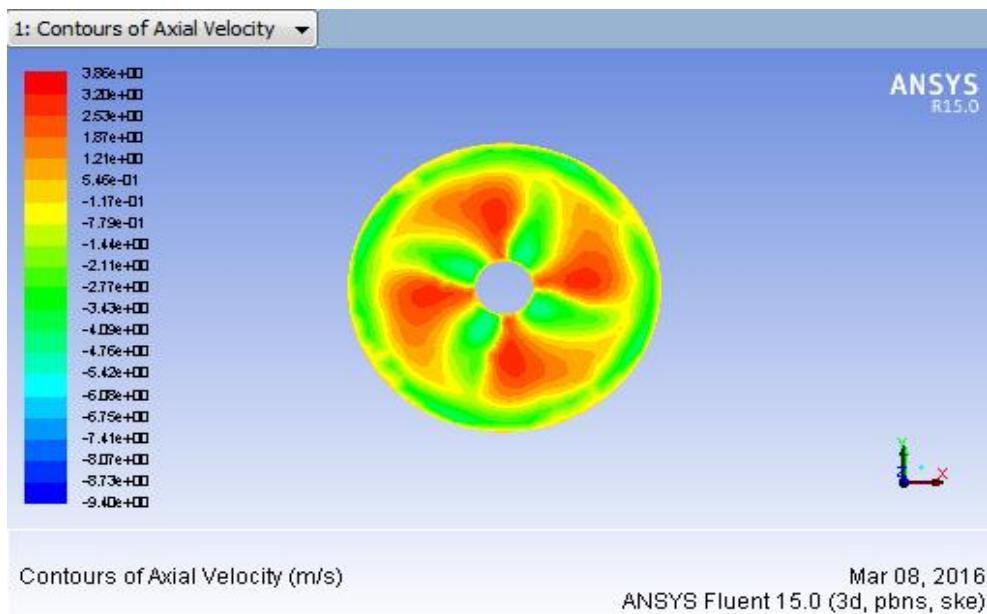
Hình 2.17. Kết quả tính toán mô phỏng áp suất trên mặt đẩy chân vịt khi $n = 90$ rpm



Hình 2.18. Kết quả tính toán mô phỏng áp suất trên mặt hút chân vịt khi $n = 90$ rpm

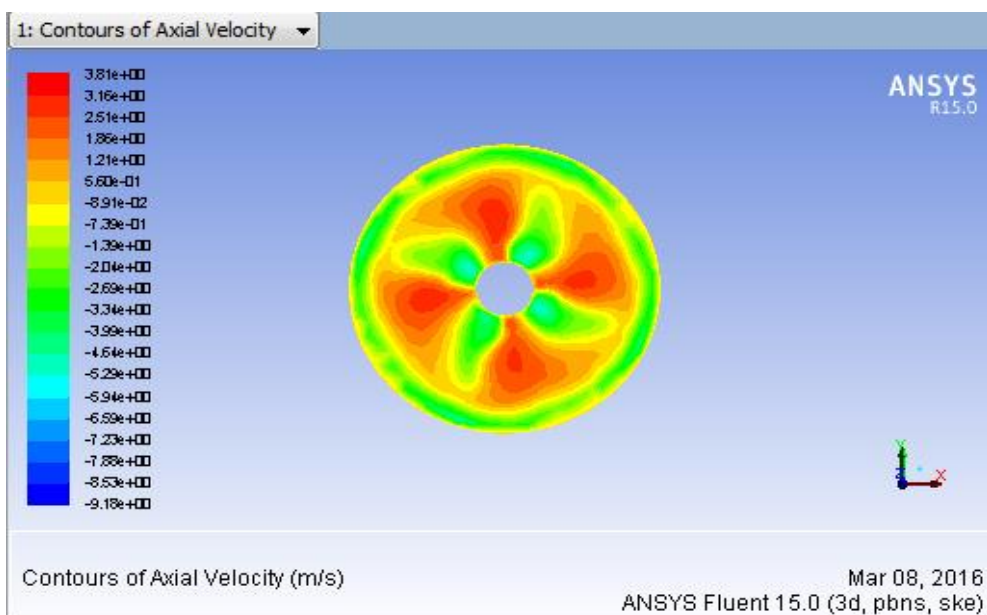
Kết quả tính toán mô phỏng các trường hợp tiếp theo với số vòng quay chân vịt khác nhau, bằng cách tương tự nghiên cứu sinh hoàn toàn tính toán các giá trị tại mặt chuyển tiếp như trường hợp $n_1 = 90$ rpm. Tuy nhiên, nghiên cứu sinh tập trung giá trị vận tốc trung bình dọc trục tại mặt chuyển tiếp.

2.4.1.2. Số vòng quay chân vịt trong các trường hợp còn lại



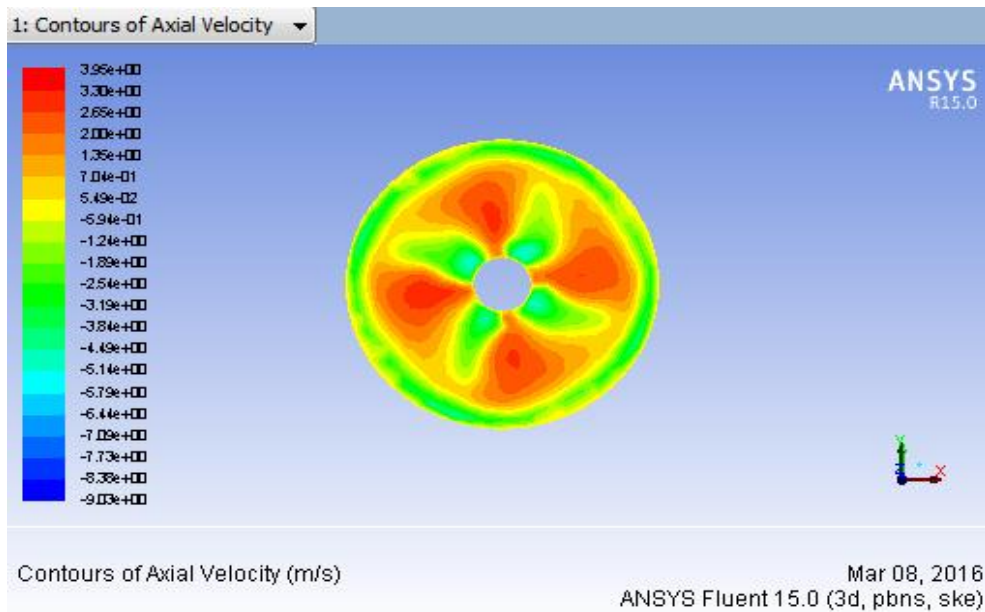
Hình 2.19. Kết quả tính toán mô phỏng vận tốc dọc trục khi $n = 100$ rpm

Từ kết quả trong hình 2.19, hoàn toàn tính được giá trị vận tốc trung bình dọc trục tại mặt chuyển tiếp là $V_{tb2} = 1,64$ m/s.



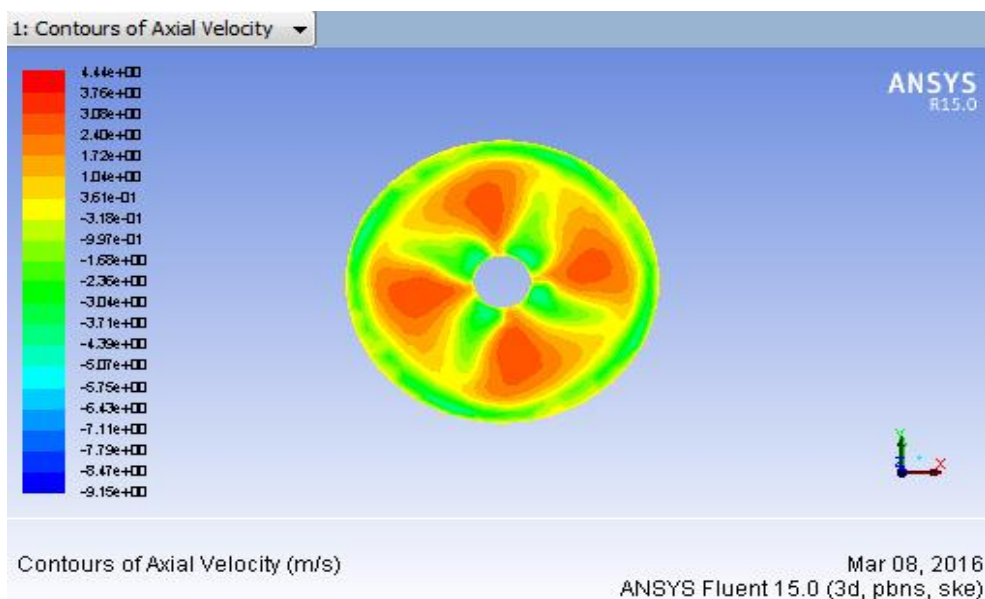
Hình 2.20. Kết quả tính toán mô phỏng vận tốc dọc trục khi $n = 110$ rpm

Từ kết quả trong hình 2.20, tính được giá trị vận tốc trung bình dọc trục tại mặt chuyển tiếp là $V_{tb3} = 1,72$ m/s.



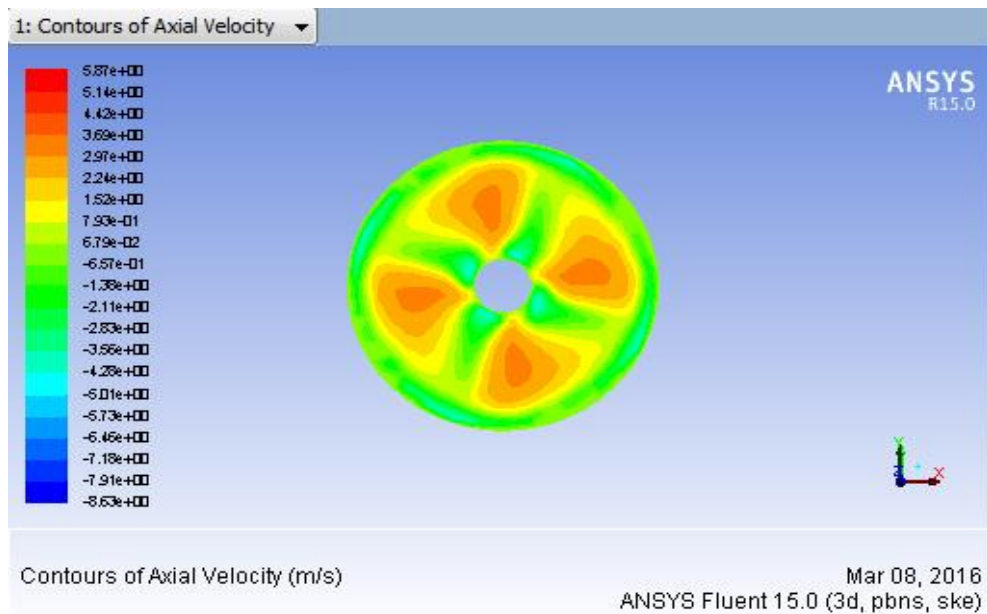
Hình 2.21. Kết quả tính toán mô phỏng vận tốc dọc trục khi $n = 120$ rpm

Từ kết quả trong hình 2.21, tính được giá trị vận tốc trung bình dọc trục tại mặt chuyển tiếp là $V_{tb4} = 1,9$ m/s.



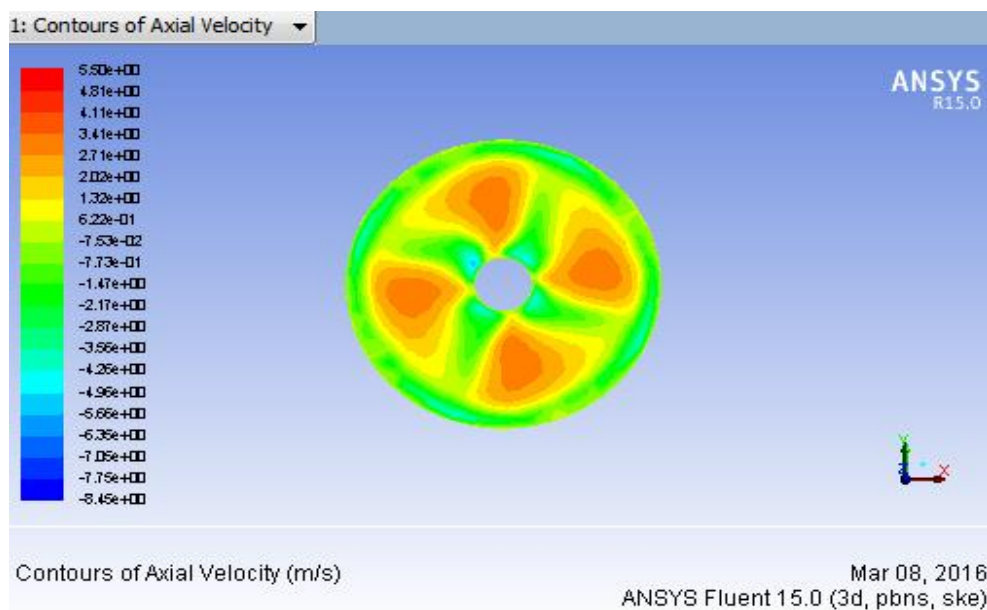
Hình 2.22. Kết quả tính toán mô phỏng vận tốc dọc trục khi $n = 130$ rpm

Từ kết quả trong hình 2.22, tính được giá trị vận tốc trung bình dọc trục tại mặt chuyển tiếp là $V_{tb5} = 2,1$ m/s.



Hình 2.23. Kết quả tính toán mô phỏng vận tốc dọc trục khi $n = 140$ rpm

Từ kết quả trong hình 2.23, tính được giá trị vận tốc trung bình dọc trục tại mặt chuyển tiếp là $V_{tb6} = 2,52$ m/s.



Hình 2.24. Kết quả tính toán mô phỏng vận tốc dọc trục khi $n = 150$ rpm

Từ kết quả trong hình 2.24, tính được giá trị vận tốc trung bình dọc trục tại mặt chuyển tiếp là $V_{tb7} = 2,7$ m/s.

2.4.2. Tính toán giá trị vận tốc dọc trục tại mặt chuyển tiếp bao quanh bánh lái tàu thủy

Mỗi trường hợp tính toán mô phỏng theo phần mềm Fluent - Ansys, tương ứng với số vòng quay chân vịt khác nhau, đều nhận được giá trị vận tốc trung bình tại mặt chuyển tiếp tương ứng.

Hơn nữa, giá trị vận tốc bao quanh bánh lái được xác định theo công thức [8]:

$$V = (V_p)_t + (V_{tb})_n \quad (2.21)$$

Trong đó: $(V_p)_t$ - vận tốc thực của tàu, tương ứng với số vòng quay chân vịt, tính toán theo công thức (2.20) và các số liệu từ hồ sơ tàu thực;

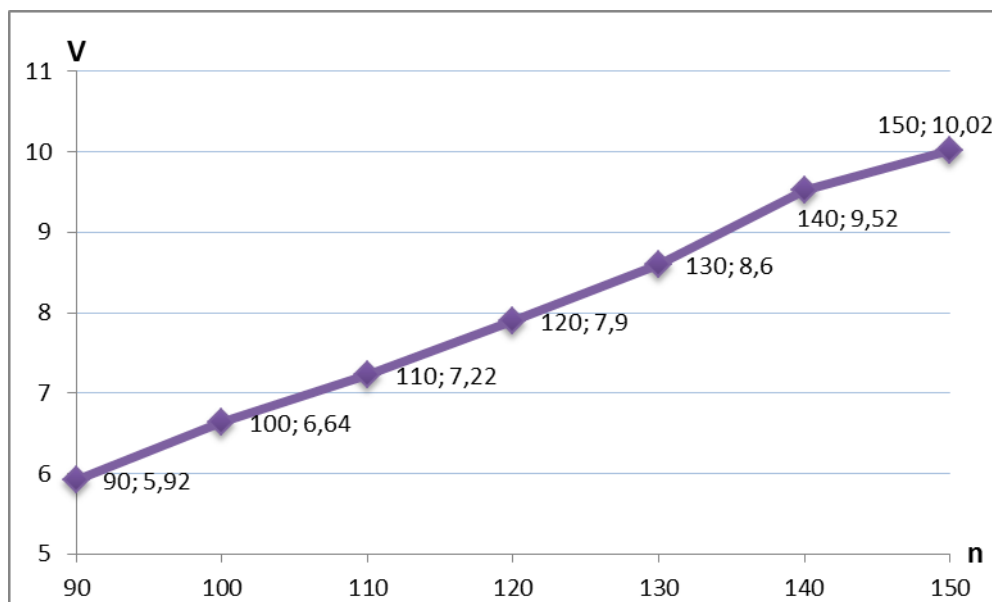
$(V_{tb})_n$ - vận tốc trung bình tại mặt chuyển tiếp, tương ứng với số vòng quay chân vịt.

Kết quả tính toán giá trị vận tốc dọc trục tại mặt chuyển tiếp, bao quanh bánh lái, được mô tả trong bảng 2.1 [8].

Bảng 2.1. Kết quả tính toán giá trị vận tốc dọc trục bao quanh bánh lái theo Fluent - Ansys

TT	Số vòng quay chân vịt (n_t), (rpm)	Vận tốc thực của tàu (V_p) _t , (m/s)	Vận tốc trung bình tại mặt chuyển tiếp (V_{tb}) _n , (m/s)	Vận tốc dọc trục bao quanh bánh lái (V), (m/s)
1	90	4,5	1,42	5,92
2	100	5,0	1,64	6,64
3	110	5,5	1,72	7,22
4	120	6,0	1,90	7,90
5	130	6,5	2,10	8,60
6	140	7,0	2,52	9,52
7	150	7,5	2,70	10,02

Từ kết quả bảng 2.1, nghiên cứu sinh xây dựng đồ thị mô tả mối quan hệ giữa vòng quay của chân vịt với giá trị vận tốc dọc trục bao quanh bánh lái tàu thủy, theo hình 2.25.



Hình 2.25. Đồ thị mối quan hệ giữa vận tốc vòng quay chân vịt và vận tốc dọc trục bao quanh bánh lái tàu thủy

Tóm lại: Bài toán 1 cho các kết quả tính toán mô phỏng tại mặt chuyển tiếp, gồm: Giá trị vận tốc dọc trục, áp suất, cường độ rối,....

Kết quả phân bố áp suất trong toàn bộ không gian tính toán và đặc biệt trên cánh chân vịt tàu thủy nhận được từ mô phỏng, từ đó có thể xác định được lực đẩy tương ứng của chân vịt với các số vòng quay khác nhau. Đồng thời với giá trị cường độ rối nhận được ít nhiều cũng sẽ ảnh hưởng đến sự biến đổi năng lượng dòng chảy sau chân vịt và tương tác bánh lái. Tuy nhiên, với mục đích và giới hạn nghiên cứu của luận án đặt ra, nghiên cứu sinh không tập trung nghiên cứu vấn đề này, mà chỉ giới thiệu một số kết quả tính toán mô phỏng tại mặt chuyển tiếp.

Đặc biệt, với giá trị vận tốc trung bình dọc trục tại mặt chuyển tiếp, bao quanh bánh lái trong bảng 2.1 và hình 2.25, đây là giá trị quan trọng tập trung nghiên cứu, để xác định lực bẻ lái tàu thủy R tương ứng.

2.4.3. Kết quả tính toán mô phỏng lực bề lái R theo các trường hợp của bài toán 2

Sau khi có các kết quả tính toán mô phỏng chi tiết của bài toán 1, cụ thể nhận được đại lượng quan trọng là giá trị vận tốc dọc trục tại mặt chuyển tiếp bao quanh bánh lái (bảng 2.1). Nghiên cứu sinh tiếp tục thực hiện tính toán cho bài toán 2 (tức là trường hợp dòng chảy bao quanh bánh lái tàu thủy), từ đó xác định lực bề lái R tương ứng.

Sử dụng công thức giải tích xác định lực bề lái R như sau [8, 52, 53]:

$$R = 577A_R V^2 \sin \alpha \quad (2.22)$$

Trong đó: α - giá trị góc bề lái;

A_R - diện tích tham chiếu của bánh lái, có giá trị $A_R = 12 \text{ m}^2$ (lấy theo hồ sơ tàu M/V TAN CANG FOUNDATION);

V - vận tốc dòng chảy bao quanh bánh lái theo phương dọc trục.

Xét 7 phương án khác nhau của vòng quay chân vịt n_i ($i = 1 \div 7$) và 8 phương án khác nhau của góc bề lái α_j ($j = 1 \div 8$), kết hợp công thức (2.22), kết quả trong bảng 2.1, sử dụng phần mềm Excel tính toán cụ thể lực bề lái R.

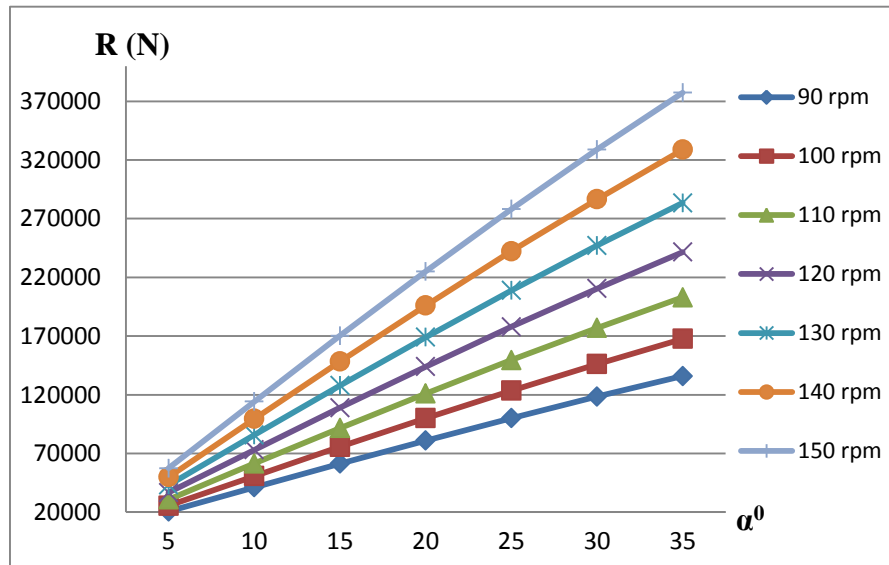
Kết quả tính toán chi tiết giá trị lực bề lái R, tương ứng với giá trị vận tốc V theo tính toán mô phỏng bằng Fluent - Ansys, cho trong bảng 2.2 [8].

Bảng 2.2. Kết quả tính toán lực bề lái R với vận tốc V tính theo Fluent - Ansys

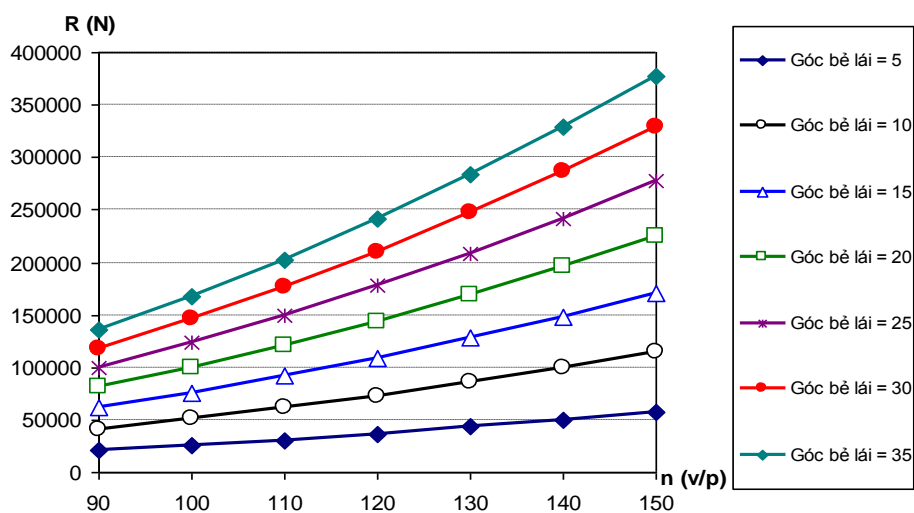
Vòng quay chân vịt	Giá trị góc bề lái α_j							
	0^0	5^0	10^0	15^0	20^0	25^0	30^0	35^0
	Giá trị lực bề lái R							
90	0	20641,69	41126,43	61298,5	81004,53	100094,7	118423,8	135852,6
100	0	25483,56	50773,37	75677,16	100005,6	123573,7	146202,2	167719,3
110	0	30835,11	61435,78	91569,37	121006,8	149524,1	176904,7	202940,3
120	0	36696,33	73113,66	108975,1	144008,1	177946,1	210531,3	241515,8

130	0	43067,22	85807	127894,4	169009,4	208839,5	247081,8	283445,5
140	0	49947,78	99515,8	148327,2	196010,9	242204,4	286556,4	328729,7
150	0	57338,02	114240,1	170273,6	225012,6	278040,8	328955,1	377368,4

Từ kết quả tính toán trong bảng 2.2, nghiên cứu sinh thực hiện xây dựng đồ thị mô tả quan hệ giữa lực bẻ lái R với tổ hợp chân vịt - bánh lái, theo hình 2.26 và hình 2.27.



Hình 2.26. Đồ thị mô tả mối quan hệ giữa lực bẻ lái R với góc bẻ lái, khi biết số vòng quay chân vịt khác nhau



Hình 2.27. Đồ thị mô tả mối quan hệ giữa lực bẻ lái R với vòng quay chân vịt, khi biết góc bẻ lái khác nhau

Phân tích kết quả từ bảng 2.2, hình 2.26 và hình 2.27, nhận xét rằng:

- Đồ thị là đường thẳng và tuyến tính. Giá trị lực bẻ lái R tỷ lệ thuận với tổ hợp chân vịt - bánh lái, nghĩa là, khi tăng giá trị góc bẻ lái hoặc giá trị vòng quay chân vịt, thì giá trị lực bẻ lái R cũng tăng theo;

- Cùng giá trị vòng quay chân vịt, chẳng hạn $n = 100$ rpm, khi thay đổi góc bẻ lái ở góc khác nhau, thì lực bẻ lái R cũng thay đổi và tăng theo, cụ thể:

Khi $\alpha^0 = 5^0$, giá trị lực bẻ lái R tăng và đạt 25483,65 N;

Khi $\alpha^0 = 10^0$, giá trị lực bẻ lái R tăng và đạt 50773,37 N;

Khi $\alpha^0 = 15^0$, giá trị lực bẻ lái R tăng và đạt 75677,16 N;

Khi $\alpha^0 = 20^0$, giá trị lực bẻ lái R tăng và đạt 100005,6 N;

Khi $\alpha^0 = 25^0$, giá trị lực bẻ lái R tăng và đạt 123573,7 N;

Khi $\alpha^0 = 30^0$, giá trị lực bẻ lái R tăng và đạt 146202,2 N;

Khi $\alpha^0 = 35^0$, giá trị lực bẻ lái R tăng và đạt 167719,3 N.

- Cùng giá trị góc bẻ lái, chẳng hạn $\alpha^0 = 10^0$, khi thay đổi vòng quay chân vịt khác nhau, thì lực bẻ lái R cũng thay đổi và tăng theo, cụ thể:

Khi $n = 90$ rpm, giá trị lực bẻ lái R tăng và đạt 41126,43 N;

Khi $n = 100$ rpm, giá trị lực bẻ lái R tăng và đạt 50773,37 N;

Khi $n = 110$ rpm, giá trị lực bẻ lái R tăng và đạt 61435,78 N;

Khi $n = 120$ rpm, giá trị lực bẻ lái R tăng và đạt 73113,66 N;

Khi $n = 130$ rpm, giá trị lực bẻ lái R tăng và đạt 85807,00 N;

Khi $n = 140$ rpm, giá trị lực bẻ lái R tăng và đạt 99515,80 N;

Khi $n = 150$ rpm, giá trị lực bẻ lái R tăng và đạt 114240,10 N.

- Cùng một giá trị lực bẻ lái R, có thể có nhiều tổ hợp chân vịt - bánh lái thỏa mãn, chẳng hạn:

Khi $R = 200.000$ N, có tới 5 tổ hợp (n_i, α_i) thỏa mãn;

Khi $R = 250.000$ N, có tới 3 tổ hợp (n_i, α_i) thỏa mãn.

Như vậy, có nhiều tổ hợp chân vịt - bánh lái lựa chọn phù hợp, giúp thuyền trưởng, hoa tiêu điều động tàu, đặc biệt trong luồng, khu vực chật hẹp.

Mặt khác, từ công thức (2.22) và các kết quả nhận được trong mục 2.4.1, nhận xét rằng:

- Giá trị lực bẻ lái R phụ thuộc vào thành phần diện tích tham chiếu bánh lái, giá trị vận tốc dòng chảy bao quanh bánh lái và góc bẻ lái. Như vậy, đối với mỗi tàu cụ thể hoàn toàn biết được giá trị diện tích tham chiếu bánh lái và góc bẻ lái, để tính được R cần phải biết giá trị vận tốc dòng chảy bao quanh bánh lái tương ứng.

- Việc để biết được giá trị vận tốc dòng chảy bao quanh bánh lái tương ứng, có thể thực hiện theo các phương pháp khác nhau, cụ thể:

+ Phương pháp 1: Sử dụng tính toán mô phỏng.

+ Phương pháp 2: Sử dụng công thức thực nghiệm.

+ Phương pháp 3: Đo trên hệ thống thí nghiệm.

Trong mục 2.4 của chương 2, nghiên cứu sinh thực hiện tính toán giá trị vận tốc dòng chảy bao quanh bánh lái theo phương pháp 1. Đối với phương pháp 2 và 3 nghiên cứu sinh sẽ trình bày cụ thể trong chương 4.

Rõ ràng, bản chất của vấn đề là nghiên cứu sinh sẽ sử dụng giá trị lực bẻ lái R trong 3 phương pháp trên như là đại lượng trung gian để so sánh giá trị vận tốc dòng chảy bao quanh bánh lái tương ứng trong 3 phương pháp trên mà nghiên cứu sinh sẽ thực hiện trong đề tài. Từ đó đánh giá mức độ chênh lệch hay mức độ tin cậy của giá trị vận tốc dòng chảy bao quanh bánh lái theo 3 phương pháp. Đây cũng chính là một phần nội dung quan trọng mà nghiên cứu sinh sẽ thực hiện trong chương 4.

2.5. Kết luận chương 2

Chương 2 tập trung tính toán mô phỏng động lực học dòng chảy sau chân vịt và tương tác bánh lái tàu thủy và đạt được các kết quả cơ bản sau:

- Xây dựng mô hình nghiên cứu và cơ sở toán học liên quan để tính toán mô phỏng sự tương tác dòng chảy sau chân vịt và bánh lái tàu thủy;

- Tính toán mô phỏng sự tương tác dòng chảy sau chân vịt và bánh lái

tàu thủy, bằng cách ứng dụng các phần mềm chuyên dụng, như: Fluent - Ansys, Solidwork, Workbench,... Trên cơ sở đó, phân tích, đánh giá kết quả tính toán mô phỏng nhận được chi tiết và làm rõ các đại lượng đặc trưng tại mặt chuyên tiếp, như: Vận tốc trung bình dọc trục, áp suất, cường độ rối,..., đặc biệt tập trung nghiên cứu tính toán mô phỏng giá trị vận tốc trung bình dọc trục tại mặt chuyên tiếp tương ứng với các trường hợp số vòng quay chân vịt khác nhau.

- Tính toán chi tiết lực bẻ lái R theo giá trị góc bẻ lái và số vòng quay chân vịt theo các phương án khác nhau bằng phương pháp mô phỏng. Từ kết quả nhận được, nghiên cứu sinh phân tích và đánh giá mối quan hệ chặt chẽ giữa giữa lực bẻ lái R với góc bẻ lái và số vòng quay chân vịt. Từ đó, có cơ sở phân tích, đánh giá và lựa chọn nhiều tổ hợp chân vịt - bánh lái phù hợp, giúp thuyền trưởng, hoa tiêu điều động tàu, đặc biệt trong luồng, khu vực chật hẹp, đảm bảo sao cho tàu bám sát quỹ đạo cho trước.

Mặt khác, trong nội dung chương 2 nghiên cứu sinh đã tính toán giá trị trung gian lực bẻ lái R theo giá trị vận tốc trung bình dọc trục tại mặt chuyên tiếp bằng phương pháp mô phỏng (ký hiệu $R_{\text{mô phỏng}}$), mà giá trị này được tính toán bằng các phương pháp khác nhau. Cùng với kết quả quan trọng đạt được trong chương này, nghiên cứu sinh tiếp tục thực hiện các phương pháp sử dụng công thức thực nghiệm và phương pháp thí nghiệm trên hệ thống thí nghiệm trong chương 4 của luận án. Từ đó tổng hợp, so sánh và phân tích kết quả nhận được để đánh giá độ tin cậy của kết quả tính toán mô phỏng với các kết quả nhận được bằng các phương pháp còn lại.

CHƯƠNG 3. TÍNH TOÁN MÔ PHỎNG TÁC ĐỘNG CỦA TỔ HỢP CHÂN VỊT - BÁNH LÁI ĐẾN ĐIỀU KHIỂN HƯỚNG ĐI TÀU THỦY TRÊN TUYẾN LUỒNG HẢI PHÒNG

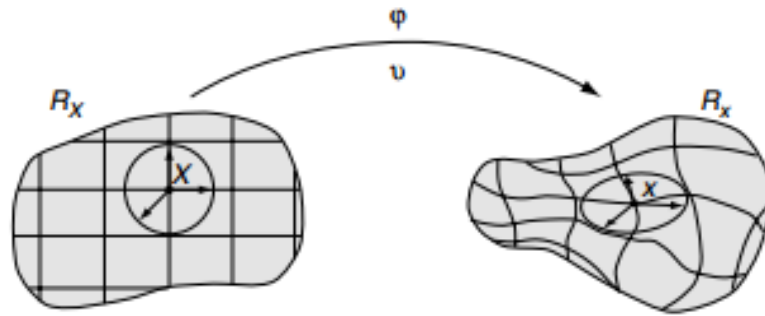
3.1. Mô hình lưới động

Chương 1 tập trung nghiên cứu khảo sát và phân tích đặc điểm 4 khu vực tiềm ẩn nhiều nguy cơ tai nạn hàng hải trên tuyến luồng hàng hải Hải Phòng. Hơn nữa đã thực hiện việc giới hạn nghiên cứu của đề tài luận án.

Chương 2 tập trung nghiên cứu tính toán mô phỏng động lực học dòng chảy sau chân vịt và tương tác bánh lái tàu thủy. Thực chất là thực hiện giải các phương trình động lực học dòng chảy bao quanh tàu thủy bằng phần mềm Fluent - Ansys, để xác định các thông số khảo sát như: Giá trị vận tốc dọc trục tại bề mặt chuyển tiếp, áp suất, cường độ rối,...

Tuy nhiên, điểm khác biệt cơ bản cần nghiên cứu để thực hiện trong chương này là sau mỗi bước thời gian vị trí của tàu thay đổi, thì lưới phải được tự động chia lại và các thông số động lực học cũng thay đổi theo. Điều này giúp khảo sát được quỹ đạo chuyển động của tàu thủy với các điều kiện biên bám sát thực tế và đảm bảo chính xác hơn.

Liên quan đến việc giải quyết bài toán mô hình lưới động (Dynamics mesh), nhiều tác giả trên thế giới đã đưa ra các phương pháp khác nhau. Nhóm tác giả Huazhong Tang, Tao Tang, đã tập trung phát triển thuật toán theo phương pháp Lagrange và Euler để chia lại lưới sau mỗi bước thời gian. Nhóm tác giả J. Donea, Antonio Huerta và các cộng sự đã phân tích nhược điểm của thuật toán theo phương pháp Lagrange và Euler để từ đó đề xuất thuật toán kết hợp cả hai phương pháp này.



Hình 3.1. Hình ảnh lưới được chia lại sau mỗi bước thời gian thay đổi

Trong đó: R_X - hình ảnh lưới tương ứng với vật thể ban đầu (bên trái) và khi bị biến đổi (bên phải), theo quy luật biến đổi φ .

Tức là: $(X, t) \rightarrow \varphi(X, t) = (x, t)$

Suy ra $x = x(X, t) ; t = t$

Sử dụng thuật toán lưới động thuộc phần mềm Fluent - Ansys, kết hợp với việc sử dụng ngôn ngữ lập trình C++ để thiết lập đặc tính của vật thể, sau đó biên dịch và đưa vào thư viện của phần mềm để triển khai tính toán mô phỏng.

Để đạt một phần mục đích nghiên cứu của đề tài luận án, chương 3 tập trung vào giới hạn phạm vi 4 khu vực tiềm ẩn nguy cơ tai nạn hàng hải thực tế tuyến luồng Hải Phòng và thực hiện các vấn đề cơ bản sau:

- Xây dựng mô hình nghiên cứu cho 4 khu vực tiềm ẩn nguy cơ tai nạn hàng hải thực tế tuyến luồng Hải Phòng;
- Xây dựng quy trình tính toán mô phỏng cho từng trường hợp giới hạn nghiên cứu, ứng với tổ hợp chân vịt và bánh lái khác nhau;
- Tính toán mô phỏng tác động của tổ hợp chân vịt - bánh lái đến quỹ đạo chuyển động tàu thủy;
- Phân tích và đánh giá kết quả tính toán mô phỏng. Từ đó đề xuất phương án điều động, khuyến cáo hoa tiêu và thuyền trưởng dẫn tàu bám theo quỹ đạo cho trước, đảm bảo an toàn qua 4 khu vực tiềm ẩn nhiều nguy cơ mất an toàn hàng hải.

3.2. Xây dựng mô hình nghiên cứu cho bốn khu vực tiềm ẩn nguy cơ mất an toàn hàng hải trên tuyến luồng Hải Phòng

Chương 1 đã giới hạn phạm vi nghiên cứu, gồm 4 khu vực là I, II, III, IV trên tuyến luồng Hải Phòng có nguy cơ mất an toàn hàng hải cao, đồng thời kết hợp số liệu thực tế của M/V TAN CANG FOUNDATION. Tổng hợp có 8 trường hợp, bởi vì tàu hành trình theo hai chiều qua mỗi khu vực:

- Chiều hành trình từ cảng chính Hải Phòng (ký hiệu HPP) ra khu vực đón trả hoa tiêu (ký hiệu PS), gồm các trường hợp 1, 3, 5, 7 theo bảng 3.1;

- Chiều ngược lại, từ PS đến HPP, gồm các trường hợp 2, 4, 6, 8 theo bảng 3.1.

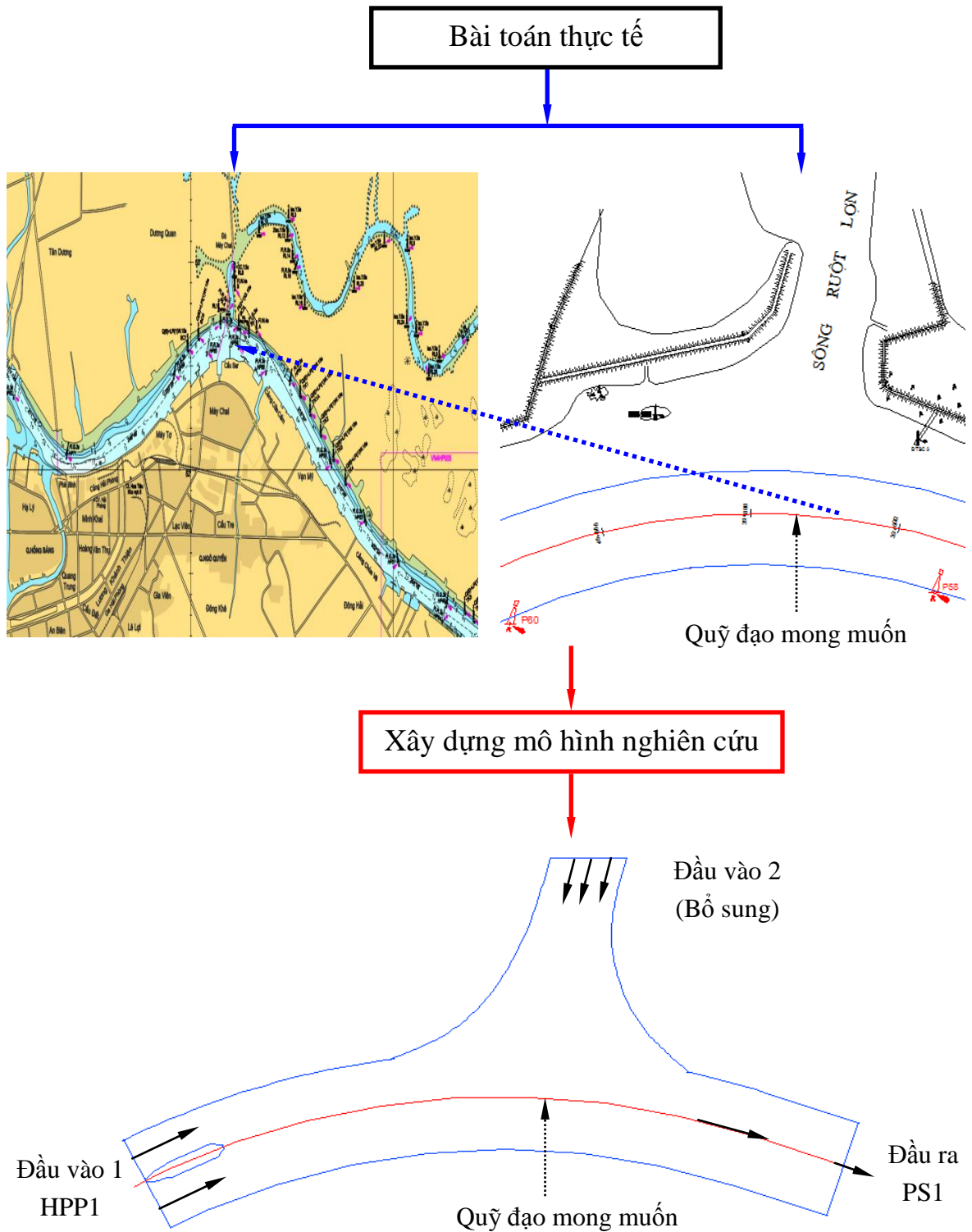
Như vậy, nghiên cứu sinh sẽ xây dựng mô hình nghiên cứu đồng dạng với mô hình thực tế cho 8 trường hợp trong bảng 3.1.

Bảng 3.1. Tổng hợp 8 trường hợp của 4 khu vực trên tuyến luồng Hải Phòng

Khu vực	Các trường hợp							
	1	2	3	4	5	6	7	8
I	HPP1 → PS1	PS1 → HPP1						
II			HPP2 → PS2	PS2 → HPP2				
III					HPP3 → PS3	PS3 → HPP3		
IV							HPP4 → PS4	PS4 → HPP4

Xây dựng mô hình nghiên cứu cho bốn khu vực tiềm ẩn nguy cơ mất an toàn hàng hải trên tuyến luồng Hải Phòng, cụ thể như sau:

3.2.1. Trường hợp 1, áp dụng cho khu vực I (HPP1 → PS1)



Hình 3.2. Xây dựng mô hình nghiên cứu cho trường hợp 1

Các tham số cụ thể của mô hình nghiên cứu như sau:

- Đầu vào 1 (HPP1): Xét tới ảnh hưởng của dòng chảy (hướng và vận tốc

dòng) trên tuyến luồng theo số liệu khảo sát đã biết trước thời điểm hiện tại.

- Đầu vào 2 (bổ sung): Xét đến ảnh hưởng của dòng chảy từ nhánh sông Ruột Lợn.

- Đầu ra (PS1): Tổng hợp giá trị chiều và vận tốc dòng chảy phụ thuộc vào đầu vào 1 và đầu vào 2.

- Quỹ đạo mong muốn (quỹ đạo cho trước) là cố định đã biết trước theo số liệu của tuyến luồng.

Tương ứng với mỗi tổ hợp chân vịt - bánh lái tại vị trí đầu vào 1, mà tàu thủy có hướng chuyển động và vận tốc nhất định. Việc tính toán mô phỏng cho biết vị trí và các thông số động lực học khác của tàu tại các bước thời gian tiếp theo.

Tại vị trí đầu vào 1 người khiển tàu có thể đưa ra nhiều sự lựa chọn tổ hợp số vòng quay chân vịt - góc bẻ lái khác nhau. Vậy tương ứng với mỗi sự lựa chọn đó thì quỹ đạo của tàu thủy sẽ như thế nào? Kết quả tính toán mô phỏng quỹ đạo chuyển động của tàu thủy sẽ chỉ ra tổ hợp tối ưu sao cho gần nhất với quỹ đạo mong muốn.

3.2.2. Trường hợp 2, áp dụng cho khu vực I (PS1 → HPP1)

Xây dựng mô hình nghiên cứu cho trường hợp 2, thực hiện tương tự như trường hợp 1, bằng cách đổi đầu vào 1 là PS1, vị trí tàu hiện tại cho đầu ra là HPP1 và giữ nguyên đầu vào 2 (bổ sung).

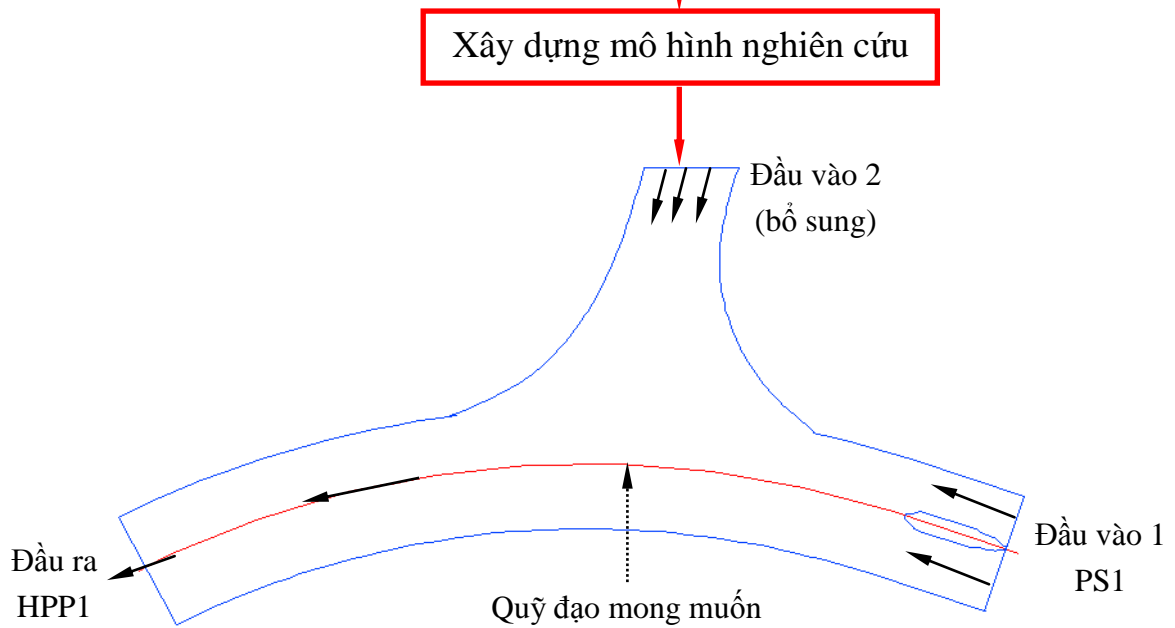
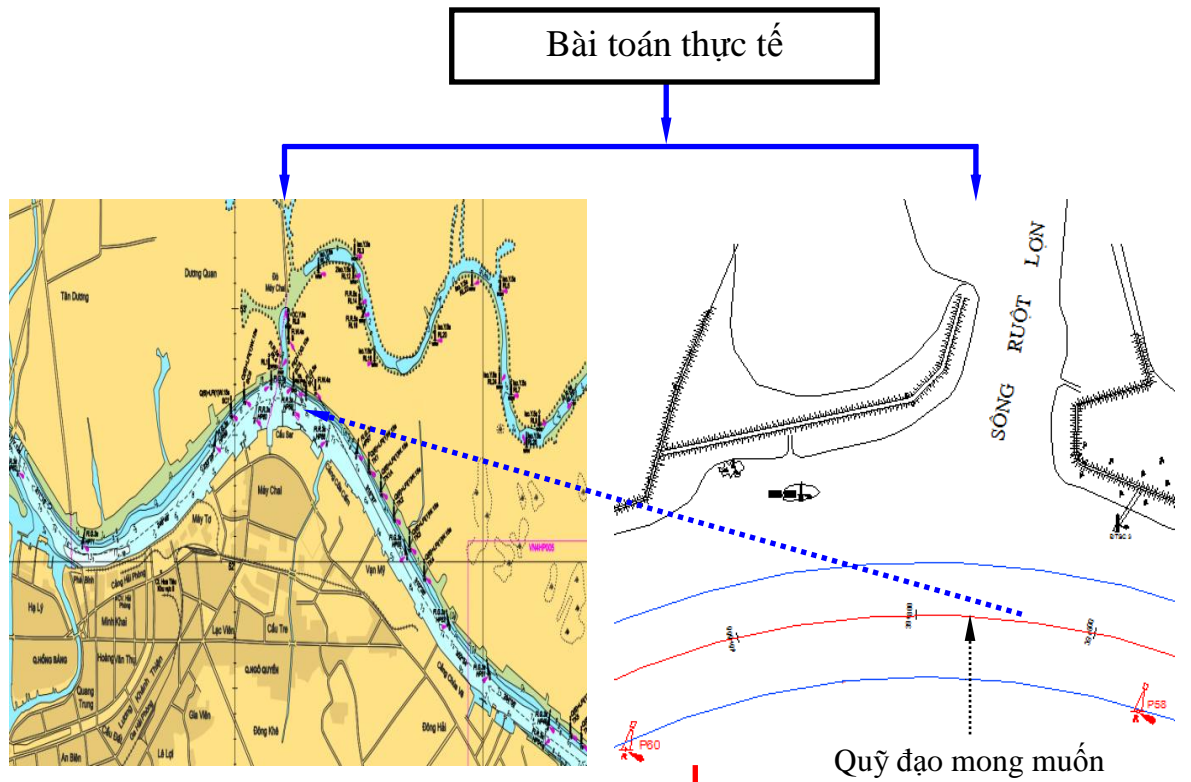
Các tham số cụ thể của mô hình nghiên cứu như sau:

- Đầu vào 1 (PS1): Xét tới ảnh hưởng của dòng chảy (hướng và vận tốc dòng) trên tuyến luồng theo số liệu khảo sát đã biết trước thời điểm hiện tại;

- Đầu vào 2 (bổ sung): Xét đến ảnh hưởng của dòng chảy từ nhánh sông Ruột Lợn;

- Đầu ra (HPP1): Giá trị chiều và vận tốc dòng chảy phụ thuộc vào đầu vào 1 và đầu vào 2;

- Quỹ đạo mong muốn là cố định đã biết trước theo số liệu tuyến luồng.

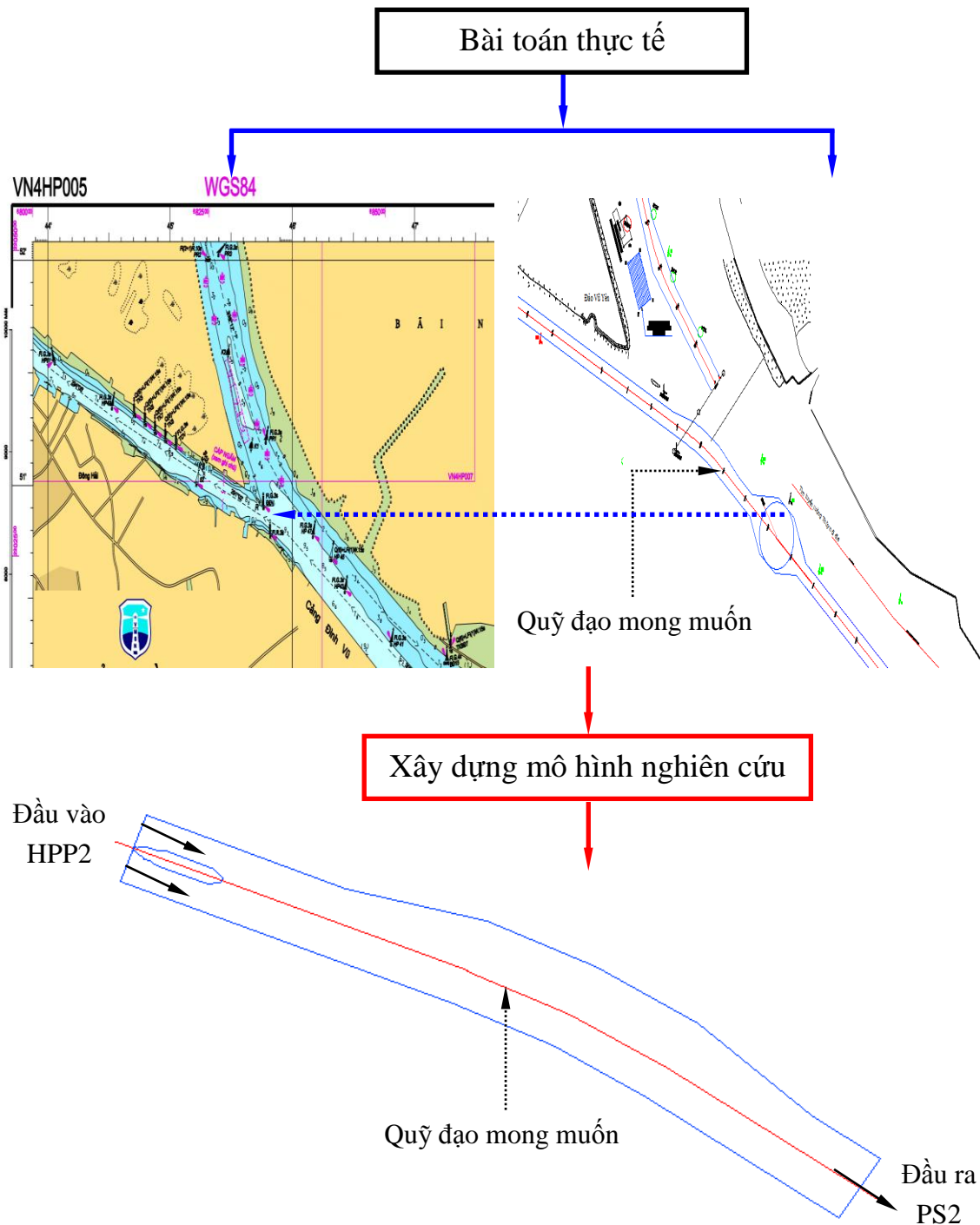


Hình 3.3. Xây dựng mô hình nghiên cứu cho trường hợp 2

Đối với 6 mô hình nghiên cứu còn lại, việc tiến hành xây dựng và phân tích các tham số thực hiện tương tự như trường hợp 1 và 2, chỉ khác nhau các khu vực tiềm ẩn nhiều nguy cơ tai nạn hàng hải.

Kết quả xây dựng mô hình được thể hiện từ hình 3.4 đến hình 3.6.

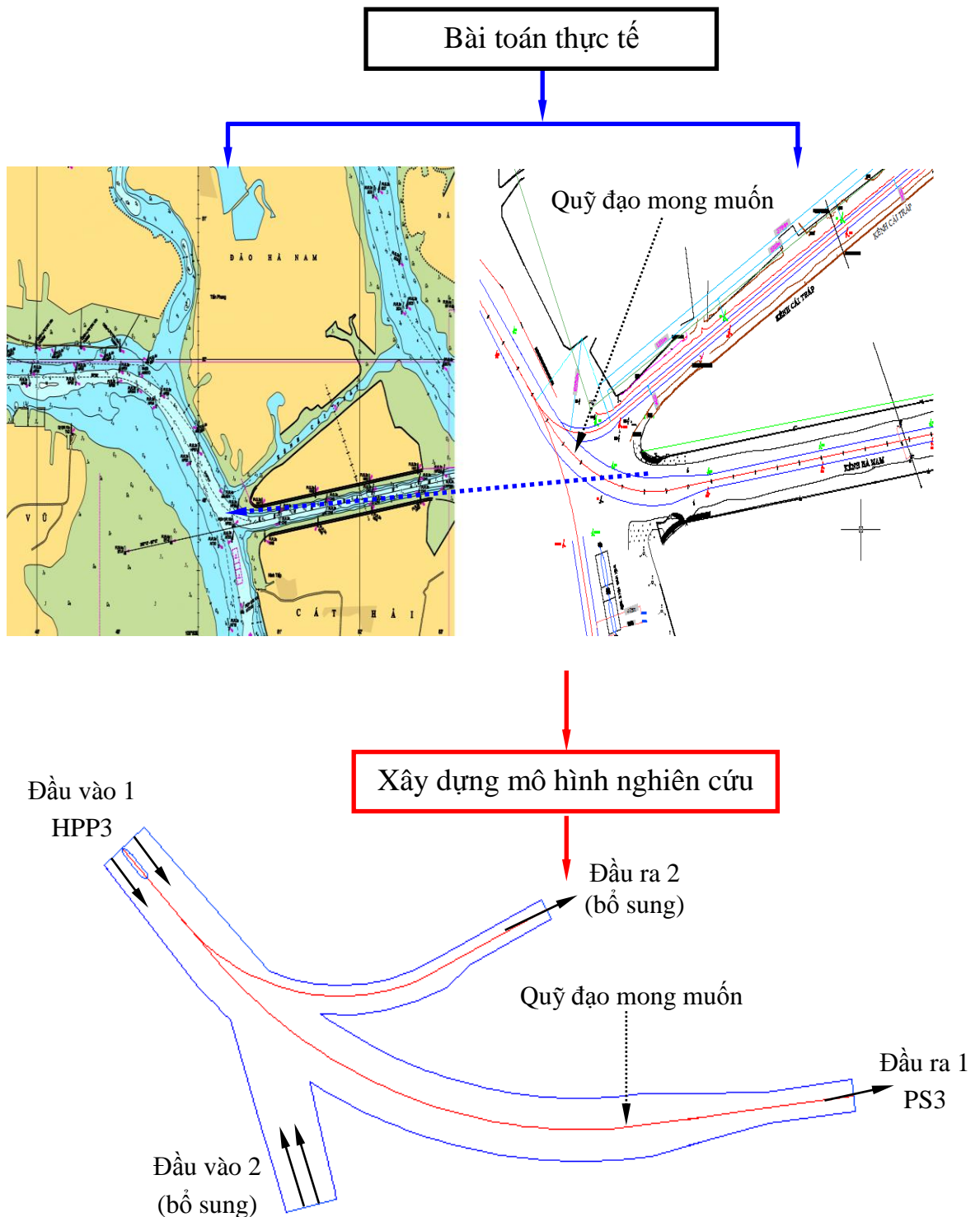
3.2.3. Trường hợp 3 (HPP2 → PS2) và trường hợp 4 (PS2 → HPP2), áp dụng cho khu vực II



Hình 3.4. Xây dựng mô hình nghiên cứu cho trường hợp 3 và trường hợp 4

Đối với mô hình nghiên cứu của trường hợp 4, chú ý rằng: Đầu vào và vị trí ban đầu của tàu thủy là PS2, đầu ra là HPP2 và các tham số cũng thay đổi theo phù hợp với từng trường hợp và thời điểm tàu hành trình.

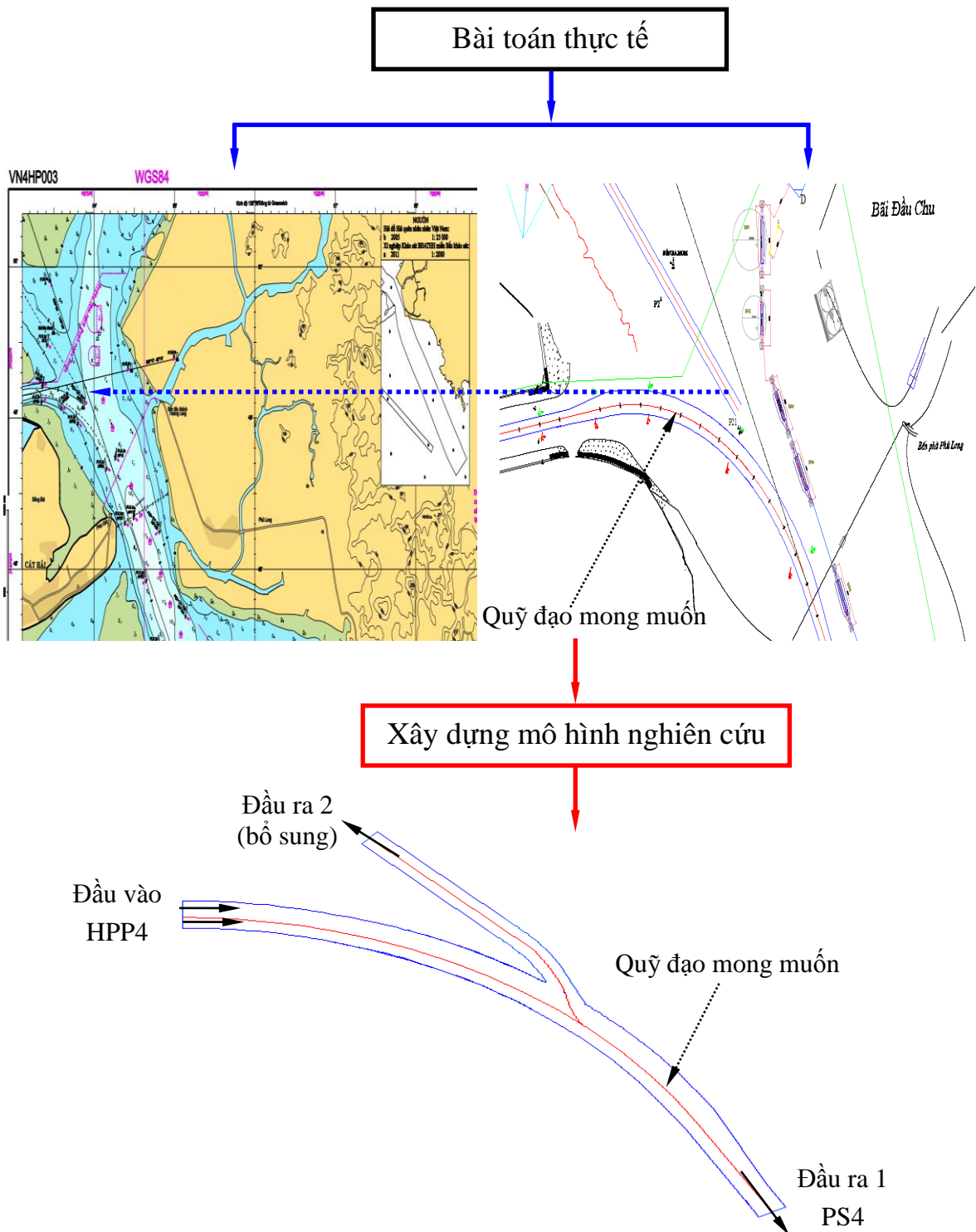
3.2.4. Trường hợp 5 (HPP3 → PS3) và trường hợp 6 (PS3 → HPP3), áp dụng cho khu vực III



Hình 3.5. Xây dựng mô hình nghiên cứu cho trường hợp 5 và trường hợp 6

Trên hình 3.5 thể hiện trường hợp 5 (tàu đi ra khỏi kênh Hà Nam). Đối với mô hình nghiên cứu của trường hợp 6, thì tàu hành trình ngược lại.

3.2.5. Trường hợp 7 (HPP4 → PS4) và trường hợp 8 (PS4 → HPP4), áp dụng cho khu vực IV



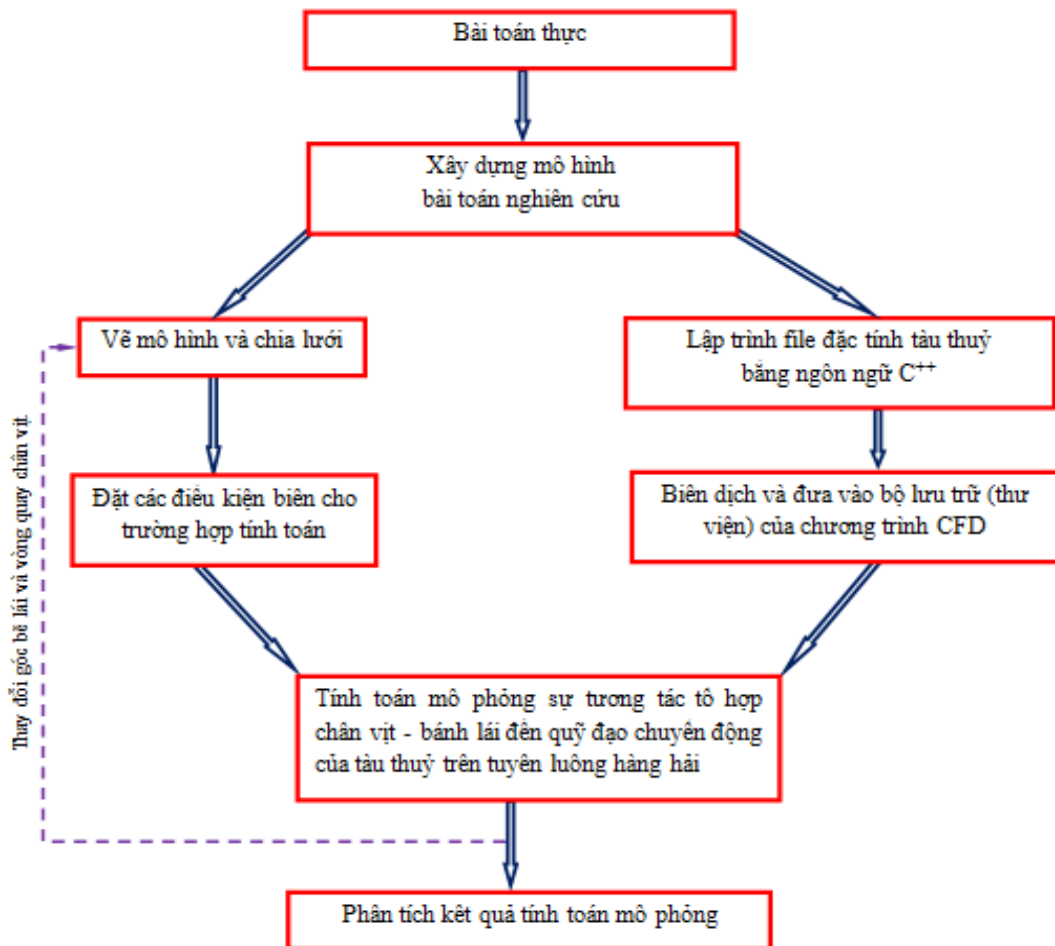
Hình 3.6. Xây dựng mô hình nghiên cứu cho trường hợp 7 và trường hợp 8

Trên hình 3.6 thể hiện trường hợp 7 (tàu hành trình rời khỏi kênh Hà Nam, đến điểm giao cắt một hướng đi về phía Quảng Ninh, một hướng hành

trình đến PS4). Đối với trường hợp 8, đầu vào và vị trí ban đầu của tàu là PS4 (bắt đầu từ điểm giao cắt đê vào kênh Hà Nam), đầu ra là HPP4 và tham số thay đổi phù hợp với từng trường hợp và thời điểm tàu hành trình.

3.3. Xây dựng quy trình tính toán mô phỏng tác động của tổ hợp chân vịt - bánh lái đến quỹ đạo chuyển động tàu thủy

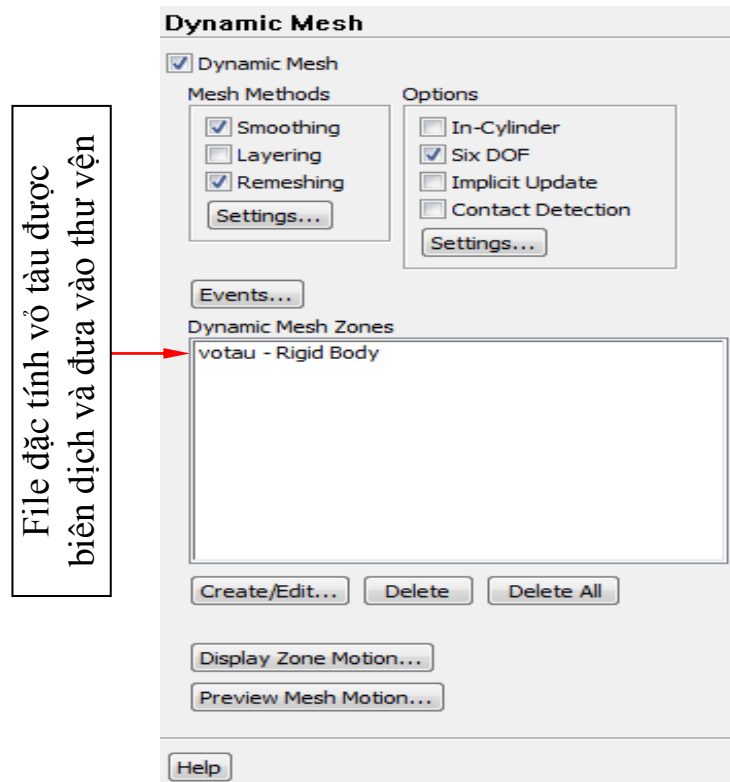
Để tường minh và chi tiết việc tính toán mô phỏng tác động của tổ hợp chân vịt - bánh lái đến điều khiển hướng chuyển động tàu thủy cho bốn khu vực tiềm ẩn nguy cơ mất an toàn hàng hải trên tuyến luồng Hải Phòng, nghiên cứu sinh thực hiện xây dựng quy trình theo sơ đồ khối sau hình 3.7 [8].



Hình 3.7. Sơ đồ khối quy trình tính toán mô phỏng

Thực hiện và đưa ra một số cửa sổ thể hiện việc chọn mô hình tính toán, nạp các giá trị đầu vào (vận tốc V tàu và góc bệ lái α), đầu ra cùng các điều kiện biên khác. Tuy nhiên, trong sơ đồ khối này cần chú ý bổ sung cửa sổ

chính khi triển khai theo mô hình lưới động để tính toán mô phỏng quỹ đạo chuyển động tàu thủy, theo hình 3.8.



Hình 3.8. Cửa sổ chính mô hình chia lưới động

Hình 3.8 cho phép lựa chọn mô hình phù hợp kỹ thuật xử lý lưới. Nghĩa là, sử dụng thuật toán làm trơn lưới “Smoothing” và tự động chia lại lưới sau mỗi bước thời gian “Remeshing”, cùng phương trình vi phân chủ đạo, được sử dụng phương trình sáu bậc tự do mô tả chuyển động của tàu thủy “six DOF” trong trường hợp tổng quát và ba bậc tự do khi tàu thủy chuyển động trên mặt phẳng nằm ngang [48]. Đây là thời điểm cần biên dịch và đưa file mô tả đặc tính vỏ tàu được lập trình bằng ngôn ngữ C++ vào thư viện phần mềm, nó được hiểu là đối tượng chuyển động trong phương trình “six DOF”.

3.4. Tính toán mô phỏng tác động của tổ hợp chân vịt - bánh lái đến quỹ đạo chuyển động tàu thủy

3.4.1. Giới hạn một số điều kiện biên

Bản chất vấn đề là giải phương trình chuyển động tàu thủy theo phương mặt phẳng ngang với ba bậc tự do, trong đó xét tới ảnh hưởng dòng chảy (từ

nhánh sông của tuyến luồng Hải Phòng), một số giới hạn cụ thể như sau:

- Không xét tới ảnh hưởng của sóng, gió và độ sâu tuyến luồng;
- Giá trị đầu vào là vận tốc tàu và lực bẻ lái đã thực hiện trong chương 2, từ đó lựa chọn một số cặp tổ hợp chân vịt - bánh lái cho mỗi trường hợp.

Trong 8 trường hợp của khu vực I, II, III và IV đã phân tích trong chương 1, thì khu vực III (trường hợp 5 và 6), tính chất nguy hiểm và phức tạp hơn cả, là khu vực có xác suất tiềm ẩn nguy cơ tai nạn hàng hải cao nhất.

Vì vậy, nghiên cứu sinh sẽ tập trung phân tích, tính toán mô phỏng, đánh giá và lựa chọn tổ hợp chân vịt - bánh lái tối ưu cho trường hợp 5 (gọi là trường hợp mẫu), đảm bảo quỹ đạo chuyển động tàu thủy bám sát với quỹ đạo mong muốn. Từ đó đề xuất phương án điều động tàu qua khu vực nguy hiểm này. Bảy trường hợp còn lại, quy trình tính toán mô phỏng, phân tích, đánh giá và lựa chọn tổ hợp chân vịt - bánh lái tối ưu, được tiến hành tương tự trường hợp 5.

- Lựa chọn vận tốc tàu (theo tiêu chuẩn đồng dạng) là $V_t = 0,75 \text{ knots} < V_{gh} = 8 \text{ knots}$ (vận tốc giới hạn cho phép của tàu khi hành trình trên tuyến luồng Hải Phòng), tương đương với số vòng quay chân vịt $n \approx 110 \text{ rpm}$ (hồ sơ Harbour speed table của M/V TAN CANG FOUNDATION), theo giá trị vận tốc tàu thực ngoài thực địa là 7,5 knots, khi tàu chở đầy tải (khi tàu không tải hay nửa tải, thì quy trình thực hiện tương tự).

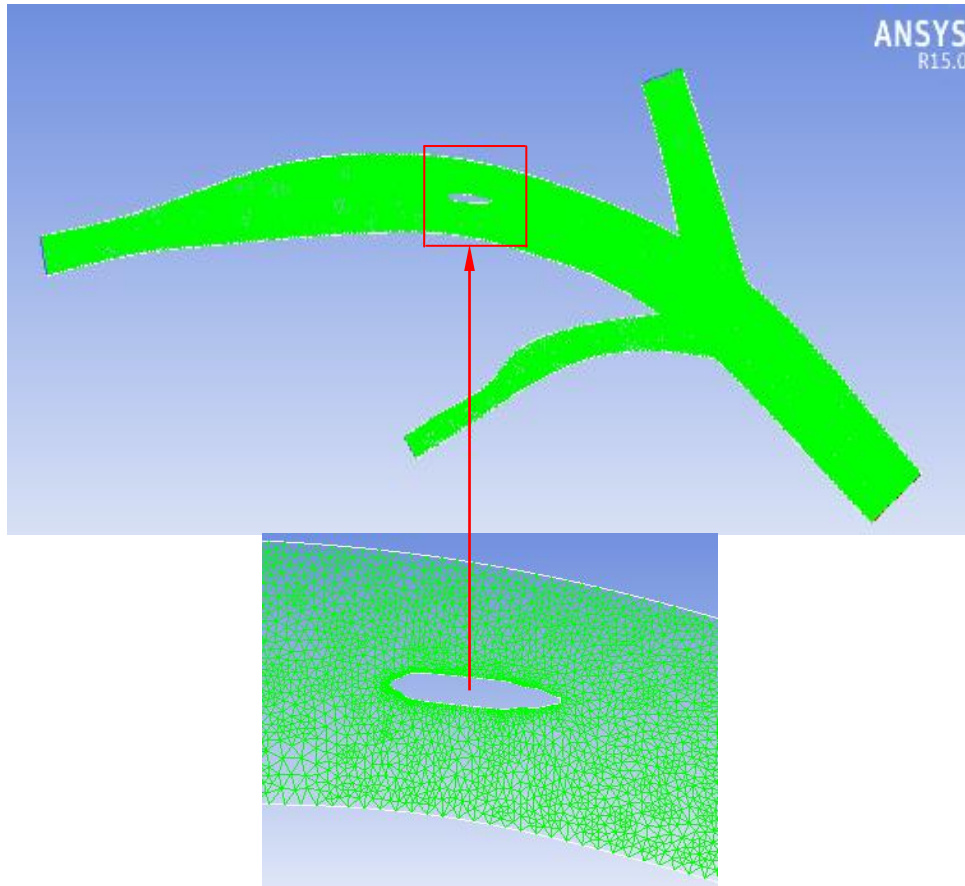
- Lựa chọn góc bẻ lái thay đổi: $\alpha^0 = \{-5^0; -10^0 - 15^0, 0^0, 5^0, 10^0, 15^0\}$, với quy ước dấu (+, hoặc không dấu) bẻ lái về phải và dấu (-) bẻ lái về trái.

- Có thể tiến hành thực hiện thêm giá trị V_t khác để so sánh.

3.4.2. Phân tích kết quả tính toán mô phỏng và đề xuất phương án điều động tàu trong trường hợp 5 (khu vực III)

3.4.2.1. Phân tích kết quả tính toán mô phỏng

Trên cơ sở quy trình tính toán, ứng dụng chương trình CFD để triển khai theo mô hình lưới động. Kết quả tính toán mô hình và chia lưới động trong trường hợp này được mô tả theo hình 3.9.



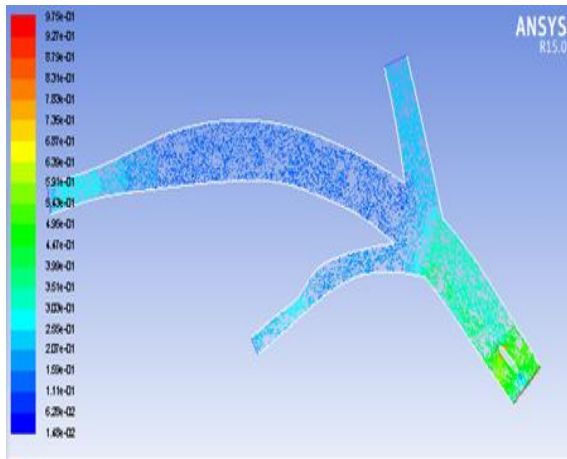
Hình 3.9. Kết quả tính toán mô phỏng xây dựng mô hình và chia lưới động

Với mục tiêu tính toán mô phỏng quỹ đạo chuyển động của tàu thủy, lựa chọn các tổ hợp chân vịt - bánh lái (n_i, α_i) , để đưa ra phương án điều động tàu tối ưu nhất. Nghĩa là, quỹ đạo chuyển động của tàu bám sát quỹ đạo cho trước với số lần điều động phù hợp nhất có thể. Trên cơ sở khảo sát phân tích đặc điểm của khu vực tuyến luồng, nghiên cứu sinh chia thành các giai đoạn điều động khác nhau, ký hiệu là $ĐĐ_i$ ($i = 1 \div n$), đối với trường hợp này thì $n = 3$.

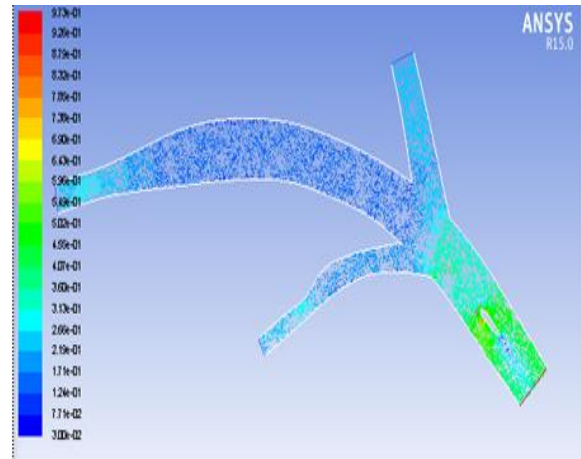
Giai đoạn điều động tàu $ĐĐ_1$

Xét trường hợp giữ nguyên vận tốc tàu $V_t = 0,75$ knots (tức là không thay đổi vòng quay chân vịt), nhưng giá trị góc bẻ lái α^0 thay đổi.

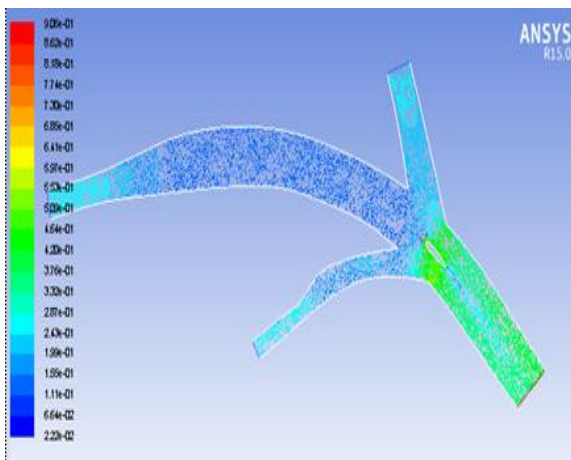
Kết quả mô phỏng tính toán cụ thể quỹ đạo chuyển động của tàu thủy (vị trí thay đổi của tàu thủy) và các thông số động lực học dòng chảy, theo các bước thời gian khác nhau (tại các thời điểm khác nhau $t_i, i = 1 \div n$), được mô tả từ hình 3.10 đến hình 3.16.



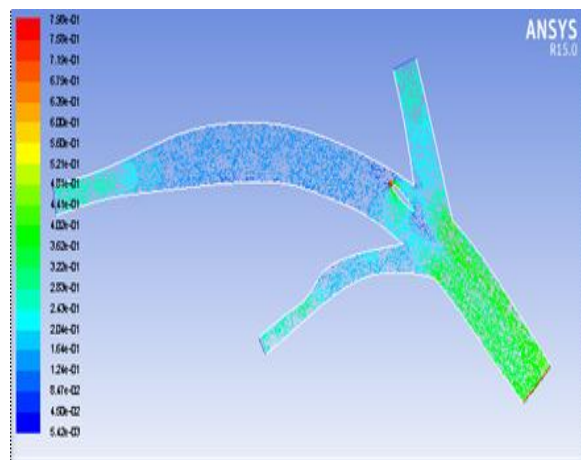
a)



b)

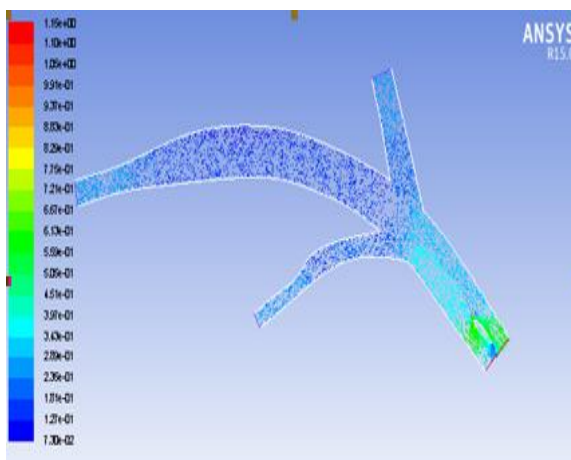


c)

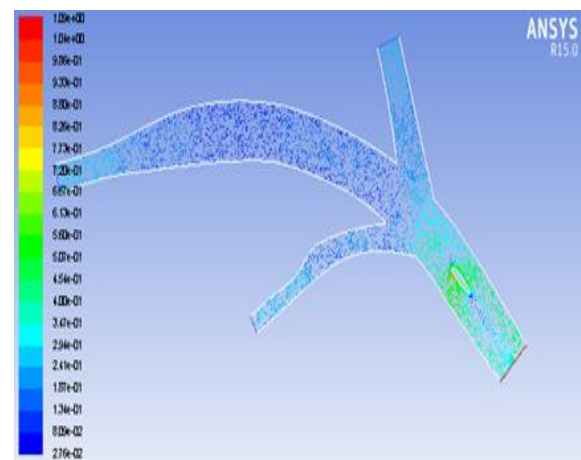


d)

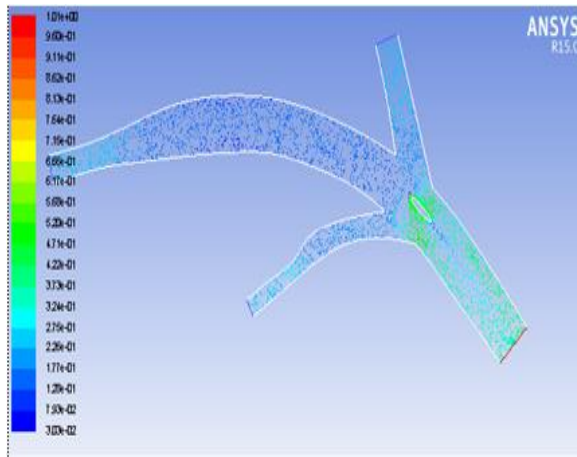
Hình 3.10. Kết quả tính toán mô phỏng quỹ đạo chuyển động tàu thủy và vận tốc dòng chảy tương tác với tàu tại thời điểm khác nhau t_i ($i = 1 \div 4$), khi góc bẻ lái $\alpha^0 = 0^0$: a) $t_1 = 0,5s$; b) $t_2 = 2,5s$; c) $t_3 = 6,5s$; d) $t_4 = 9,5s$.



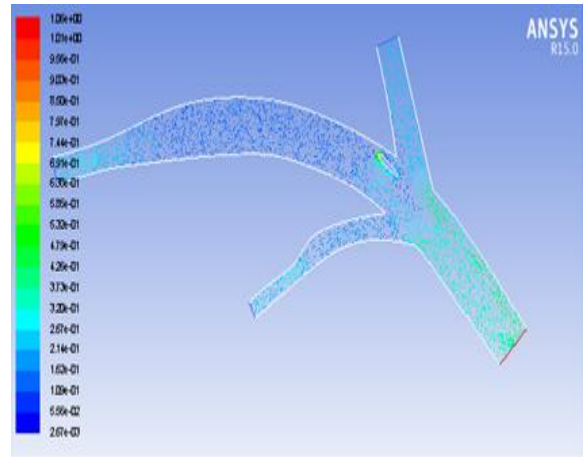
a)



b)

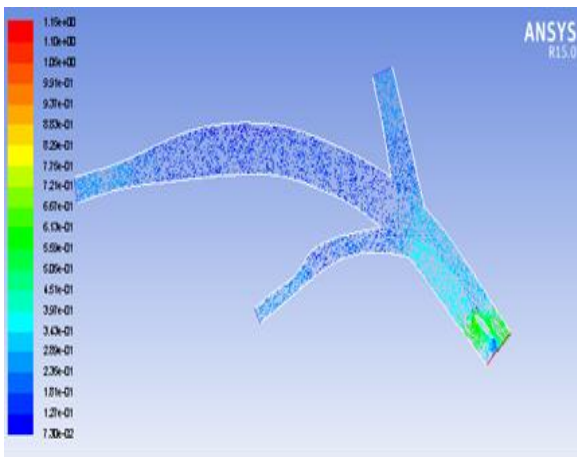


c)

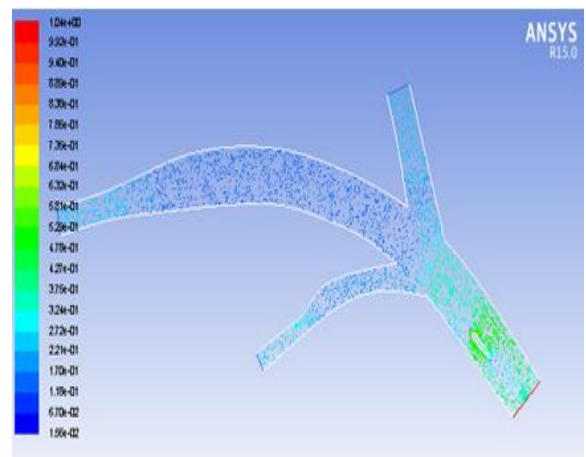


d)

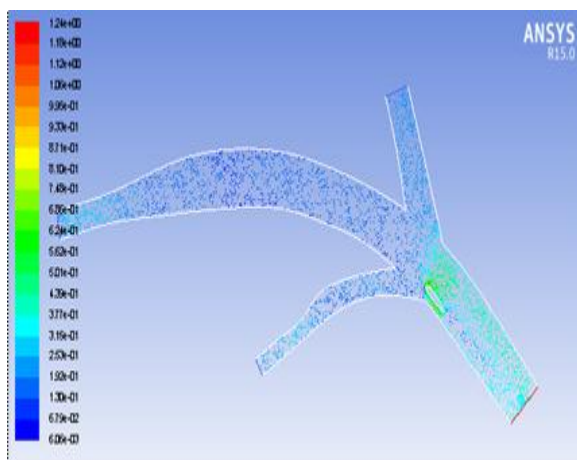
Hình 3.11. Kết quả tính toán mô phỏng quỹ đạo chuyển động của tàu thủy và vận tốc dòng chảy tương tác với tàu tại thời điểm khác nhau t_i ($i = 1 \div 4$), khi góc bề lái $\alpha^0 = 5^0$: a) $t_1 = 0,5s$; b) $t_2 = 3,5s$; c) $t_3 = 6,75s$; d) $t_4 = 9,5s$.



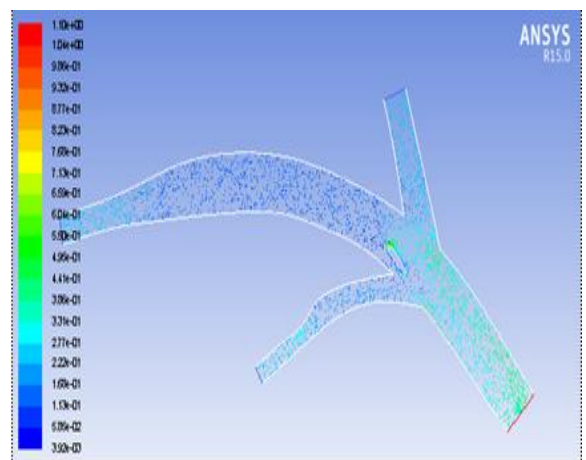
a)



b)

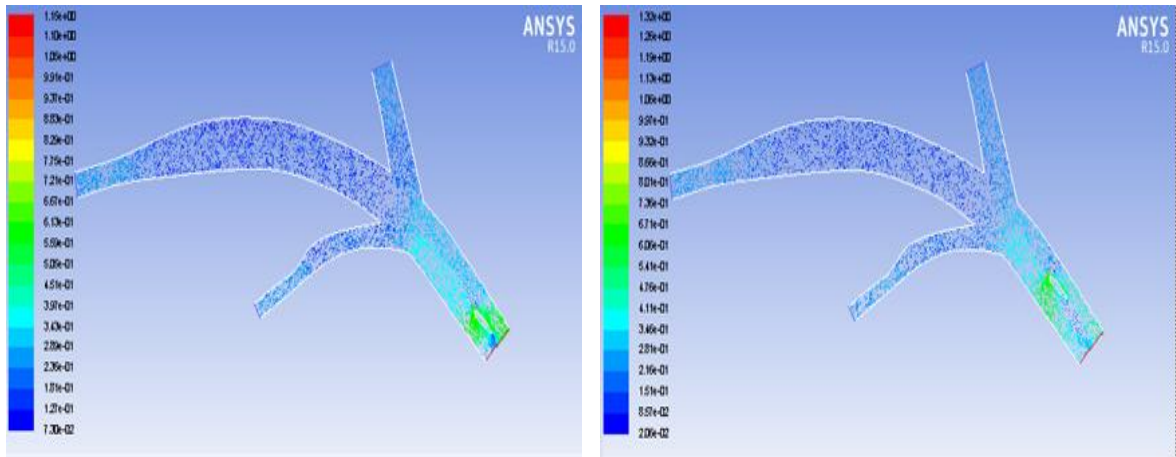


c)



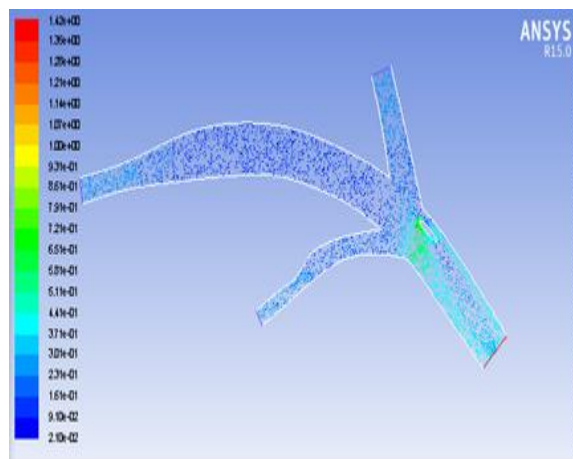
d)

Hình 3.12. Kết quả tính toán mô phỏng quỹ đạo chuyển động của tàu thủy và vận tốc dòng chảy tương tác với tàu tại thời điểm khác nhau t_i ($i = 1 \div 4$), khi góc bẻ lái $\alpha^0 = -5^0$: a) $t_1 = 0,5s$; b) $t_2 = 2,5s$; c) $t_3 = 5,75s$; d) $t_4 = 8,5s$.



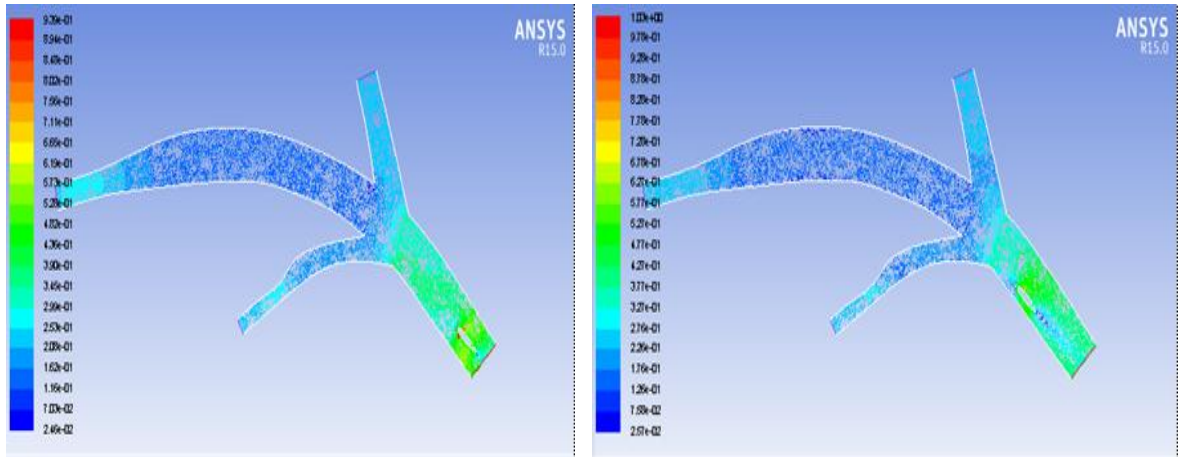
a)

b)



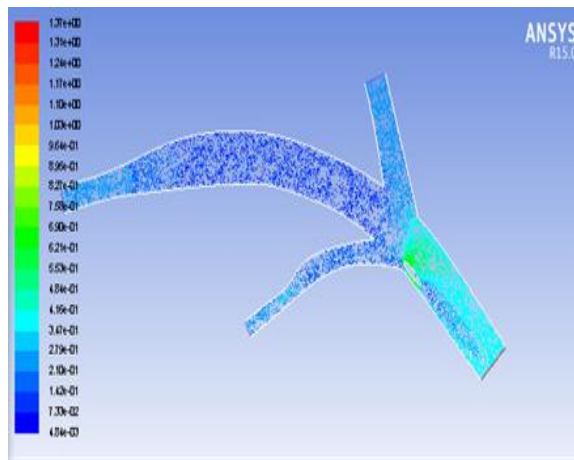
c)

Hình 3.13. Kết quả tính toán mô phỏng quỹ đạo chuyển động của tàu thủy và vận tốc dòng chảy tương tác với tàu tại thời điểm khác nhau t_i ($i = 1 \div 3$), khi góc bẻ lái $\alpha^0 = 10^0$: a) $t_1 = 0,5s$; b) $t_2 = 2,5s$; c) $t_3 = 6,0s$.



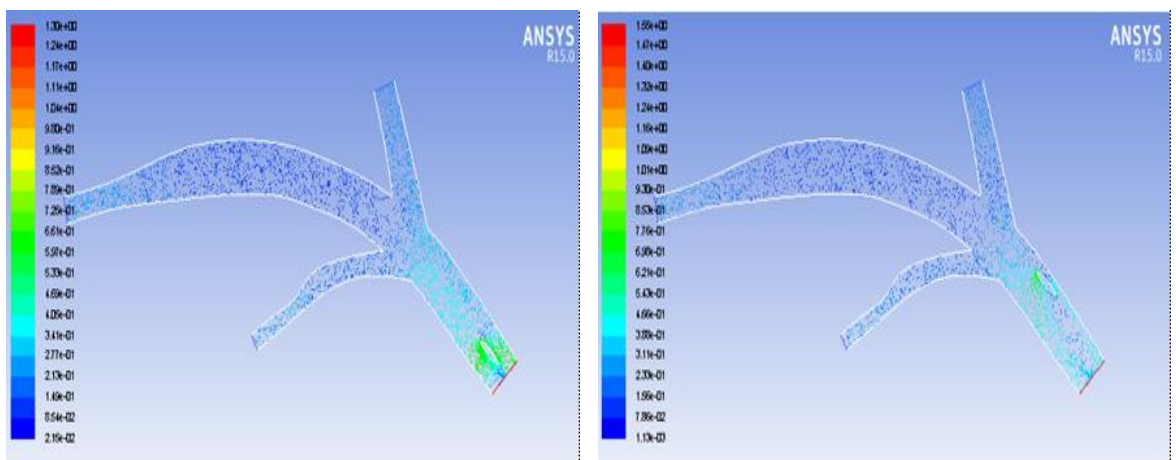
a)

b)



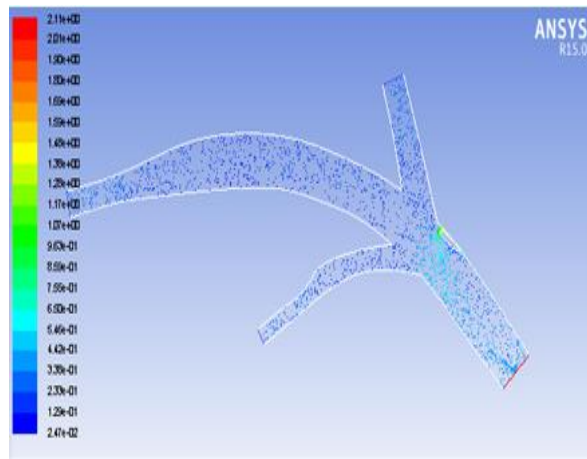
c)

Hình 3.14. Kết quả tính toán mô phỏng quỹ đạo chuyển động của tàu thủy và vận tốc dòng chảy tương tác với tàu tại thời điểm khác nhau t_i ($i = 1 \div 3$), khi góc bề lái $\alpha^0 = -10^0$: a) $t_1 = 0,5s$; b) $t_2 = 3,5s$; c) $t_3 = 5,0s$.



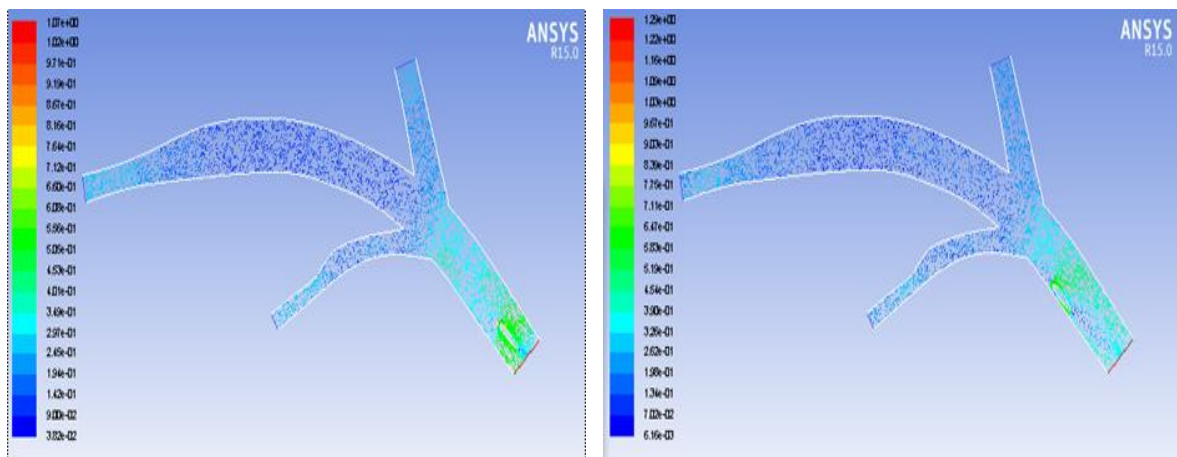
a)

b)



c)

Hình 3.15. Kết quả tính toán mô phỏng quỹ đạo chuyển động của tàu thủy và vận tốc dòng chảy tương tác với tàu tại thời điểm khác nhau t_i ($i = 1 \div 3$), khi góc bề lái $\alpha^0 = 15^0$: a) $t_1 = 0,5s$; b) $t_2 = 4,0s$; c) $t_3 = 6,0s$.



a)

b)

Hình 3.16. Kết quả tính toán mô phỏng quỹ đạo chuyển động của tàu thủy và vận tốc dòng chảy tương tác với tàu tại thời điểm khác nhau t_i ($i = 1 \div 2$), khi góc bề lái $\alpha^0 = -15^0$: a) $t_1 = 0,5s$; b) $t_2 = 3,5s$.

Phân tích các kết quả tính toán mô phỏng nhận được từ hình 3.10 đến hình 3.16, nhận xét rằng:

- Khi giữ nguyên vận tốc tàu (giữ nguyên vòng quay chân vịt), nhưng thực hiện 7 lần thay đổi góc bề lái khác nhau: $\alpha^0 = \{-5^0; -10^0 - 15^0, 0^0, 5^0, 10^0, 15^0\}$, hình ảnh quỹ đạo của tàu theo tính toán mô phỏng sẽ chỉ rõ cụ thể

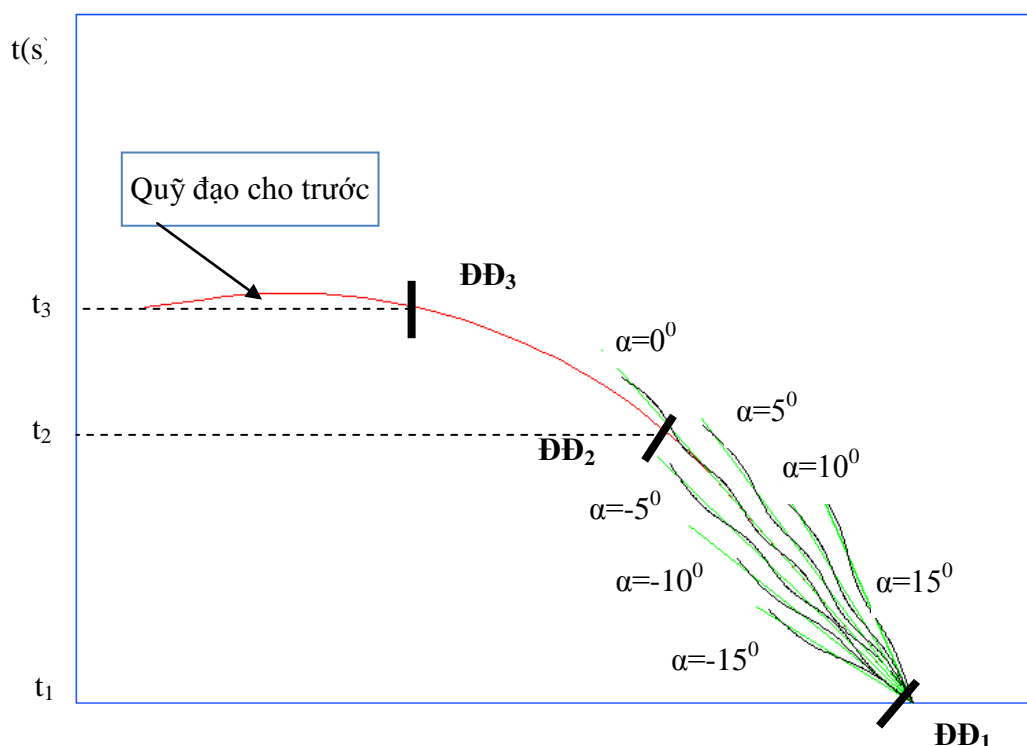
trường hợp nào bám sát quỹ đạo cho trước nhất và từ đó có thể lựa chọn. Tổng hợp kết quả tính toán mô phỏng cho trong bảng 3.2 như sau.

Bảng 3.2. Tổng hợp kết quả tính toán mô phỏng quỹ đạo chuyển động của tàu

Thay đổi góc bẻ lái α^0	Theo bước thời gian t_i ($i = 1 \div n$), (s)				Nhận xét quỹ đạo chuyển động của tàu thủy
	t_1	t_2	t_3	t_4	
$\alpha^0 = -15^0$	$t_1 = 0,5s$	$t_2 = 3,5s$	-	-	Không bám quỹ đạo
$\alpha^0 = -10^0$	$t_1 = 0,5s$	$t_2 = 3,5s$	$t_3 = 5,0s$	-	Nhanh chóng rời khỏi quỹ đạo cho trước
$\alpha^0 = -5^0$	$t_1 = 0,5s$	$t_2 = 2,5s$	$t_3 = 5,75s$	$t_4 = 8,5s$	Quỹ đạo chuyển động tàu thủy bám quỹ đạo cho trước, nhưng quan sát từ kết quả mô phỏng cho chu kỳ dao động không đều.
$\alpha^0 = 0^0$	$t_1 = 0,5s$	$t_2 = 2,5s$	$t_3 = 6,5s$	$t_4 = 9,5s$	Quỹ đạo chuyển động tàu thủy bám sát quỹ đạo cho trước nhất. Đây là trường hợp tối ưu được lựa chọn.
$\alpha^0 = 5^0$	$t_1 = 0,5s$	$t_2 = 3,5s$	$t_3 = 6,75s$	$t_4 = 9,5s$	Tương tự như $\alpha^0 = -5^0$
$\alpha^0 = 10^0$	$t_1 = 0,5s$	$t_2 = 2,5s$	$t_3 = 6,0s$	-	Nhanh chóng rời khỏi quỹ đạo cho trước
$\alpha^0 = 15^0$	$t_1 = 0,5s$	$t_2 = 4,0s$	$t_3 = 6,0s$	-	Nhanh chóng rời khỏi quỹ đạo cho trước

Phân tích kết quả nhận được theo bảng 3.2, nhận xét rằng:

- Trường hợp khi $\alpha^0 = 0^0$, là trường hợp tối ưu, được nghiên cứu sinh lựa chọn. Tuy nhiên, đến thời điểm t_4 quỹ đạo chuyển động của tàu thủy lệch đáng kể so với quỹ đạo cho trước, nghĩa là vị trí tàu tại thời điểm này tiến gần phía mép luồng Hải Phòng. Từ kết quả tính toán mô phỏng và tổng hợp theo bảng 3.2, nghiên cứu sinh đề xuất phương án điều động tàu thủy giai đoạn thứ nhất (ĐĐ₁), của trường hợp này theo hình 3.17.

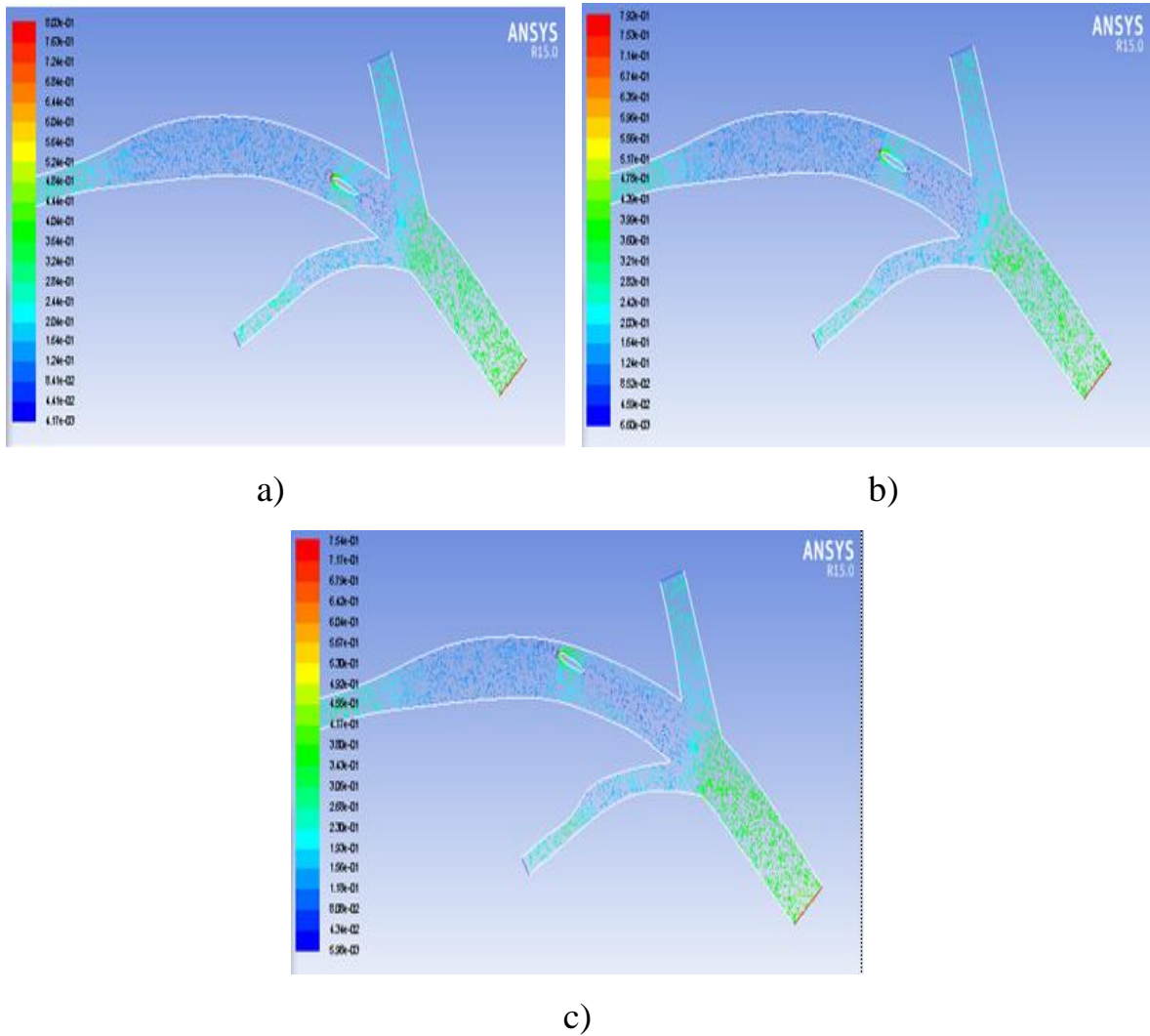


Hình 3.17. Tổng hợp vị trí của tàu thủy theo các góc bẻ lái tại ĐĐ₁

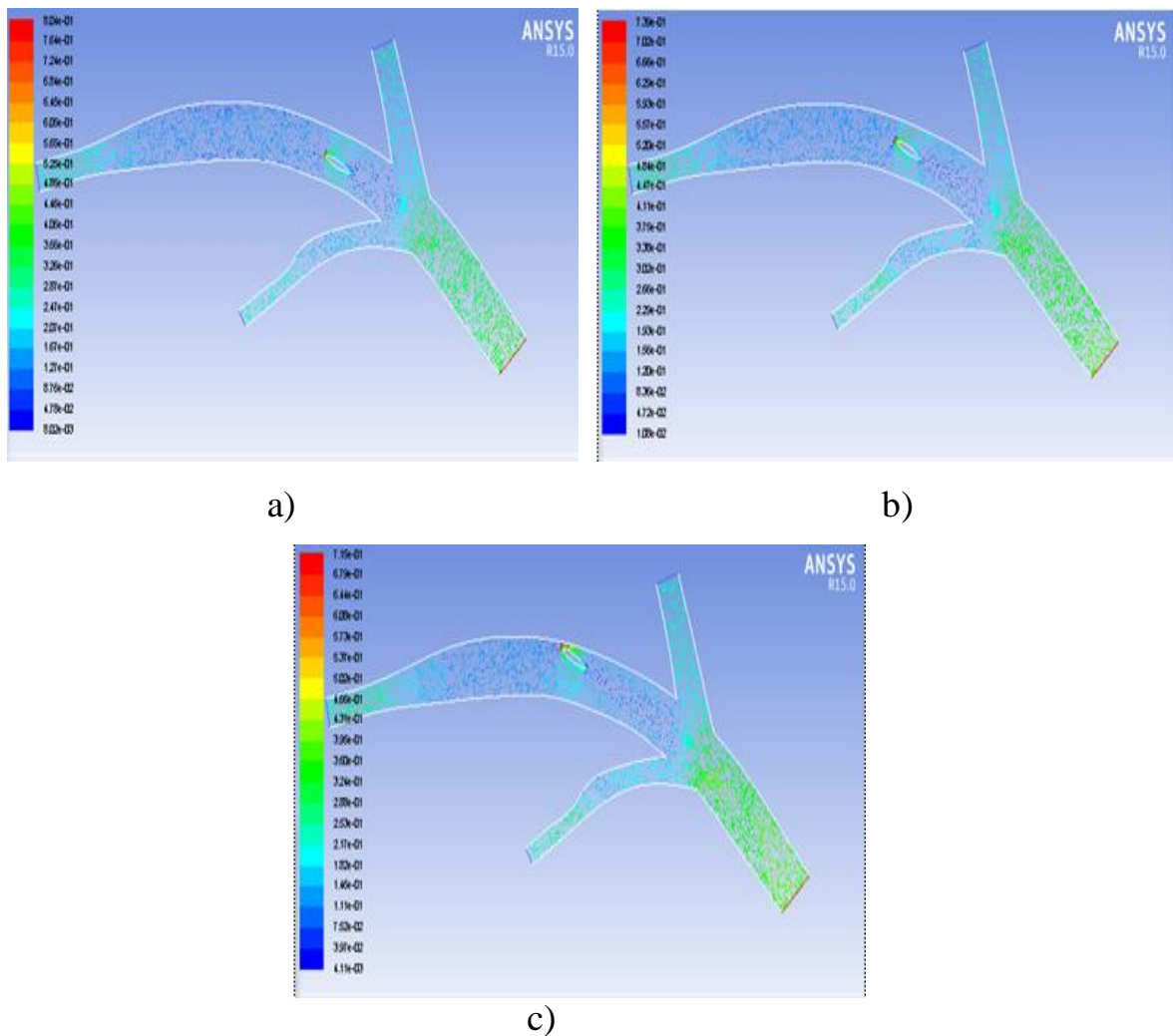
- Vấn đề đặt ra là, đến thời điểm nào cần điều động tàu? Phương án điều động tàu tiếp theo như thế nào? để quỹ đạo chuyển động của tàu bám sát theo quỹ đạo cho trước (quỹ đạo mong muốn). Vì vậy, tiếp tục tính toán mô phỏng quỹ đạo chuyển động của tàu thủy, thực hiện xây dựng các quy trình điều động tàu tại các giai đoạn tiếp theo ĐĐ₂ và ĐĐ₃, để tìm ra tổ hợp chân vịt - bánh lái tối ưu, đảm bảo rằng quỹ đạo chuyển động của tàu thủy bám sát quỹ đạo cho trước.

Giai đoạn điều động tàu ĐĐ₂

Bằng cách thực hiện tính toán mô phỏng tương tự trường hợp ĐĐ₁, giữ nguyên vận tốc chuyển động của tàu $V_t = 0,75$ knots, thay đổi giá trị góc bề lái α^0 . Trong giai đoạn này, căn cứ vào thực tế quỹ đạo cho trước, nghiên cứu sinh xét 2 trường hợp $\alpha^0 = -5^0$ và $\alpha^0 = -10^0$. Kết quả tính toán mô phỏng được mô tả cụ thể theo hình 3.18 và hình 3.19.



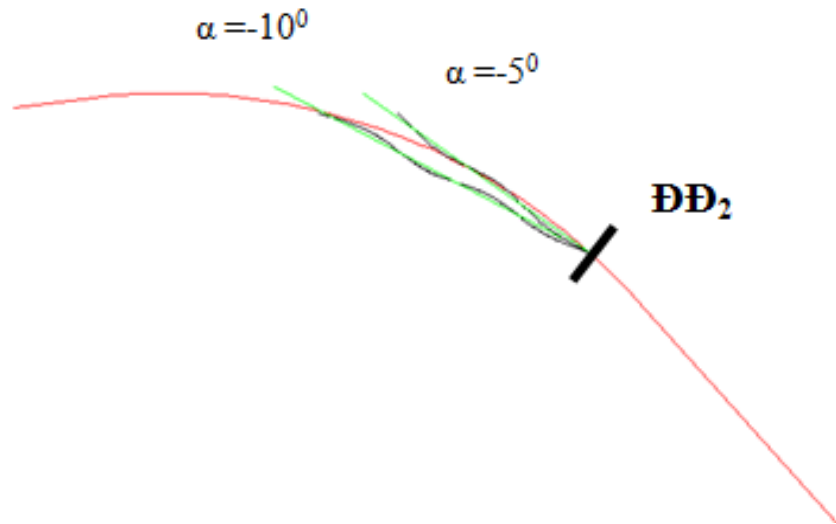
Hình 3.18. Kết quả tính toán mô phỏng quỹ đạo chuyển động của tàu thủy và vận tốc dòng chảy tương tác với tàu tại thời điểm khác nhau t_i ($i = 1 \div 3$), khi góc bề lái $\alpha^0 = -5^0$: a) $t_1 = 2,75s$; b) $t_2 = 4,75s$, c) $t_2 = 6,75s$.



Hình 3.19. Kết quả tính toán mô phỏng quỹ đạo chuyển động của tàu thủy và vận tốc dòng chảy tương tác với tàu tại thời điểm khác nhau t_i ($i = 1 \div 3$), khi góc bề lái $\alpha^0 = -10^0$: a) $t_1 = 3,5s$; b) $t_2 = 5,0s$, c) $t_2 = 7,0s$.

Phân tích kết quả nhận được từ hình 3.18 và hình 3.19, nhận xét rằng:

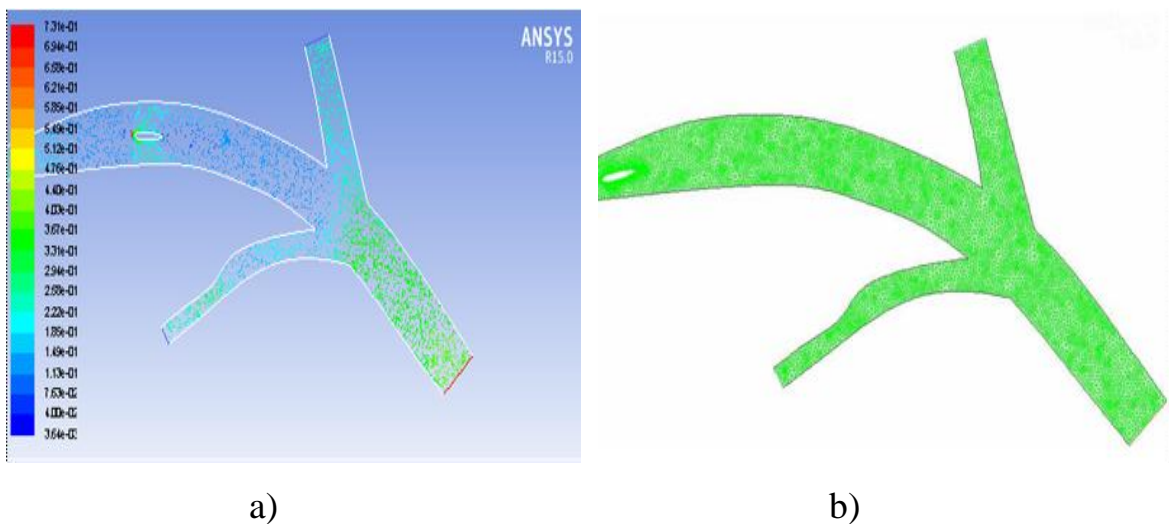
- So sánh hai trường hợp góc bề lái $\alpha^0 = -5^0$ và $\alpha^0 = -10^0$, thì trường hợp $\alpha^0 = -10^0$ cho quỹ đạo chuyển động của tàu bám sát với quỹ đạo cho trước nhất, do đó nghiên cứu sinh lựa chọn trường hợp này;
- Tổng hợp kết quả quỹ đạo chuyển động tàu thủy mô tả theo hình 3.20.



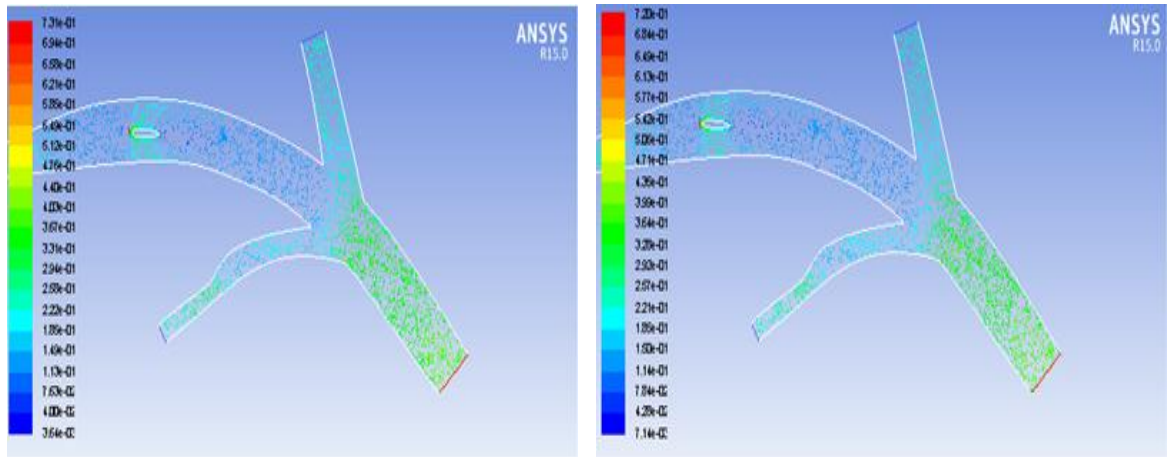
Hình 3.20. Tổng hợp vị trí của tàu theo các góc bề lái tại $ĐĐ_2$

Giai đoạn điều động tàu $ĐĐ_3$

Thực hiện tính toán mô phỏng tương tự trường hợp $ĐĐ_1$ và $ĐĐ_2$, giữ nguyên vận tốc chuyển động của tàu $V_t = 0,75$ knots, thay đổi giá trị góc bề lái α^0 . Trong giai đoạn này, căn cứ vào thực tế quỹ đạo cho trước, nghiên cứu sinh xét 2 trường hợp của góc bề lái $\alpha^0 = 0^0$ và $\alpha^0 = 5^0$. Kết quả được mô tả cụ thể theo hình 3.21 và hình 3.22.

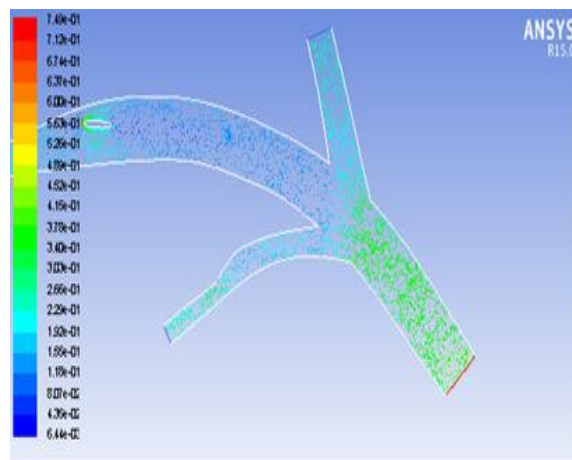


Hình 3.21. Kết quả tính toán mô phỏng quỹ đạo chuyển động của tàu thủy và vận tốc dòng chảy tương tác với tàu tại thời điểm khác nhau t_i ($i = 1 \div 2$), khi góc bề lái $\alpha^0 = 0^0$: a) $t_1 = 3,5s$; b) $t_2 = 5,0s$.



a)

b)



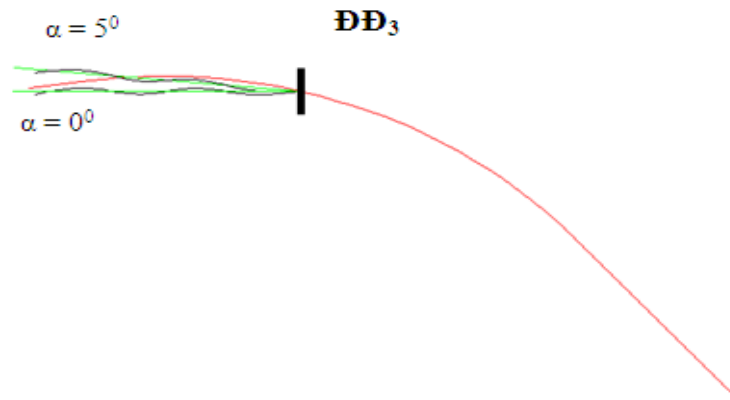
c)

Hình 3.22. Kết quả tính toán mô phỏng quỹ đạo chuyển động của tàu thủy và vận tốc dòng chảy tương tác với tàu tại thời điểm khác nhau t_i ($i = 1 \div 3$), khi góc bề lái $\alpha^0 = 5^0$: a) $t_1 = 3,5s$; b) $t_2 = 4,75s$, c) $t_2 = 6,5s$.

Phân tích kết quả nhận được từ hình 3.21 và hình 3.22, nhận xét rằng:

- So sánh hai trường hợp góc bề lái $\alpha^0 = 0^0$ và $\alpha^0 = 5^0$, thì trường hợp $\alpha^0 = 0^0$ cho quỹ đạo chuyển động của tàu bám sát với quỹ đạo cho trước nhất, do đó nghiên cứu sinh lựa chọn trường hợp này;

- Tổng hợp kết quả quỹ đạo chuyển động tàu thủy mô tả theo hình 3.23.

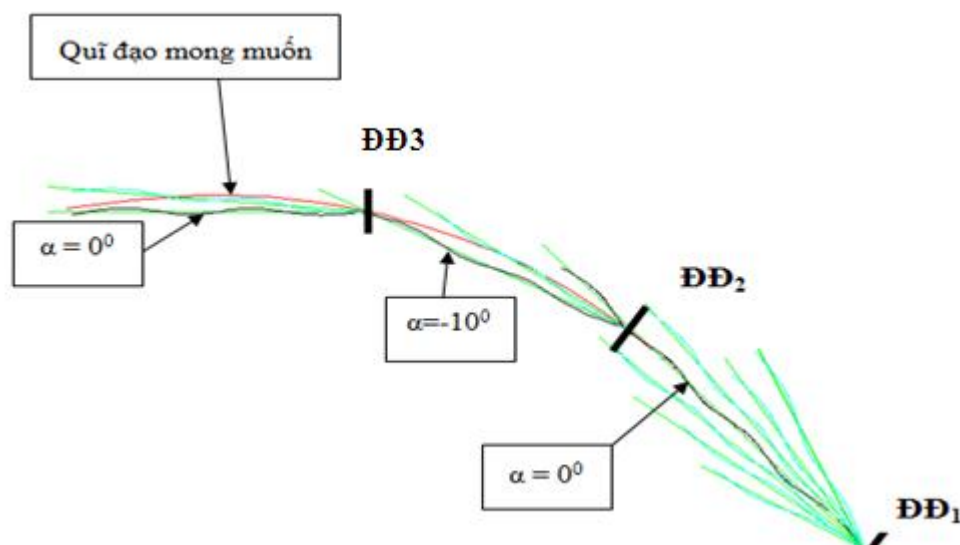


Hình 3.23. Tổng hợp vị trí của tàu theo các góc bẻ lái tại DD₃

Từ kết quả nhận được trong hình 3.17, hình 3.20 và hình 3.23, nghiên cứu sinh tổng hợp kết quả nhận được cho ba giai đoạn điều động tàu là DD₁, DD₂ và DD₃, của trường hợp 5 (khu vực III - tiềm ẩn nhiều nguy cơ mất an toàn hàng hải), mô tả theo bảng 3.3 và hình 3.24.

Bảng 3.3. Tổng hợp các tổ hợp chân vịt - bánh lái tối ưu của trường hợp 5

Giai đoạn DD _i	Tổ hợp tối ưu (n _i , α _i)	Kết quả nhận được
DD ₁	(110 rpm - 0 ⁰)	Quỹ đạo chuyển động của tàu thủy bám sát quỹ đạo cho trước nhất.
DD ₂	(110 rpm - (-10 ⁰))	
DD ₃	(110 rpm - 0 ⁰)	



Hình 3.24. Tổng hợp vị trí tàu theo quỹ đạo mong muốn tại DD₁, DD₂ và DD₃

3.4.2.2. Đề xuất phương án điều động tàu trong trường hợp 5 (khu vực III)

Từ kết quả nhận được theo hình 3.24 và bảng 3.3, đề quỹ đạo chuyển động của tàu bám sát với quỹ đạo mong muốn, giới hạn nghiên cứu với tàu có 01 chân vịt chiều phải, có trọng tải tương đương với tàu M/V TAN CANG FOUNDATION, mà nghiên cứu sinh đang thực hiện.

Nghiên cứu sinh đề xuất phương án điều động tàu tại khu vực III, nhằm khuyến cáo thuyền trưởng và hoa tiêu dẫn tàu qua khu vực này, góp phần đảm bảo an toàn hàng hải như sau:

Khi tàu hành trình trên tuyến luồng hàng hải Hải Phòng, từ cảng chính ra khu vực đón trả hoa tiêu, qua khu vực III - tiềm ẩn nhiều nguy cơ mất an toàn hàng hải (trường hợp mô hình nghiên cứu 5). Khuyến cáo phương án điều động tàu cho hoa tiêu và thuyền trưởng, tiến hành điều động tàu theo 3 giai đoạn sau:

- Từ vị trí hiện tại của tàu thủy ở ĐĐ₁ và thời gian hiện tại đã biết t_1 , tàu chạy với vận tốc $V_t = 0,75$ knots ($n = 110$ rpm), theo hướng đi biết trước, đưa ra khẩu lệnh với góc bẻ lái ban đầu $\alpha^0 = 0^0$ và thủy thủ lái giữ ổn định trên hướng đi này. Khi tàu chạy được với khoảng thời gian $\Delta t = 2$ phút, tương ứng với quãng đường $S \approx 0,3$ hải lý, tàu đến vị tại ĐĐ₂.

- Từ vị trí hiện tại của tàu ở ĐĐ₂, giữ nguyên số vòng quay chân vịt, đưa ra khẩu lệnh với góc bẻ lái ban đầu tiếp theo $\alpha^0 = -10^0$, thủy thủ lái giữ ổn định trên hướng đi này. Khi tàu chạy được với khoảng thời gian $\Delta t \approx 1,5$ phút tương ứng với quãng đường $S \approx 0,25$ hải lý, đến vị trí tàu tại ĐĐ₃.

- Từ vị trí hiện tại của tàu ở ĐĐ₃, giữ nguyên số vòng quay chân vịt, đưa ra khẩu lệnh với góc bẻ lái ban đầu tiếp theo $\alpha^0 = 0^0$. Tàu tiếp tục chạy với hướng đi đã định và ra khỏi khu vực này an toàn, hành trình trên tuyến luồng Hải Phòng theo kế hoạch.

3.4.3. Phân tích kết quả tính toán mô phỏng và đề xuất phương án điều động tàu qua các trường hợp của khu vực I, II và IV

Việc tính toán mô phỏng, xây dựng quy trình nghiên cứu, phân tích, đánh giá, biện luận, lựa chọn tổ hợp chân vịt - bánh lái tối ưu và đề xuất phương án điều động tàu thủy đảm bảo cho quỹ đạo chuyển động của tàu bám sát quỹ đạo mong muốn trên tuyến luồng hàng hải Hải Phòng, khi tàu qua các khu vực I, II, III, IV cho 7 trường hợp còn lại được thực hiện tương tự như trường hợp 5 của khu vực III. Riêng đối với trường hợp 6 cùng khu vực III, bản chất thực hiện tương tự nhưng tàu hành trình theo chiều ngược lại.

3.3.3.1. Phân tích kết quả tính toán mô phỏng

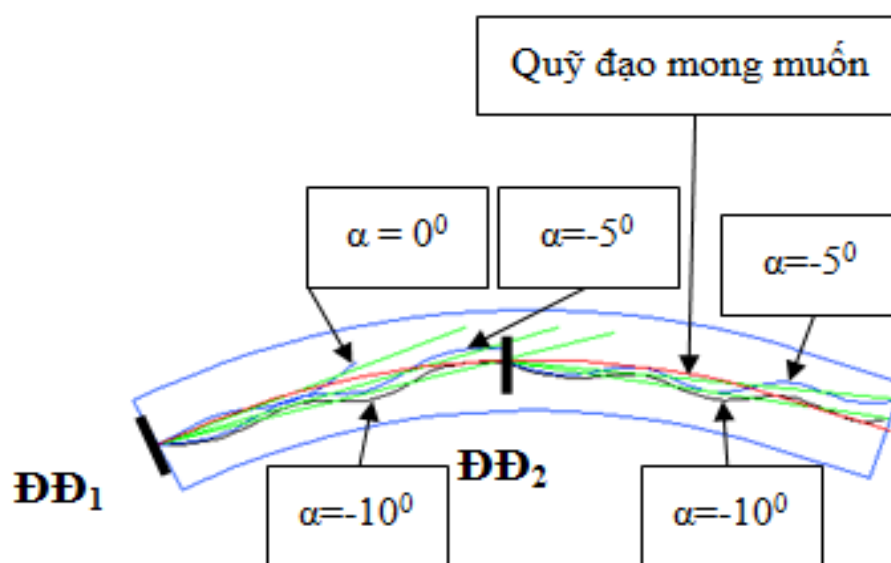
Nghiên cứu sinh đã thực hiện quá trình tính toán mô phỏng cụ thể chuyển động tàu thủy theo bước thời gian khác nhau và tính toán mô phỏng chia lưới động của 7 trường hợp theo 3 khu vực I, II và IV còn lại.

Kết quả tính toán mô phỏng cụ thể cho trong Phụ lục 2 của luận án.

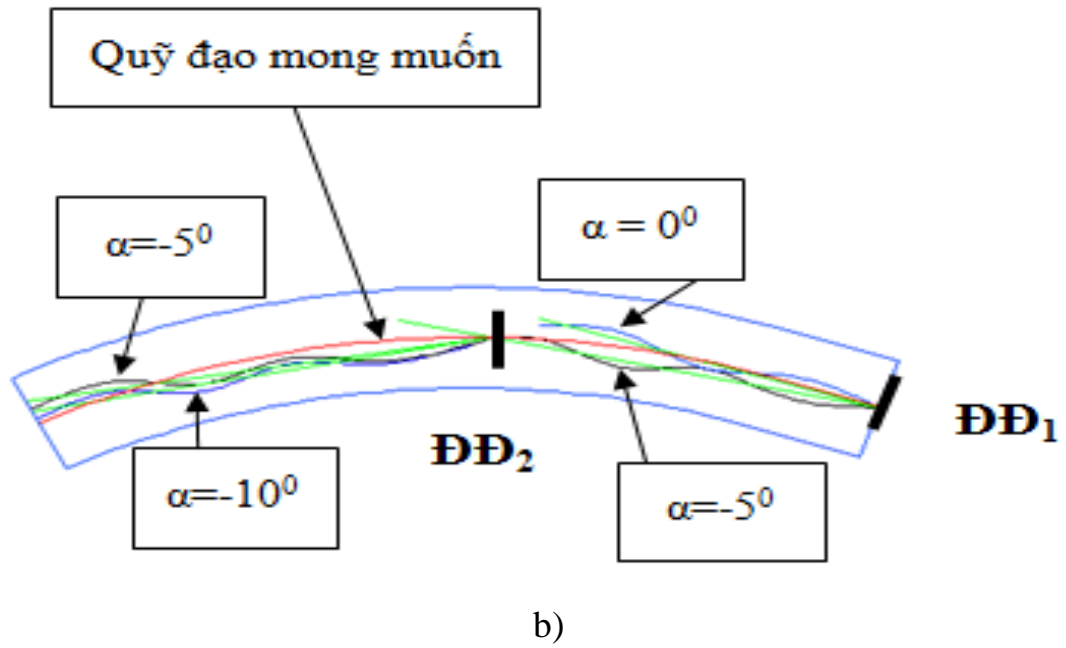
3.3.3.2. Tổng hợp kết quả và đề xuất phương án điều động

Nghiên cứu sinh tổng hợp kết quả cuối cùng vị trí tàu bám theo quỹ đạo cho trước của từng trường hợp còn lại, mô tả từ hình 3.25 đến hình 3.28.

a) Đối với khu vực I

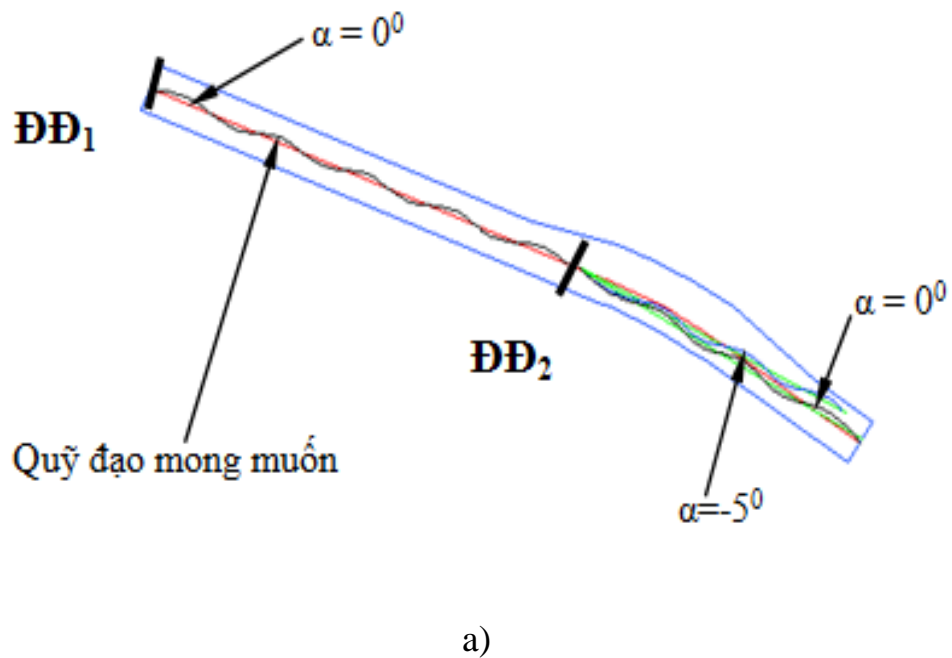


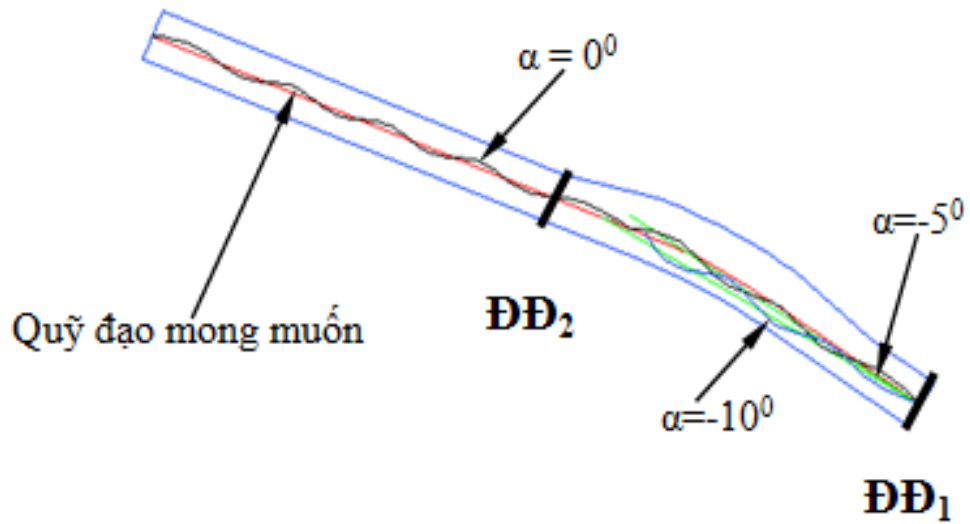
a)



Hình 3.25. Tổng hợp vị trí tàu bám theo quỹ đạo mong muốn tại ĐĐ₁ và ĐĐ₂:
 a) Trường hợp 1 (HPP1 → PS1); b) Trường hợp 2 (PS1 → HPP1)

b) Đối với khu vực II

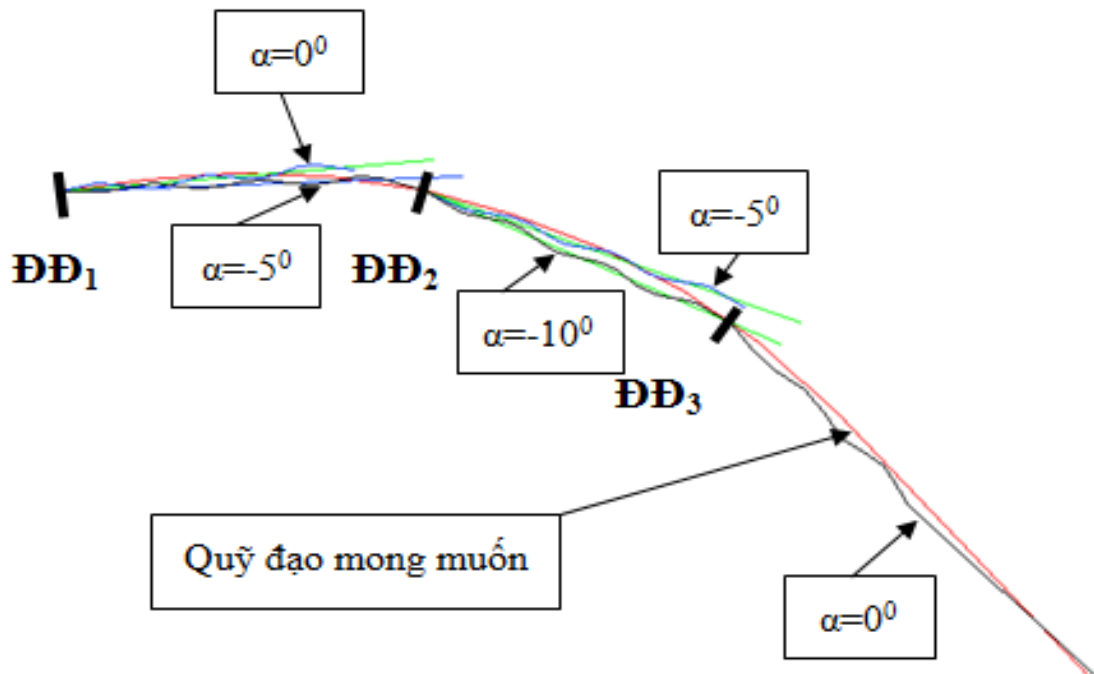




b)

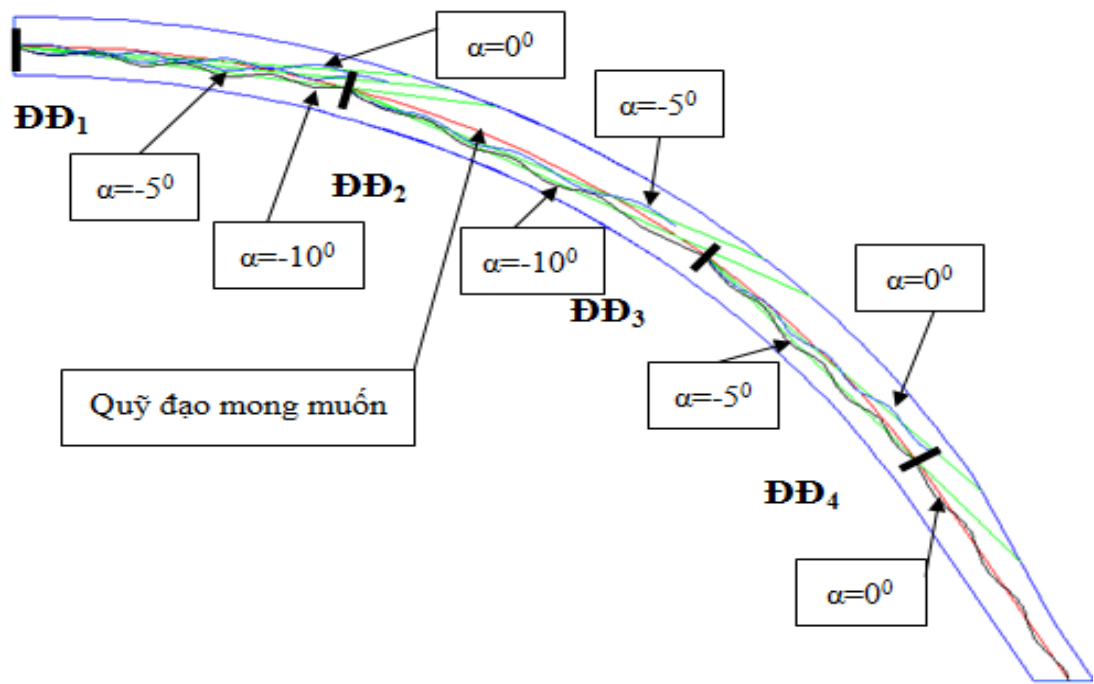
Hình 3.26. Tổng hợp vị trí tàu bám theo quỹ đạo mong muốn tại ĐĐ₁ và ĐĐ₂:
 a) Trường hợp 3 (HPP2 → PS2); b) Trường hợp 4 (PS2 → HPP2)

c) Đối với khu vực III

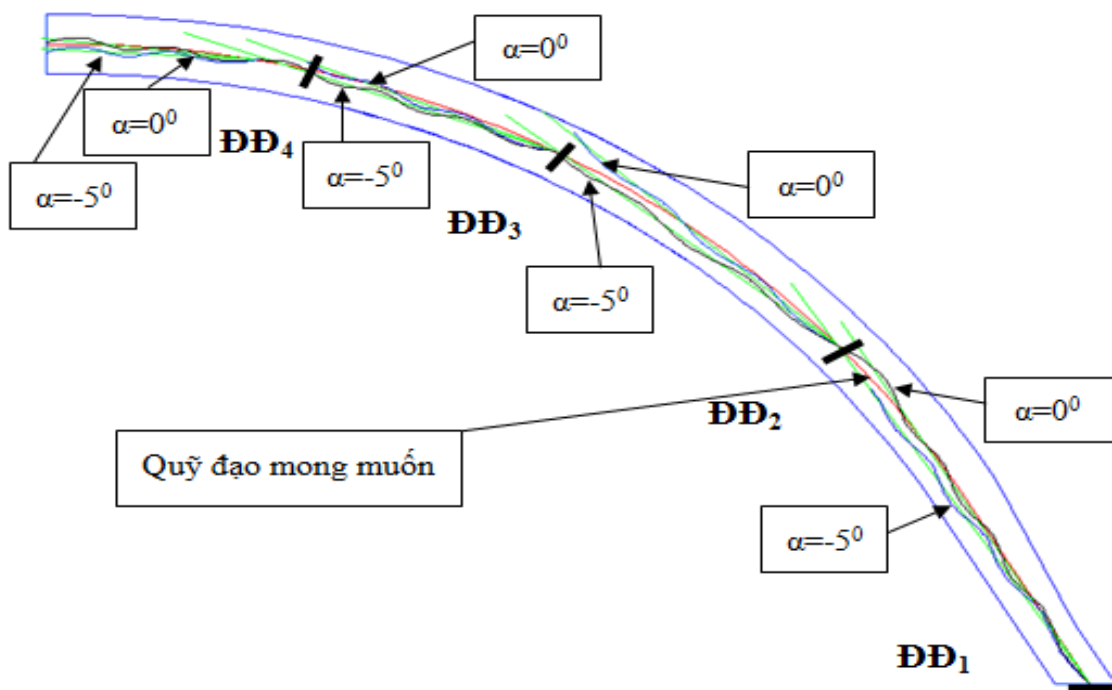


Hình 3.27. Tổng hợp vị trí tàu bám theo quỹ đạo mong muốn tại ĐĐ₁, ĐĐ₂ và ĐĐ₃ của trường hợp 6 (PS3 → HPP3)

d) Đối với khu vực IV



a)



b)

Hình 3.28. Tổng hợp vị trí tàu bám quỹ đạo mong muốn tại ĐĐ₁, ĐĐ₂, ĐĐ₃ và ĐĐ₄: a) Trường hợp 7 (HPP4 → PS4); b) Trường hợp 8 (PS4 → HPP4)

Trên cơ sở kết quả nhận được từ hình 3.25 đến hình 3.28, bằng việc phân tích, đánh giá và biện luận tương tự trường hợp 5 của khu vực III, đối với 7 trường hợp còn lại kết luận rằng:

- Đã chỉ rõ và lựa chọn được tổ hợp chân vịt - bánh lái tối ưu cho từng trường hợp;

- Từ đó hoàn toàn đề xuất được phương án điều động tàu trong mỗi giai đoạn của từng trường hợp đảm bảo tối ưu, sao cho quỹ đạo chuyển động thật của tàu bám sát với quỹ đạo cho trước.

3.5. Kết luận chương 3

Chương 3 tập trung nghiên cứu tính toán mô phỏng tác động của tổ hợp chân vịt - bánh lái đến quỹ đạo chuyển động tàu thủy tại 4 khu vực tiềm ẩn nguy cơ mất an toàn hàng hải tương ứng với 8 trường hợp khác nhau trên tuyến luồng Hải Phòng, với các kết quả cụ thể sau:

- Từ nghiên cứu khảo sát thực tế, đã xây dựng mô hình nghiên cứu thực tế tại 4 khu vực tiềm ẩn nguy cơ tai nạn hàng hải trên tuyến luồng Hải Phòng;

- Xây dựng quy trình tính toán mô phỏng cho từng trường hợp giới hạn nghiên cứu ứng với tổ hợp chân vịt và bánh lái khác nhau bằng CFD với phần mềm Fluent - Ansys. Đặc biệt là tính toán mô phỏng mô hình chia lưới động đồng dạng với tàu M/V TAN CANG FOUNDATION theo bước thời gian thực trong 8 trường hợp của 4 khu vực trên tuyến luồng Hải Phòng.

- Tính toán mô phỏng tác động của tổ hợp chân vịt - bánh lái đến quỹ đạo chuyển động tàu thủy trong 8 trường hợp của 4 khu vực trên tuyến luồng Hải Phòng. Với kết quả tính toán mô phỏng cụ thể và tường minh, từ đó nghiên cứu sinh phân tích, đánh giá và lựa chọn tổ hợp chân vịt - bánh lái tối ưu đối với từng trường hợp.

- Từ các tổ hợp chân vịt - bánh lái tối ưu đối với từng trường hợp được lựa chọn, nghiên cứu sinh đã đề xuất phương án điều động tàu qua các khu vực này phù hợp nhất, đảm bảo quỹ đạo chuyển động thật của tàu bám sát với quỹ đạo cho trước của tuyến luồng hàng hải Hải Phòng.

CHƯƠNG 4. NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM PHÂN TÍCH, SO SÁNH VÀ ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ

4.1. Tổng quan một số hệ thống thí nghiệm về tương tác chân vịt - bánh lái tàu thủy trên thế giới

Liên quan đến nội dung và vấn đề nghiên cứu thực nghiệm của đề tài luận án, nghiên cứu sinh đã chủ động nghiên cứu, tìm tòi, phân tích và đánh giá một số hệ thống thí nghiệm trên thế giới.

Hầu hết các hệ thống thí nghiệm đều thực hiện nhiều bài toán liên quan khác nhau. Vì vậy, cùng một hệ thống thí nghiệm có thể thực hiện được rất nhiều vấn đề nghiên cứu, chẳng hạn: Sự tương tác chân vịt - bánh lái tàu thủy, tác động của dòng chảy, tác động của gió đến ổn định tàu, hiện tượng xâm thực bánh lái tàu thủy,...

Trong giới hạn nghiên cứu của luận án, nghiên cứu sinh nghiên cứu thực nghiệm là tương tác tổ hợp chân vịt - bánh lái tàu thủy, cụ thể như sau:

4.1.1. Hệ thống thí nghiệm của Marintek (Na Uy).

Marintek là chi nhánh của tập đoàn SINTEF thuộc Na Uy. Hệ thống thí nghiệm này (hình 4.1) có các chức năng cơ bản sau:



Hình 4.1. Hình ảnh hệ thống thí nghiệm của Marintek

- Đo các phân bố áp suất trên chân vịt, bánh lái tàu thủy;
- Đo phân bố trường vận tốc dòng chảy tương tác bánh lái tàu thủy;
- Quan sát hiện tượng xâm thực, hiện tượng ăn mòn xâm thực;
- Đo tiếng ồn;
- Đo 6 thành phần lực.

4.1.2. Hệ thống thí nghiệm của Trường Đại học Kỹ thuật Công nghệ Sharif (Cộng hòa Hồi giáo Iran)

Hình 4.2 mô tả hệ thống thí nghiệm của Trường Đại học Kỹ thuật Công nghệ Sharif.



Hình 4.2. Hệ thống thí nghiệm tại Trường Đại học Kỹ thuật Công nghệ Sharif

Hệ thống này có thể thực hiện được nhiều bài toán thí nghiệm, trong nhiều điều kiện khác nhau, chẳng hạn: Xâm thực trên cánh dẫn, bánh lái, chân vịt tàu thủy, sự tương tác chân vịt - bánh lái tàu thủy,...

4.1.3. Hệ thống thí nghiệm của hãng Hyundai (Hàn Quốc)

Hình 4.3 mô tả tổng quan hệ thống thí nghiệm của hãng Samsung Hàn Quốc, với các chức năng cơ bản là:



Hình 4.3. Hệ thống thí nghiệm của hãng Hyundai

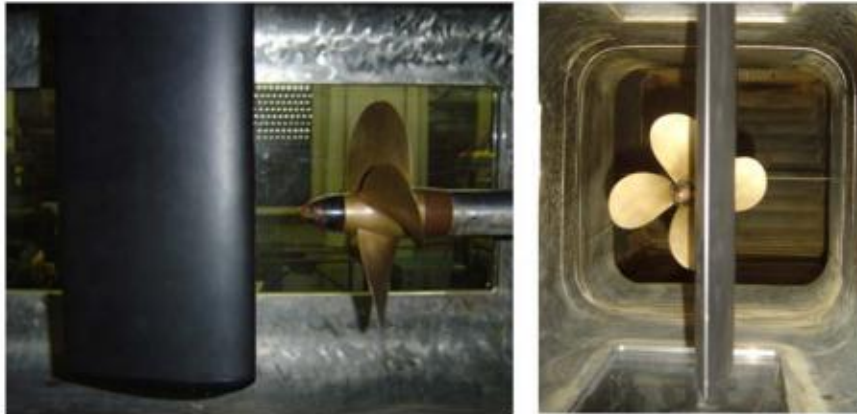
- Đo vận tốc dọc trục (vận tốc trung bình tại mặt chuyển tiếp);
- Sự tương tác chân vịt và bánh lái tàu thủy,
- Phân bố áp suất, vận tốc,...
- Quan sát xâm thực;
- Đo sự dao động áp suất;
- Kiểm tra ăn mòn xâm thực,...

4.1.4. Hệ thống thí nghiệm của hãng CTO S.A (Cộng hòa Ba Lan)



Hình 4.4. Hệ thống thí nghiệm của hãng STO S.A

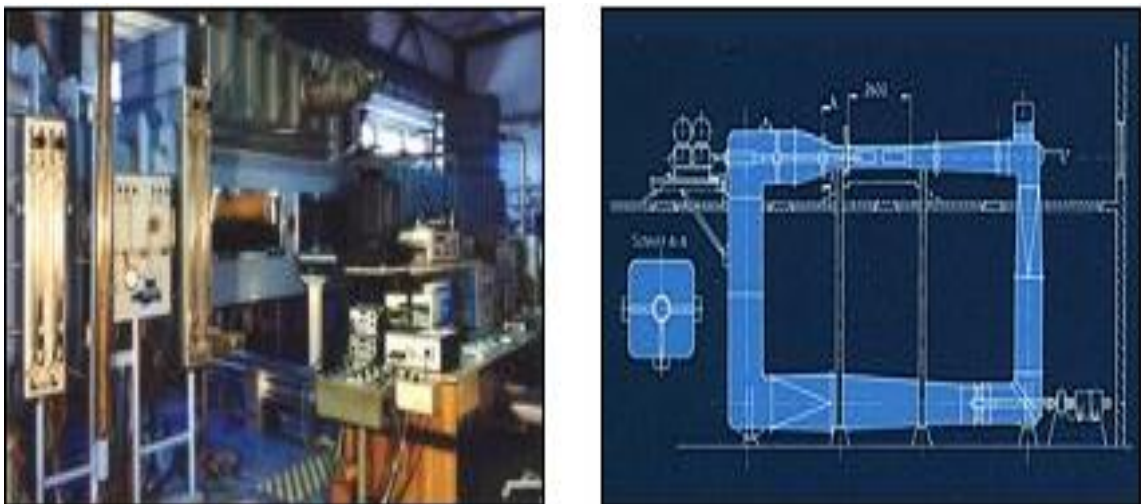
Đã có nhiều kết quả điển hình nghiên cứu về tương tác chân vịt - bánh lái tàu thủy, xâm thực bánh lái,... được thực hiện từ phòng thí nghiệm này.



Hình 4.5. Thí nghiệm tương tác chân vịt - bánh lái tàu của hãng STO S.A

4.1.5. Hệ thống thí nghiệm tại Potsdam Model Basin (Liên bang Đức)

Hình ảnh hệ thống và sơ đồ nguyên lý được thể hiện qua hình 4.6.



Hình 4.6. Hệ thống thí nghiệm tại Potsdam Model Basin

Các chức năng cơ bản của hệ thống:

- Kiểm tra trường dòng chân vịt;
- Kiểm tra trường áp suất;
- Kiểm tra xâm thực, ăn mòn xâm thực;
- Đo các xung áp và tiếng ồn;
- Đo vận tốc bằng ống Pitot và LDV;
- Đo xung lực và mômen cũng như lực vận trên từng cánh,...

Tóm lại: Việc nghiên cứu tổng hợp nhiều hệ thống thí nghiệm về tương tác tổ hợp chân vịt - bánh lái tàu thủy, cũng như nhiều vấn đề thí nghiệm liên quan khác, đã được tiến hành trên các trường đại học, viện nghiên cứu lớn của nhiều nước trên thế giới. Từ đó có nhận xét rằng:

- Các phòng thí nghiệm được đầu tư quy mô, công suất lớn, trang thiết bị kèm theo hiện đại;

- Kết quả quan sát, đo đạc thể hiện cụ thể về vấn đề nghiên cứu;

- Hệ thống được bố trí dạng dòng chảy kín và tuần hoàn, thuận tiện cho việc tạo dải áp suất phục vụ quá trình nghiên cứu, chưa kể đến vấn đề ảnh hưởng của mặt thoáng,...

Tại Việt Nam, hiện nay chưa có Trường đại học, cơ sở đào tạo, viện nghiên cứu, tập đoàn đóng tàu,... có phòng thí nghiệm để nghiên cứu thí nghiệm chuyên sâu về sự tương tác chân vịt - bánh lái tàu thủy. Rõ ràng, việc triển khai hệ thống thí nghiệm hoàn toàn giống như trên sẽ gặp nhiều khó khăn vì nhiều nguyên nhân khác nhau.

4.2. Mục tiêu và ý tưởng thiết kế hệ thống thí nghiệm nghiên cứu sự tương tác tổ hợp chân vịt - bánh lái tàu thủy

4.2.1. Mục tiêu đặt ra

- Quan sát sự tương tác tổ hợp chân vịt - bánh lái tàu thủy;

- Đo được vận tốc trung bình tại bề mặt chuyển tiếp giữa chân vịt và bánh lái tàu thủy;

- Đo lực bẻ lái tương ứng với các tổ hợp chân vịt - bánh lái của hệ thống thí nghiệm;

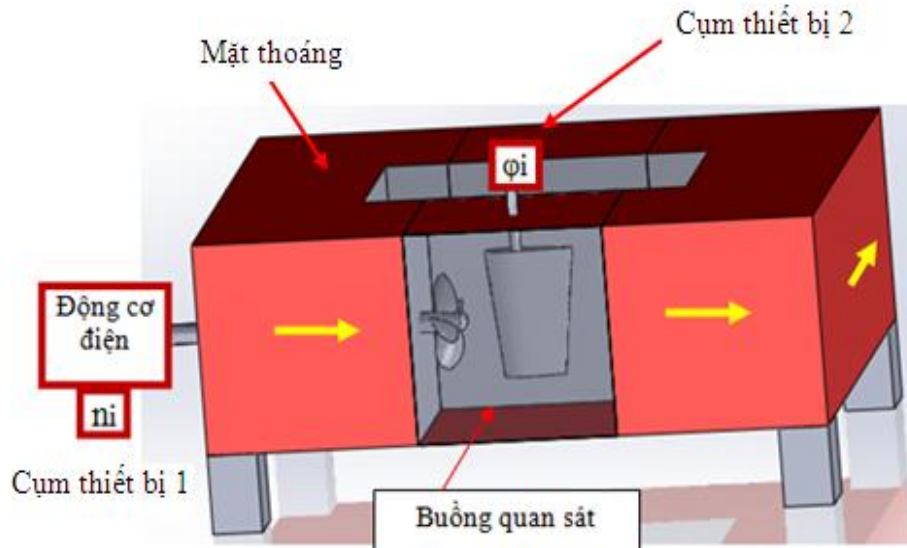
- Chủ động và phù hợp với bài toán nghiên cứu đặt ra của luận án, đồng thời có thể mở rộng cho nhiều bài toán nghiên cứu khác sau này;

- Gắn kết chặt chẽ quá trình nghiên cứu, thực hiện luận án tiến sĩ với vấn đề nghiên cứu của đề tài khoa học công nghệ cấp Bộ Giao thông vận tải;

- Phù hợp với điều kiện tài chính.

4.2.2. Ý tưởng thiết kế hệ thống

Xuất phát từ mục tiêu đặt ra, nghiên cứu sinh cùng nhóm nghiên cứu đã xây dựng ý tưởng thiết kế hệ thống thí nghiệm, được thể hiện qua sơ đồ bố trí một số thiết bị chính theo hình 4.7.



Hình 4.7. Sơ đồ bố trí hệ thống thí nghiệm

Hệ thống bao gồm một số khối chính sau:

- Bể chứa chất lỏng (chứa nước) hở và có thể tuần hoàn;
- Mô hình bánh lái, chân vịt, thiết bị đo, chụp ảnh, quay phim;
- Cụm thiết bị số 1: Gồm động cơ, hệ trục chân vịt, hộp số để điều chỉnh được số vòng quay chân vịt n_i ;
- Cụm thiết bị số 2: Gồm thiết bị điều chỉnh góc bể lái của bánh lái; thiết bị đo lực bể lái trên bánh lái;
- Buồng quan sát được sử dụng bằng vách kính cường lực để bảo độ cứng vững và có thể quan sát các hiện tượng vật lý xung quanh chân vịt-bánh lái.

Tất cả thiết bị này được đặt trên hệ thống giá đỡ vững chắc, đảm bảo an toàn tải, chống rung và lắc.

4.3. Thiết kế và chế tạo hệ thống thử nghiệm

Trên cơ sở mục đích và ý tưởng thiết kế hệ thống thí nghiệm nêu trên, tập thể hướng dẫn, nghiên cứu sinh cùng nhóm tham gia nghiên cứu đã thực hiện việc thiết kế, chế tạo và vận hành hệ thống thí nghiệm cụ thể như sau.

Hồ sơ thiết kế, chế tạo và các bản vẽ chi tiết của các thiết bị hệ thống cho trong Phụ lục 3.

4.3.1. Nghiên cứu thiết kế và chế tạo một số thiết bị chính

- Thiết kế và chế tạo bể chứa nước tuần hoàn:

Bể chứa nước được chế tạo bằng thép dày theo tiêu chuẩn [1], tổng dung tích chứa khoảng 2,7 m³ nước, bao gồm phần vỏ và phần dẫn dòng.

- Thiết kế và chế tạo phần dẫn dòng trong bể:

Phần dẫn dòng được đặt giữa phần vỏ, được chế tạo bằng thép [1], để dẫn dòng chảy đi vào chân vịt cho xuôn đều và hướng dòng thoát quay lại, nhằm đảm bảo lưu lượng nước qua chân vịt tàu thủy giúp chân vịt hoạt động êm, ổn định và hiệu quả.

- Thiết kế và chế tạo khung nâng hệ thống và di chuyển:

Đây là bộ phận đỡ toàn bộ hệ thống và có khả năng di chuyển dễ dàng để đảm bảo cơ động trong quá trình khai thác và sửa chữa sau này, thiết kế đảm bảo các tiêu chuẩn kỹ thuật. Toàn bộ khung nâng được gắn bằng hệ thống bánh xe chịu tải (ba bánh), phía càn trước gắn một bánh, phía sau được gắn với hai bánh và hệ thống dẫn hướng, hệ trục và ổ đỡ được tính toán và lựa chọn đảm bảo tiêu chuẩn kỹ thuật [4].

- Thiết kế và chế tạo bánh lái tàu thủy:

Bánh lái được thiết kế và chế tạo đồng dạng theo hồ sơ thiết kế tàu M/V TAN CANG FOUNDATION. Trên bánh lái đánh dấu vị trí trục quay, thiết bị đỡ trọng lượng bánh lái và khử triệt để lực dịch chuyển bánh lái theo phương ngang, nhằm hạn chế sai số khi tiến hành thực nghiệm đo lực bẻ lái.

- Thiết kế và chế tạo chân vịt tàu thủy:

Chân vịt được thiết kế và chế tạo bằng đồng, là chân vịt chiều phải, đường kính 0,35 m và đồng dạng theo hồ sơ thiết kế chân vịt tàu M/V TAN CANG FOUNDATION. Chân vịt thông qua trục quay được kết nối bằng khớp mềm với hệ thống dẫn động [4, 5, 14, 15].

- *Thiết kế và chế tạo buồng quan sát và thiết bị quang học:*

Là phần vỏ bê chứa được cắt bỏ tôn thay bằng kính cường lực, vẫn có chức năng giữ nước trong bể, nhưng cho phép trong suốt nhìn xuyên qua để quan sát các hiện tượng vật lý xung quanh vấn đề xâm thực trên bánh lái, tương tác chân vịt với bánh lái tàu thủy và các hiện tượng khác liên quan.

Cửa quan sát được làm bằng kính cường lực kích thước 520 x 420 mm, lắp với bể tuần hoàn bằng mặt bích, có gioăng cao su và được làm kín để ngăn nước chảy ra ngoài.

Ngoài ra cần có các thiết bị hỗ trợ khác như: Đèn chiếu sáng, camera vận tốc nhanh, máy chụp ảnh,...

4.3.2. Hệ thống đo lực bẻ lái R

Đây là hệ thống đo lực bẻ lái R được thiết kế kèm theo ý tưởng thiết kế hệ thống thí nghiệm, gồm: 03 piston-xy lanh SCA2-00-50B-350 của CKD Nhật Bản; 03 đồng hồ đo áp suất; hệ thống dây dẫn dầu thủy lực, khóa, bộ chia dòng; giá đỡ hệ thống; mặt xác định giá trị góc bẻ lái.

Hệ thống được thiết kế và chế tạo sử dụng nguyên tắc thủy lực để xác định lực bẻ lái, cụ thể:

- Khi hệ thống chưa hoạt động, nếu mở khóa để thông đường dầu thủy lực trong hai xy lanh (số 1 và số 2), lúc này việc điều khiển góc bẻ lái diễn ra dễ dàng (lưu ý chỉ điều khiển góc bẻ lái về một hướng), xy lanh số 3 (hoạt động độc lập) được đặt theo ray dẫn hướng và gắn với điểm tì của bánh lái;

- Khi góc bẻ lái được xác lập, cần khóa đường dầu và hai xy lanh (số 1 và số 2) hoạt động độc lập, hai đồng hồ đo áp suất hiển thị trị số áp suất dầu trong xy lanh;

- Khi chân vịt hoạt động tạo dòng chảy bao quanh bánh lái tàu thủy, trên bánh lái sẽ diễn ra quá trình chuyển đổi năng lượng của dòng chảy thành lực bẻ lái R tác động trực tiếp lên bánh lái (theo hướng ép ba cần piston), khi đó sẽ làm áp suất dầu thủy lực trong hai xy lanh (1, 2 và 3) tăng lên.

Như vậy, dựa vào chỉ số 3 áp kế hoàn toàn đọc và xác định được lực bẻ lái. Nếu gọi p_1 là chỉ số áp kế 1 (N/m^2), p_2 là chỉ số áp kế 2 (N/m^2), p_3 là chỉ số áp kế 3 (N/m^2), diện tích các piston là như nhau S (m^2), khi đó lực bẻ lái R được xác định theo công thức sau:

$$R = (p_1 + p_2 + p_3) \times S$$

Chú ý rằng: Độ chính xác của thiết bị đo đảm bảo thỏa mãn yêu cầu (có giấy xác nhận của nhà sản xuất thiết bị).

4.3.3. Bố trí thiết bị đo giá trị vận tốc trung bình dòng chảy tại mặt chuyển tiếp chân vịt và bánh lái tàu thủy

Dụng cụ đo ở đây được sử dụng là thiết bị đo vận tốc dòng chảy dạng cầm tay kiểu tua bin Model - FP 211 (hình 4.8) của hãng sản xuất Globalw (Hoa Kỳ). Thiết bị được thiết kế và bố trí phù hợp và đảm bảo tiêu chuẩn trên hệ thống thí nghiệm [14, 15].



Hình 4.8. Thiết bị đo vận tốc trung bình tại mặt chuyển tiếp gắn với hệ thống

Tính năng kỹ thuật của thiết bị đo:

- Lý tưởng cho đo vận tốc dòng chảy sông, kênh hở, tuyến luồng, nước thải và nước xử lý công nghiệp;
- Màn hình LCD hiển thị giá trị dạng số m/s hoặc ft/s;
- Tay cầm điều khiển có khả năng co duỗi với một thước đo mực nước;
- Bộ điều khiển kỹ thuật số chống nước mưa khoảng đo: 0,3 - 19,9 FPS (0,1-6,1 MPS);
- Độ chính xác: 0,1 FPS;
- Kiểu sensor: Cánh quạt Tuabin với thiết bị thu biến điện từ;
- Khả năng lưu 30 bộ dữ liệu;
- Độ dài tay cầm điều khiển: 5,5 - 15,0 ft (1,7 - 4,6m);
- Vật liệu: PVC, nhôm anốt hóa, giá bằng thép không gỉ;
- Pin: Tích hợp trong, tuổi thọ pin 5 năm sử dụng;
- Nhiệt độ vận hành: Từ 20⁰C đến 70⁰C.

4.3.4. Hệ trục, chân vịt, hộp số và động cơ dẫn động

Đây là hệ thống dẫn động cơ khí phức tạp, đòi hỏi tính toán thiết kế và chế tạo đảm bảo độ chính xác để khi lắp đặt vào hệ thống đảm bảo yêu cầu [4, 5, 14]. Các chi tiết chính bao gồm:

- Động cơ dẫn động:
 - + Sử dụng động cơ điện Toshiba 3 pha của Nhật Bản;
 - + Công suất 15KW, số vòng quay 1400 rpm;
 - + Hiệu suất điện là 88%;
 - + Dòng điện khi toàn tải là 30A và khi không tải là 10A.
- Hệ thống truyền động cơ khí từ động cơ sang hộp số: Sử dụng đai thang và đoạn trục dẫn.
 - Hộp số: Sử dụng hộp số ô tô, nhưng đã thay thế đường kính cặp bánh răng ăn khớp sao cho số vòng quay là phù hợp với số liệu tàu thực và mô hình nghiên cứu tính toán mô phỏng cũng như nghiên cứu thực nghiệm, cụ thể:

Số 1: Tương ứng 380 rpm;

Số 2: Tương ứng 410 rpm;

Số 3: Tương ứng 445 rpm;

Số 4: Tương ứng 475 rpm.

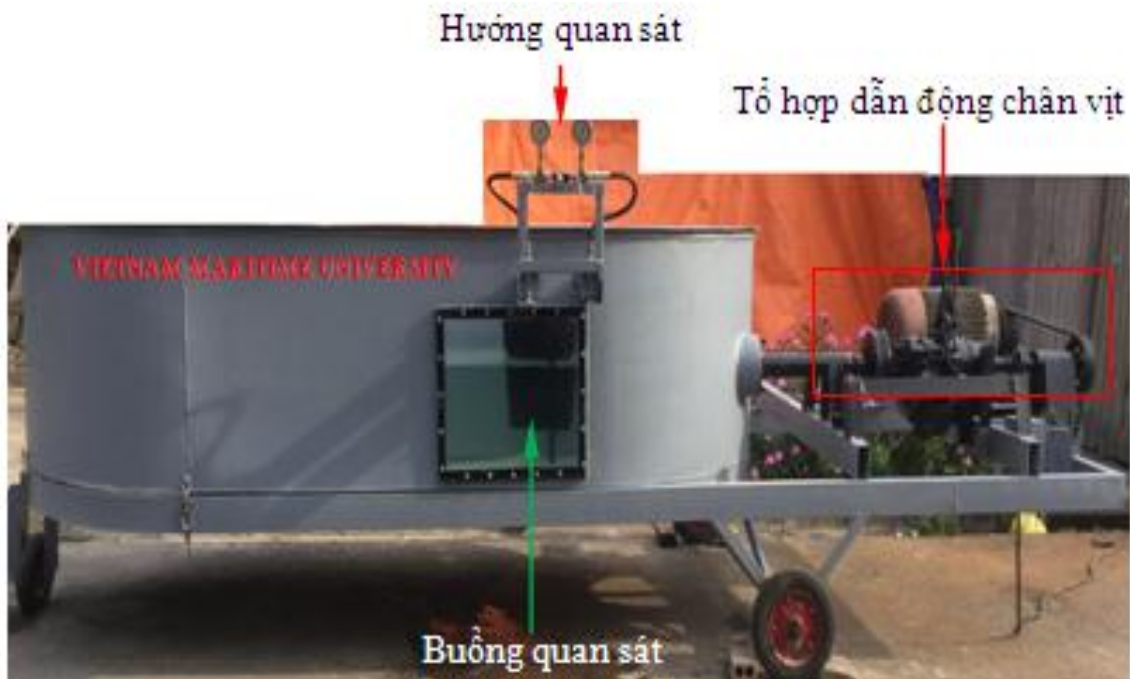
Do động cơ điện sử dụng không điều chỉnh được số vòng quay, việc lựa chọn thay đổi lại tỷ số truyền của hộp số là một giải pháp tình thế và chỉ đáp ứng 4 giá trị số vòng quay phù hợp. Vì vậy kết quả nghiên cứu thực nghiệm từ hệ thống được giới hạn từ 4 giá trị vận tốc tương ứng.

- Hệ trục dẫn động chân vịt:

Trong đó phần ống bao được thiết kế kèm bạc lót trục và được bôi trơn đúng quy cách, phần trục dẫn chân vịt sẽ ngập trong môi trường nước cho nên cần được sơ chống gỉ cẩn thận. Sau khi thiết kế, chế tạo, bố trí và kết nối toàn bộ chi tiết, hệ thống dẫn động.

4.3.5. Hệ thống thí nghiệm sau khi được thiết kế và chế tạo

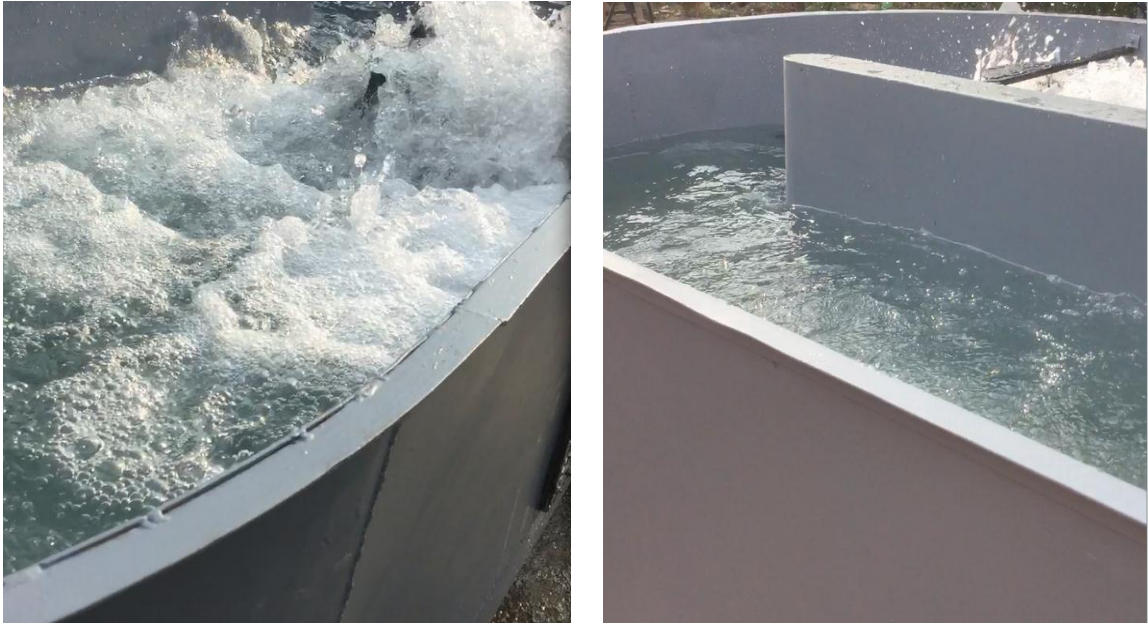
Như vậy, sau khi lắp ghép tổng thể các chi tiết, các khâu, có hệ thống thí nghiệm như hình 4.9.



Hình 4.9. Tổng thể hệ thống thí nghiệm được thiết kế và chế tạo

4.3.6. *Đánh giá chung về hệ thống thí nghiệm*

Hình 4.10 mô tả kết quả quan sát và chụp lại sự tương tác chân vịt và bánh lái trong bể thử, có thể ghi lại hình ảnh qua buồng quan sát hoặc quay trực tiếp từ trên xuống.



Hình 4.10. Hình ảnh dòng chảy trên mặt thoáng hệ thống thí nghiệm:

a) phía bố trí chân vịt; b) dòng tuần hoàn về mặt hút của chân vịt

Hơn nữa, từ kết quả ghi lại được trên hình 4.10 đã chứng tỏ hệ thống dẫn động hoạt động đảm bảo các thông số kỹ thuật, đặc biệt việc tạo vách ngăn dòng tuần hoàn là phù hợp. Nghĩa là đã thành công tạo dòng hút quanh chân vịt xuôn đều.

Đánh giá một số ưu điểm:

- Tạo hệ thống dẫn động ổn định tương ứng 4 giá trị số vòng quay với giá thành rẻ hơn nhiều so với mua động cơ và biến tần. Hơn nữa, đã tạo ra được hệ trục với sai số độ lệch tâm chấp nhận được (bởi lẽ để có thể cân bằng động theo tiêu chuẩn công nghiệp sẽ rất phức tạp và tốn kém);

- Bể chứa hờ tuần hoàn cho phép dòng chảy quay lại cửa hút của chân vịt với hướng xuôn đều đã tạo điều kiện hoạt động tốt nhất cho chân vịt. Bởi

thực tế khi chân vịt quay thì tàu sẽ tiến về phía trước tạo ra dòng chảy qua chân vịt phù hợp. Hơn nữa là bề hờ do đó đương nhiên yếu tố mặt thoáng đã được kể đến khi khảo sát bài toán;

- Chủ động toàn phần về kỹ thuật (thiết kế, chế tạo, vận hành và bảo dưỡng sửa chữa nếu có), cho phép cải tiến, hoán cải theo thực tiễn triển khai nghiên cứu thực nghiệm.

Đánh giá một số nhược điểm:

- Dải làm việc của hệ thống dẫn động mới đáp ứng được 4 trường hợp vận tốc đặt ra, so với việc tính toán mô phỏng và sử dụng công thức thực nghiệm là 7 trường hợp vận tốc;

- Việc quan sát tương tác chân vịt - bánh lái tương đối khó nhất do thiết bị quang học chưa đủ hiện đại;

- Mỗi khi thay đổi các trường hợp vận tốc thí nghiệm, thì phải ngắt nguồn điện động cơ. Nghĩa là chưa tạo được bộ tự động điều khiển để điều chỉnh thích nghi cho các trường hợp.

4.4. Quy trình vận hành hệ thống thí nghiệm

4.4.1. Công tác chuẩn bị

- Vệ sinh bể chứa, kiểm tra và làm kín lỗ thoát đáy;
- Bơm nước vào bể chứa tới mực nước tính toán;
- Kiểm tra nguồn điện 3 pha cấp cho động cơ dẫn động;
- Kiểm tra vị trí số trên hộp giảm tốc (để số 1);
- Kiểm tra góc bề lái, thiết bị đo, các thiết bị quay phim, chụp ảnh;
- Chuẩn bị nguồn nhân lực đảm bảo các vị trí được triển khai đồng loạt;
- Thống nhất các phương án thực nghiệm với cả nhóm để triển khai theo trình tự và đảm bảo các số liệu, hình ảnh được ghi lại theo kịch bản.

4.4.2. Các bước chính khi vận hành hệ thống thí nghiệm

Bước 1: Đóng nhà cầu dao điện 3 pha để kiểm tra xem chiều quay của động cơ đã đúng với quy trình thiết kế của chân vịt chưa, nếu chưa đúng có

thể đầu lại bằng cách chuyên hai pha cho nhau.

Bước 2: Tiến hành lấy số liệu cho tổ hợp số vòng quay chân vịt và góc bề lái (n_i, α_i), các số liệu cần ghi lại là trị số 2 áp kế và hình ảnh dòng chảy bao quanh bánh lái theo thời gian.

Bước 3: Giữ nguyên số vòng quay, thay đổi góc bề lái và lặp lại bước 2.

Bước 4: Tắt động cơ, chuyên số trên hộp số để có được số vòng quay khác, thực hiện quy trình lặp lại bước 2 và bước 3.

Bước 5: Khi hoàn tất lấy số liệu, thực hiện tắt động cơ, xả hết nước trong bể chứa, vệ sinh và lau khô các thiết bị, bảo dưỡng thiết bị cần thiết.

4.5. Phân tích, so sánh và đánh giá kết quả nghiên cứu thực nghiệm

4.5.1. Đặt vấn đề về nghiên cứu thực nghiệm

Với mục tiêu nghiên cứu của đề tài là tác động của tổ hợp chân vịt - bánh lái đến điều khiển hướng chuyển động tàu thủy trên tuyến luồng hàng hải Hải Phòng. Để giải quyết trọn vẹn vấn đề nghiên cứu của đề tài, chương 4 nghiên cứu sinh thực hiện nghiên cứu thực nghiệm, nhằm minh chứng cho một số kết quả tính toán đã triển khai của luận án.

Các số liệu đầu vào được quy đổi theo tiêu chuẩn đồng dạng Froude. Theo tiêu chuẩn này, mô hình nghiên cứu và mô hình thực được gọi là đồng dạng với nhau khi có cùng số Froude, vấn đề này nghiên cứu sinh đã đề cập trong mục 2.3 của luận án.

Lực tác động lên bánh lái tàu thủy:

$$F_t = k^3 \times F_m \quad (4.1)$$

Trong đó: k - hệ số đồng dạng hình học, với $k = 10$.

Sử dụng với 7 thông số vận hành của vòng quay chân vịt thực, theo hồ sơ M/V TAN CANG FOUNDATION là:

$$n_t = \{90; 100; 110; 120; 130; 140; 150\}, \text{ (rpm)}.$$

Giá trị vận tốc thực tương ứng với 7 thông số vòng quay là:

$$(V_p)_t \approx \{4,5; 5,0; 5,5; 6,0; 6,5; 7,0; 7,5\}, \text{ (m/s)}.$$

Với đường kính chân vịt thực là $D_t = 3,5$ m và đường kính chân vịt mô hình $D_m = 0,35$ m, giá trị đầu vào cho mô hình tính toán mô phỏng cũng như nghiên cứu thực nghiệm theo bảng 4.1.

Bảng 4.1. Quy đổi từ giá trị thực sang giá trị cho mô hình đồng dạng

n_t	90	100	110	120	130	140	150
n_m	284,4	316,0	347,6	379,2	410,8	442,4	474,0
$(V_p)_t$	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5
$(V_p)_m$	1,44	1,60	1,76	1,92	2,08	2,24	2,40
$1,3.(V_p)_m$	1,87	2,08	2,88	2,49	2,7	2,91	3,12

Trong nghiên cứu thực nghiệm, nghiên cứu sinh thực hiện hai phương pháp, đó là: Nghiên cứu trên hệ thống thí nghiệm và nghiên cứu thực địa trên tuyến luồng hàng hải Hải Phòng, chi tiết cụ thể dưới đây.

4.5.2. Phân tích, đánh giá và so sánh kết quả nghiên cứu trên hệ thống thí nghiệm

Hệ thống thí nghiệm “*Đánh giá tác động của tổ hợp chân vịt - bánh lái tàu thủy*” nêu trên là một dạng sản phẩm khoa học của Đề tài khoa học công nghệ cấp Bộ Giao thông vận tải: “*Nghiên cứu thiết kế và chế tạo thử nghiệm hệ thống đánh giá tác động của tổ hợp chân vịt - bánh lái đến đặc tính điều khiển hướng chuyển động tàu thủy*”, mã số: DT174003, năm 2017, do PGS. TS. TTr. Phạm Kỳ Quang làm chủ nhiệm đề tài và NCS. Bùi Văn Cường là thành viên tham gia chính, cùng một số thành viên tham gia khác.

Hệ thống được Hội đồng Khoa học chuyên ngành đánh giá theo Quyết định số 1482/QĐ-ĐHHHVN-KHCN, ngày 11/8/2017 của Hiệu trưởng Trường Đại học Hàng hải Việt Nam, kèm theo Biên bản họp Hội đồng ngày 17/8/2017. Kết quả đánh giá đáp ứng các yêu cầu kỹ thuật và tính năng đặt ra và đảm bảo độ tin cậy. Đồng thời, được Hội đồng KHCN cấp Bộ Giao thông vận tải đánh giá nghiệm thu ngày 07/11/2017 kèm theo Biên bản nghiệm thu, theo Quyết định số 2890/QĐ-BGTVT của Bộ trưởng Bộ Giao thông vận tải

với kết quả xếp loại A (xuất sắc).

Đặc biệt, một phần kết quả nghiên cứu chính của hệ thống thí nghiệm này được nghiên cứu sinh cùng nhóm nghiên cứu công bố trên Kỷ yếu Hội nghị Khoa học Quốc tế chuyên ngành tháng 11/2017. Kết quả đạt giải Nhất theo tiêu chuẩn cao nhất của một công trình khoa học xuất sắc, tại Diễn đàn Hội nghị khoa học Quốc tế các trường Đại học Hàng hải và Nghề cá Châu Á (AMFUF), năm 2017. Đồng thời được Chủ tịch AMFUF vinh danh tại Hội nghị và trao giấy chứng nhận.

Các Quyết định, biên bản và giấy chứng nhận mô tả trong Phụ lục 4.

Việc nghiên cứu thí nghiệm thực hiện như sau:

- Chương 2 tập trung nghiên cứu tính toán mô phỏng động lực học dòng chảy sau chân vịt và tương tác bánh lái tàu thủy. Đặc biệt đã tính toán mô phỏng đại lượng đặc trưng giá trị vận tốc dọc trục trung bình tại mặt chuyển tiếp, từ đó tính toán cụ thể đại lượng trung gian là lực bẻ lái tàu thủy, gọi là $R_{\text{mô phỏng}}$.

- Thực hiện đo đạc trực tiếp trên hệ thống thí nghiệm thành phần vận tốc trung bình tại bề mặt chuyển tiếp và hoàn toàn tính được giá trị trung gian lực bẻ lái theo hệ thống thí nghiệm (gọi là $R_{\text{thí nghiệm}}$). Từ các giá trị đo đạc thực tế trên hệ thống thí nghiệm thực hiện phân tích, đánh giá và so sánh với các giá trị lực bẻ lái $R_{\text{mô phỏng}}$ và $R_{\text{thực nghiệm}}$.

- Ngoài ra, nghiên cứu sinh sử dụng công thức thực nghiệm được quốc tế thừa nhận $V_{\text{thực nghiệm}} \approx 1,3(V_p)_t$ (áp dụng đối với tàu có 01 chân vịt đặt thẳng góc với trục bánh lái trong mặt phẳng trục dọc tàu) tính được giá trị trung gian lực bẻ lái theo công thức thực nghiệm (gọi là $R_{\text{thực nghiệm}}$).

Từ đó, phân tích, so sánh và đánh giá ba giá trị lực bẻ lái trung gian $R_{\text{mô phỏng}}$, $R_{\text{thực nghiệm}}$ và $R_{\text{thực nghiệm}}$.

a) Xác định giá trị trung gian $R_{\text{mô phỏng}}$ theo tính toán mô phỏng

Mục 2.4 của chương 2 đã đưa ra kết quả tính toán mô phỏng giá trị vận

tốc dọc trục tại mặt chuyên tiếp. Đồng thời đã phân tích, đánh giá và biện luận cụ thể giá trị trung gian lực bẻ lái R theo tính toán mô phỏng ($R_{\text{mô phỏng}}$) thông qua giá trị vận tốc dọc trục tại mặt chuyên tiếp.

b) Xác định giá trị trung gian $R_{\text{thực nghiệm}}$ theo công thức thực nghiệm

Đối với các tàu thủy được thiết kế một chân vịt đặt thẳng với trục bánh lái nói chung, trong đó có tàu M/V TAN CANG FOUNDATION nói riêng, giá trị vận tốc dòng chảy bao quanh bánh lái theo phương dọc trục (còn gọi là vận tốc dọc trục vào bánh lái) có thể áp dụng theo công thức thực nghiệm sau:

$$V_{\text{thực nghiệm}} \approx 1,3(V_p)_t \quad (4.2)$$

Kết hợp công thức thực nghiệm (4.2), hoàn toàn tính toán được giá trị giá trị vận tốc thực nghiệm trung bình dòng chảy bao quanh bánh lái theo phương dọc trục, được mô tả theo bảng 4.2.

Bảng 4.2. Kết quả tính toán giá trị vận tốc thực nghiệm trung bình dọc trục bao quanh bánh lái

TT	Số vòng quay chân vịt (n_t), (rpm)	Vận tốc thực của tàu (V_p)_t, (m/s)	Vận tốc trung bình dọc trục bao quanh bánh lái ($V_{\text{thực nghiệm}}$), (m/s)
1	90	4,5	5,85
2	100	5,0	6,50
3	110	5,5	7,15
4	120	6,0	7,80
5	130	6,5	8,45
6	140	7,0	9,10
7	150	7,5	9,75

Từ giá trị vận tốc trung bình thực nghiệm dòng chảy bao quanh bánh lái theo phương dọc trục trong bảng 4.2 kết hợp với công thức (2.22) tính toán giá trị lực bẻ lái $R_{\text{thực nghiệm}}$ theo bảng 4.3.

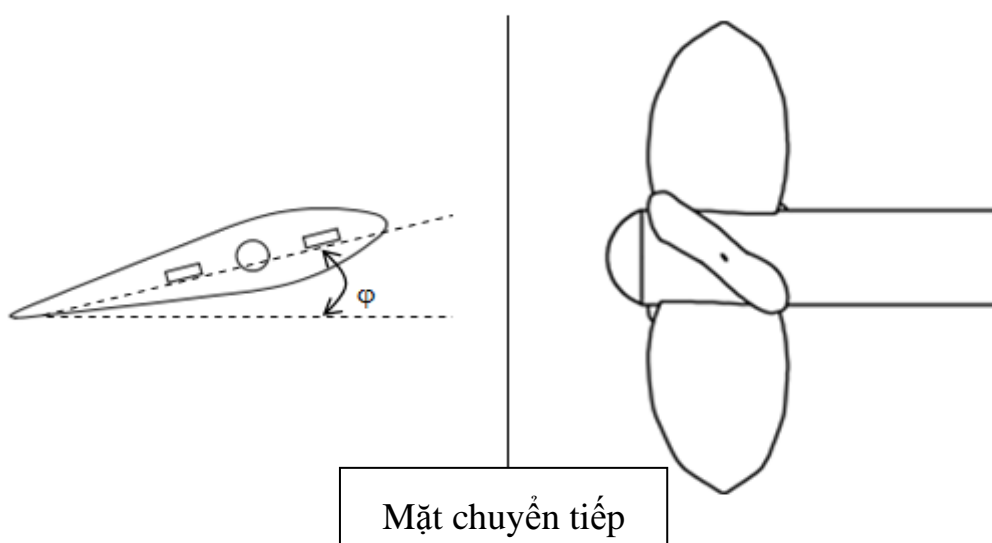
Bảng 4.3. Kết quả tính toán lực bề lái thực nghiệm $R_{\text{thực nghiệm}}$ theo $V_{\text{thực nghiệm}}$

Vòng quay chân vịt	Giá trị góc bề lái α_j							
	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°
	Giá trị lực bề lái $R_{\text{thực nghiệm}}$							
90	0	20888,68	41618,54	62031,98	81973,81	101292,41	119840,80	137478,2
100	0	26032,43	5182,640	77307,13	102159,56	126235,28	149351,17	171331,7
110	0	31136,99	62037,25	92465,85	122191,48	150987,97	178636,63	204927,1
120	0	37166,79	74051,01	110372,22	145854,36	180227,46	213230,42	244612,2
130	0	43831,72	87330,20	130164,70	172009,56	212546,70	251467,86	288477,1
140	0	52253,06	104108,80	155173,07	205057,56	253383,06	299782,08	343901,8
150	0	58925,84	117403,67	174988,87	231243,72	285740,39	338064,60	387818,6

c) Xác định giá trị trung gian $R_{\text{thi nghiệm}}$ theo hệ thống thí nghiệm

Để xác định $R_{\text{thi nghiệm}}$ cần xác định giá trị vận tốc thí nghiệm trung bình dòng chảy bao quanh bánh lái theo phương dọc trục trên hệ thống ($V_{\text{thi nghiệm}}$).

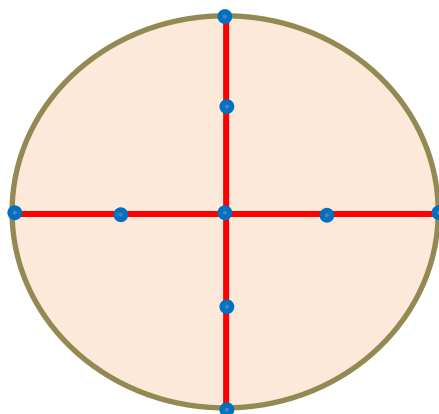
- Sử dụng thiết bị đo vận tốc dòng chảy Model - FP 211 gắn trên hệ thống thí nghiệm, tiến hành đo vận tốc trên bề mặt chuyển tiếp. Vì mỗi phép đo chỉ xác định được lưu tốc tại một vị trí nhất định. Để xác định giá trị vận tốc trung bình trên toàn mặt chuyển tiếp, cần tiến hành xác định vị trí đo sao cho phân bố đồng đều.



Hình 4.11. Đo giá trị vận tốc trên mặt chuyển tiếp từ hệ thống thí nghiệm

Nghiên cứu sinh thực hiện đo 9 vị trí trên mặt chuyển tiếp cho mỗi trường hợp làm việc của tổ hợp chân vịt - bánh lái và phân bố như hình 4.12.

Do hệ thống thí nghiệm chỉ có 4 số (tương ứng với số vòng quay chân vịt quy đổi theo bảng 4.2). Nghiên cứu sinh đã thực hiện đo 4 lần, mỗi lần đo tại 9 điểm của mặt chuyển tiếp, đọc giá trị đo trên mặt số của thiết bị đo.



Hình 4.12. Lựa chọn các điểm cần đo vận tốc trên mặt chuyển tiếp

Từ đó tính toán giá trị vận tốc trung bình mỗi lần đo. Kết quả cụ thể mô tả theo bảng 4.4.

Bảng 4.4. Kết quả đo và tính toán giá trị vận tốc thí nghiệm trung bình dọc trục bao quanh bánh lái

TT	Tương ứng số vòng quay chân vịt (n_t), (rpm)	Vận tốc thực của tàu (V_p) _t , (m/s)	Vận tốc đo trung bình tại mặt chuyển tiếp (V_{tb}), (m/s)	Vận tốc trung bình dọc trục bao bánh lái ($V_{thí nghiệm}$), (m/s)
1	120 (số 1)	6,0	1,74	7,74
2	130 (số 2)	6,5	1,89	8,39
3	140 (số 3)	7,0	2,03	9,03
4	150 (số 4)	7,5	2,15	9,65

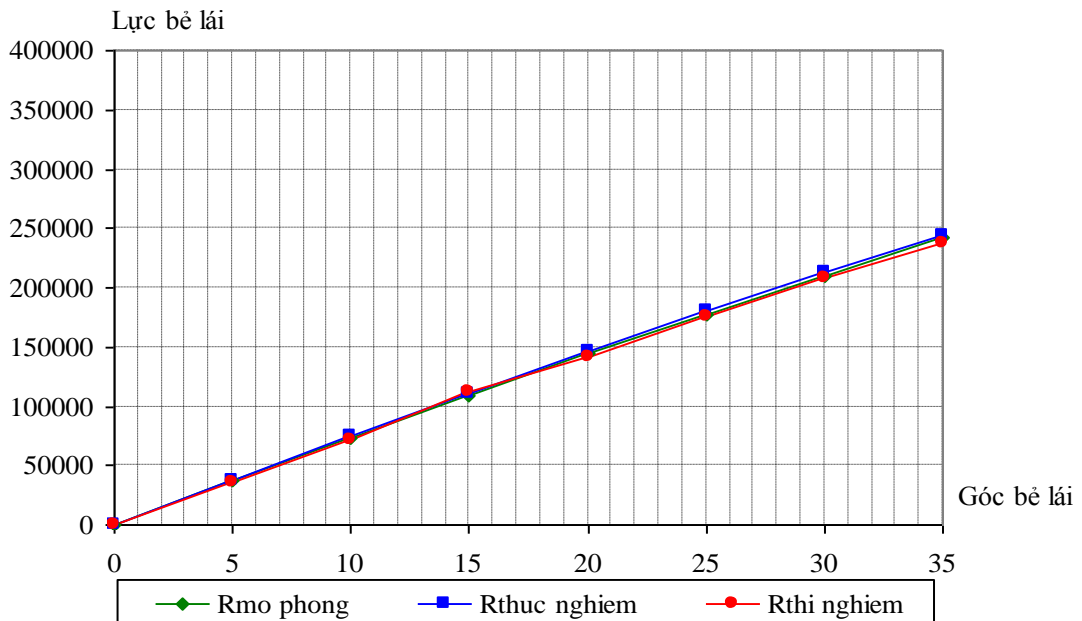
Từ giá trị vận tốc trung bình thí nghiệm dòng chảy bao quanh bánh lái theo bảng 4.4 kết hợp với công thức (2.22) tính toán giá trị trung gian lực bẻ lái $R_{thí nghiệm}$ thông qua $V_{thí nghiệm}$ và được mô tả chi tiết trong bảng 4.5.

Bảng 4.5. Kết quả tính toán lực bẻ lái thí nghiệm $R_{\text{thí nghiệm}}$ theo $V_{\text{thí nghiệm}}$

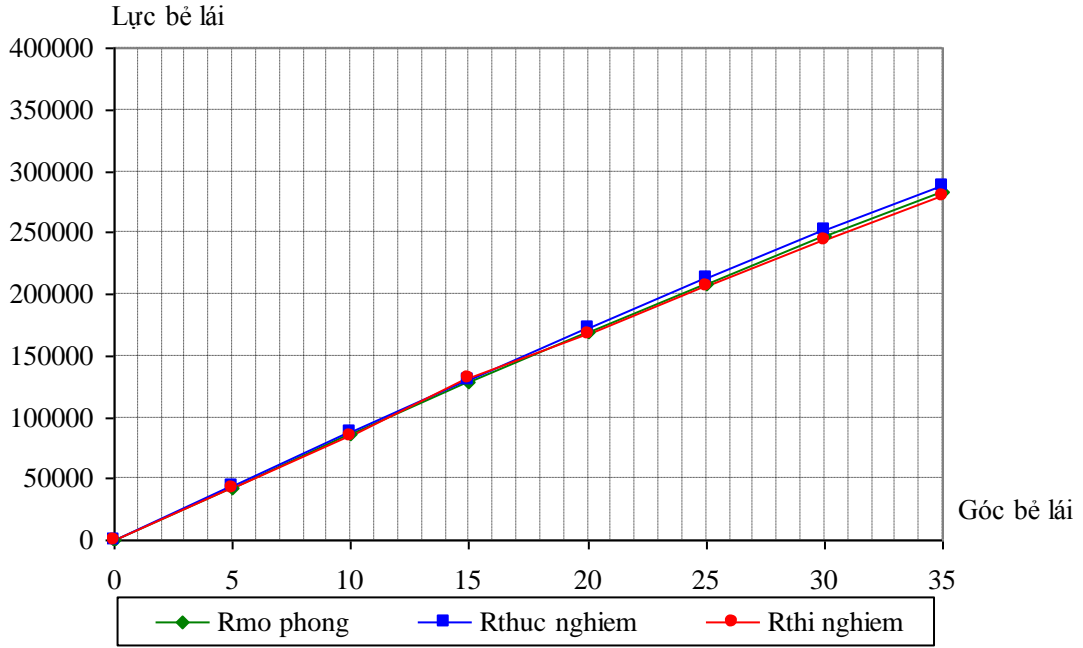
Vòng quay chân vịt	Giá trị góc bẻ lái α_j							
	0^0	5^0	10^0	15^0	20^0	25^0	30^0	35^0
	Giá trị lực bẻ lái $R_{\text{thí nghiệm}}$							
120	0	36152,20	72029,23	112514,6	141870,0	175302,1	207400,1	237919,5
130	0	42479,24	84635,15	132205,9	166698,9	205982,0	243697,5	279558,0
140	0	49207,17	98039,78	153144,8	193100,9	238605,7	282294,6	323834,8
150	0	56196,27	111964,8	174896,6	220527,8	272495,9	322390,1	369830,4

Tổng hợp, phân tích, đánh giá và so sánh các giá trị lực bẻ lái $R_{\text{mô phỏng}}$, $R_{\text{thực nghiệm}}$ và $R_{\text{thí nghiệm}}$.

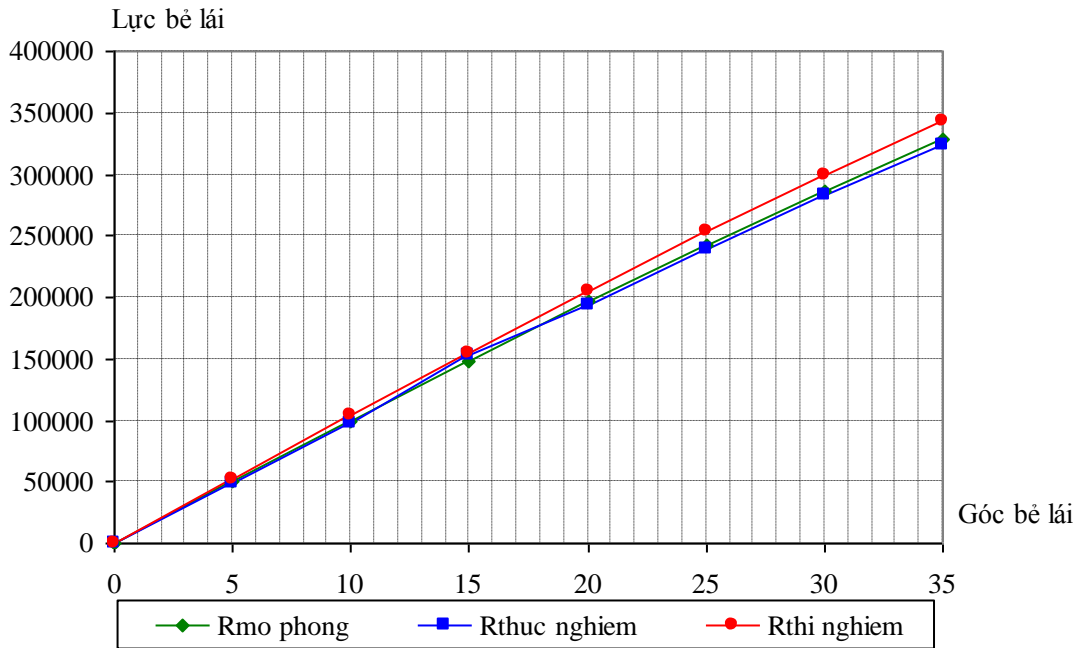
Từ kết quả nhận được theo bảng 2.2 (chương 2), bảng 4.3 và bảng 4.5, nghiên cứu sinh thực hiện xây dựng các đồ thị so sánh các giá trị trung gian lực bẻ lái $R_{\text{mô phỏng}}$, $R_{\text{thực nghiệm}}$ và $R_{\text{thí nghiệm}}$ trong từng trường hợp. Kết quả cụ thể đồ thị đánh giá và so sánh giá trị các lực bẻ lái mô tả theo các hình 4.13 đến hình 4.16.



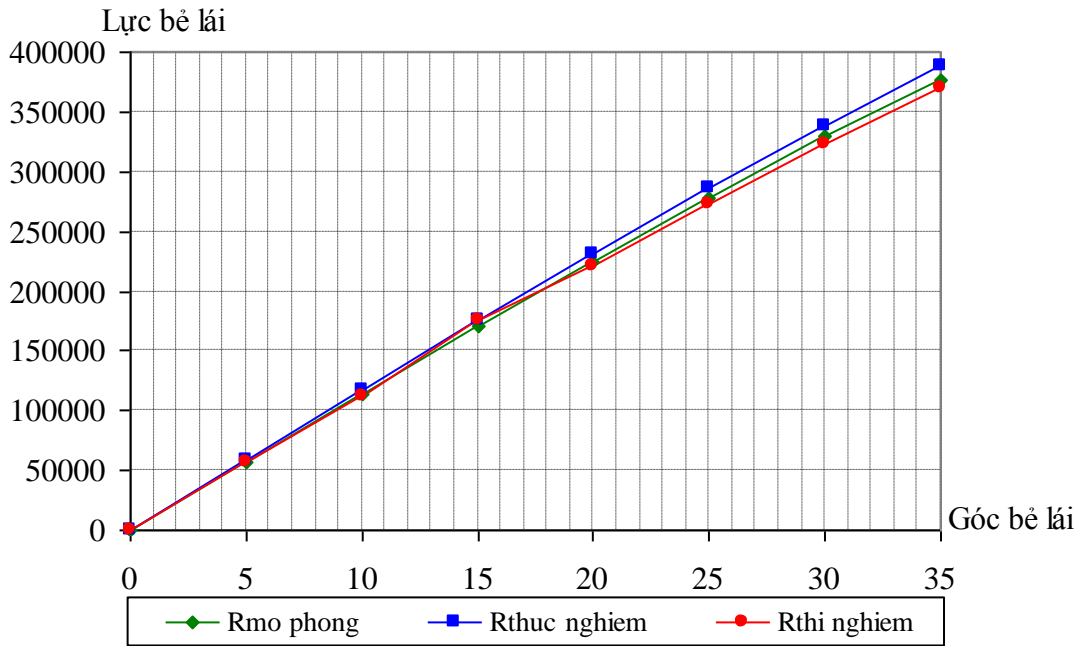
Hình 4.13. Đồ thị đánh giá, so sánh giá trị $R_{\text{mô phỏng}}$, $R_{\text{thực nghiệm}}$ và $R_{\text{thí nghiệm}}$ với các góc bẻ lái khác nhau, khi số vòng quay chân vịt là $n = 120$ rpm.



Hình 4.14. Đồ thị đánh giá, so sánh giá trị $R_{\text{mô phỏng}}$, $R_{\text{thực nghiệm}}$ và $R_{\text{thí nghiệm}}$ với các góc bẻ lái khác nhau, khi số vòng quay chân vịt là $n = 130$ rpm.



Hình 4.15. Đồ thị đánh giá, so sánh giá trị $R_{\text{mô phỏng}}$, $R_{\text{thực nghiệm}}$ và $R_{\text{thí nghiệm}}$ với các góc bẻ lái khác nhau, khi số vòng quay chân vịt là $n = 140$ rpm.



Hình 4.16. Đồ thị đánh giá, so sánh giá trị $R_{\text{mô phỏng}}$, $R_{\text{thực nghiệm}}$ và $R_{\text{thí nghiệm}}$ với các góc bẻ lái khác nhau, khi số vòng quay chân vịt là $n = 150$ rpm.

Phân tích, đánh giá và so sánh kết quả trong bảng 2.2, bảng 4.4, bảng 4.6 và hình 4.13 đến hình 4.16, nhận xét rằng:

Để thuận lợi đánh giá tổng quát, xét trường hợp đặc trưng nhất khi số vòng quay chân vịt lớn nhất, tức là $n = 150$ rpm và giá trị góc bẻ lái lớn nhất $\alpha^0 = 35^0$. Khi đó đồ thị biểu diễn các giá trị lực bẻ lái $R_{\text{mô phỏng}}$, $R_{\text{thực nghiệm}}$ và $R_{\text{thí nghiệm}}$ trong trường hợp này mô tả theo hình 4.16.

Đối với các trường hợp còn lại hoàn toàn phân tích, đánh giá và so sánh tương tự.

- Đồ thị mô tả giá trị lực bẻ lái theo hình 4.16 dạng đường thẳng và tỷ lệ thuận với giá trị góc bẻ lái. Đồ thị giá trị $R_{\text{thực nghiệm}}$ nằm phía trên đồ thị mô tả giá trị lực bẻ lái $R_{\text{mô phỏng}}$, cuối cùng là đồ thị $R_{\text{thí nghiệm}}$;

- Ba đường đồ thị này bám sát nhau. Khi góc bẻ lái tăng dần (bắt đầu từ $\alpha^0 = 20^0$ trở lên), thì xuất hiện rõ sự chênh lệch, nhưng rõ ràng sự chênh lệch này không nhiều;

Chẳng hạn xét trường hợp cụ thể: Cùng giá trị vòng quay chân vịt $n = 150$ rpm, cùng giá trị góc bẻ lái $\alpha^0 = 35^0$, thì giá trị R chênh lệch nhau là:

So sánh kết quả của $R_{\text{thực nghiệm}}$ và $R_{\text{mô phỏng}}$.

$$R = R_{\text{thực nghiệm}} - R_{\text{mô phỏng}} = 387818,6 \text{ N} - 377368,4 \text{ N} = 10450,2 \text{ N}.$$

So sánh tỷ lệ chênh lệch phần trăm giữa $R_{\text{thực nghiệm}}$ và $R_{\text{mô phỏng}}$ là:

$$R\% = \frac{10450,2 \text{ N}}{387818,6 \text{ N}} \times 100\% = 2,69\%$$

So sánh kết quả của $R_{\text{thực nghiệm}}$ và $R_{\text{thí nghiệm}}$.

$$R = R_{\text{thực nghiệm}} - R_{\text{thí nghiệm}} = 387818,6 \text{ N} - 369830,4 \text{ N} = 17988,2 \text{ N}.$$

So sánh tỷ lệ chênh lệch phần trăm giữa $R_{\text{thực nghiệm}}$ và $R_{\text{thí nghiệm}}$ là:

$$R\% = \frac{17988,2 \text{ N}}{387818,6 \text{ N}} \times 100\% = 4,64\%$$

So sánh kết quả của $R_{\text{mô phỏng}}$ và $R_{\text{thí nghiệm}}$.

$$R = R_{\text{mô phỏng}} - R_{\text{thí nghiệm}} = 377368,4 \text{ N} - 369830,4 \text{ N} = 7538,0 \text{ N}.$$

So sánh tỷ lệ chênh lệch phần trăm giữa $R_{\text{mô phỏng}}$ và $R_{\text{thí nghiệm}}$ là:

$$R\% = \frac{7538,0 \text{ N}}{387818,6 \text{ N}} \times 100\% \approx 2\%$$

Kết luận rằng:

- Với tỷ lệ chênh lệch biến thiên từ 2% ÷ 4,64% theo ba phương pháp khác nhau, thì việc nghiên cứu thực nghiệm đảm bảo độ tin cậy cao;
- Đồng thời kiểm chứng kết quả tính toán mô phỏng trong chương 2 của luận án cũng khẳng định đảm bảo độ tin cậy.

4.5.3. Phân tích, đánh giá và so sánh kết quả nghiên cứu trên thực địa tuyến luồng hàng hải Hải Phòng

Chương 3 tập trung nghiên cứu tính toán mô phỏng tác động của tổ hợp chân vịt - bánh lái đến quỹ đạo chuyển động tàu thủy trên tuyến luồng hàng hải Hải Phòng, với một trong những kết quả nổi bật đạt được cụ thể là:

Trên cơ sở tính toán mô phỏng quỹ đạo chuyển động tàu thủy tại 8 trường hợp khác nhau (tức là 4 khu vực I, II, III, IV tiềm ẩn nhiều nguy cơ mất an toàn hàng hải cao nhất trên tuyến luồng hàng hải Hải Phòng). Từ đó, đã

phân tích, đánh giá và lựa chọn các tổ hợp chân vịt - bánh lái tối ưu, sao cho quỹ đạo chuyển động tàu thủy bám sát quỹ đạo cho trước, tương ứng với từng trường hợp trên tuyến luồng hàng hải Hải Phòng.

Vì vậy, việc nghiên cứu thực địa trên tuyến luồng hàng hải Hải Phòng được thực hiện như sau:

- Nghiên cứu sinh cùng nhóm nghiên cứu đã trực tiếp nghiên cứu thực địa trên tuyến luồng Hải Phòng vào 3 thời điểm khác nhau (tháng 12/2015, tháng 5/2016 và tháng 7/2017). Hồ sơ liên quan gồm Giấy giới thiệu, giấy chứng nhận và các giấy tờ khác đến nghiên cứu thực địa trên tuyến luồng Hải Phòng cho trong Phụ lục 5 của luận án. Nhóm nghiên cứu trực tiếp đi trên tàu container M/V TAN CANG FOUNDATION, trọng tải 7040 MT, khi tàu hành trình trên tuyến luồng hàng hải Hải Phòng.

- Nghiên cứu sinh thực hiện phân tích, đánh giá và so sánh quỹ đạo chuyển động cho trước với quỹ đạo chuyển động thật của tàu, tại các khu vực tiềm ẩn nguy cơ mất an toàn hàng hải trên tuyến luồng.

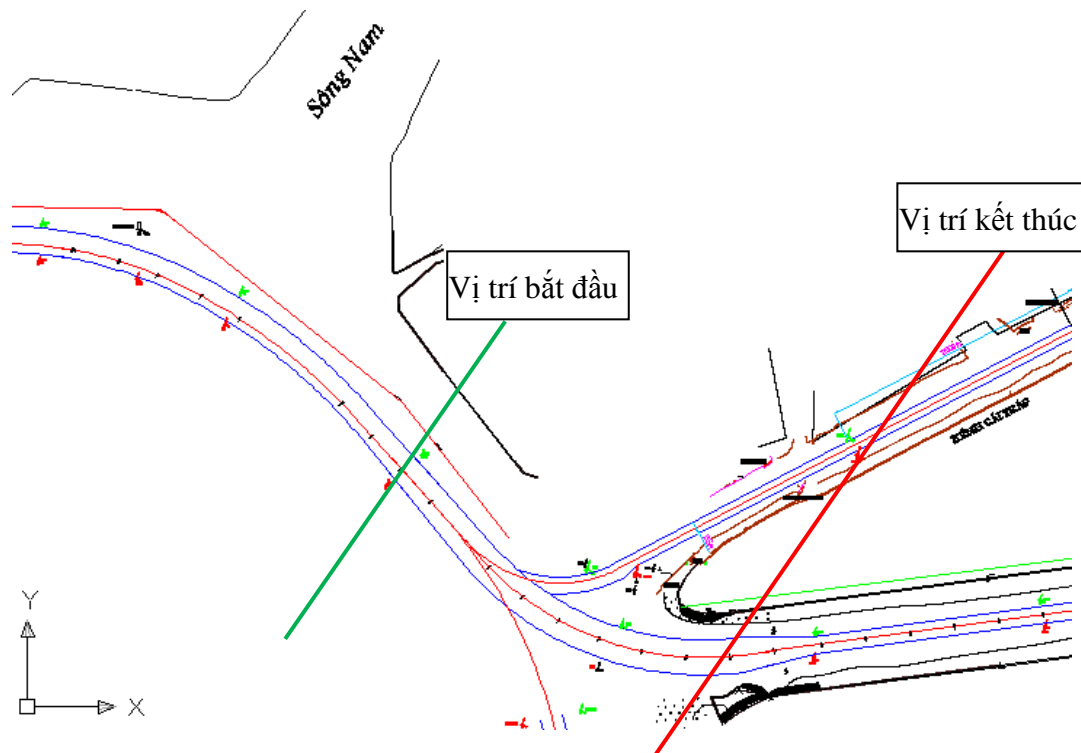
- Ngoài ra, nghiên cứu sinh cùng một số thành viên tham gia đã nghiên cứu thực địa khi tàu M/V TAN CANG FOUNDATION lên đà, sửa chữa lớn định kỳ ở Nhà máy Đóng tàu SÀI GÒN SHIP MARINE vào tháng 5/2016 tại thành phố Hồ Chí Minh (Giấy giới thiệu và giấy chứng nhận trong Phụ lục 5), để quan sát, phân tích, đánh giá kỹ hơn và thực tế hơn về tổ hợp chân vịt - bánh lái của tàu mà nghiên cứu sinh lựa chọn để tiến hành thực nghiệm tại thực địa tuyến luồng hàng hải Hải Phòng.

Khi nghiên cứu thực nghiệm đi thực tế tại thực địa trên tàu hành trình trong tuyến luồng hàng hải Hải Phòng, nghiên cứu sinh và nhóm tác giả đã chia thành 02 nhóm thực hiện đồng bộ, như sau:

- Nhóm 1 ở trên buồng lái của tàu để thực hiện việc ghi lại đầy đủ theo nhật ký điều động của tàu trên tuyến luồng và ghi thời gian, hướng chuyển động, toạ độ điểm chuyển hướng,...

- Nhóm 2 sử dụng ca nô vận tốc cao, dùng camera ghi hình ảnh quỹ đạo chuyển động thật của tàu,... trong suốt hành trình ra vào tuyến luồng Hải Phòng (từ cảng chính Hải Phòng đến khu đón trả hoa tiêu Hòn Dấu).

Để làm rõ quy trình nghiên cứu thực địa, nghiên cứu sinh sẽ trình bày cụ thể trường hợp số 5 (khu vực III) như sau:



Hình 4.17. Khu vực III - khảo sát quỹ đạo chuyển động thật của tàu

Hình 4.18 mô tả hình ảnh tàu thực hiện việc khảo sát M/V TAN CANG FOUNDATION và vị trí ca nô quan sát (nhóm thứ 2 thực hiện) khi tàu bắt đầu rời cảng chính Hải Phòng.



Hình 4.18. M/V TAN CANG FOUNDATION và ca nô khảo sát thực địa



Hình 4.19. M/V TAN CANG FOUNDATION chuẩn bị

hành trình vào khu vực III trên tuyến luồng hàng hải Hải Phòng

Hình 4.19 mô tả tàu chuẩn bị hành trình vào khu vực III, tức là khu vực Bạch Đằng, giao nhau của các tuyến luồng Sông Cấm, Nam Triệu, Cái Tráp và kênh Hà Nam.



Hình 4.20. Một phần vết chuyển động thật của
M/V TAN CANG FOUADATION được ghi lại tại khu vực III

Hình 4.20 mô tả vết chuyển động thật của tàu M/V TAN CANG FOUADATION được nhóm 2 ghi lại tại một khu vực III, cắt nhau của Kênh Hà Nam, kênh Cái Tráp, Sông Cấm.

Như vậy, dựa vào vết chuyển động thật của tàu để lại qua các khu vực khảo sát trên tuyến luồng, kết hợp với vị trí phao, tiêu hàng hải, từ đó giới hạn cho phép xây dựng được quỹ đạo thực của tàu.

Đồng thời nghiên cứu sinh cùng thành viên nhóm 1 ghi lại lệnh điều động trên tàu do hoa tiêu đưa ra với khoảng thời gian qua một phần nguy hiểm nhất của khu vực này từ 12 giờ 45 phút đến 12 giờ 50 phút ngày 15 tháng 7 năm 2017, theo bảng 4.6.

Bảng 4.6. Tổng hợp các lệnh điều động ghi lại của nhóm 1 trên buồng lái

Thời gian	Vị trí tàu hiện tại	Hướng tàu chạy	Vòng quay chân vịt	Góc bề lái	Vận tốc tàu	Ghi chú
12h45	Giữa cặp phao 27 - 32 (ứng với ĐĐ ₁)	140 ⁰	110 rpm	Góc bề lái đặt $\alpha = 0^0$	7,8	Thủy thủ lái và giữ ổn định trên hướng đi đặt góc bề lái này
12h46				Dao động quanh giá trị $\alpha = 0^0$		
12h47	Chính ngang phao dẫn vào kênh Cái Tráp (ứng với ĐĐ ₂)	120 ⁰	110 rpm	Thực hiện bề lái $\alpha = 10^0$ (P)	7,5	Thủy thủ lái thay đổi hướng đi mới, đồng thời giữ ổn định trên hướng đi mới này
12h48	Giữa cặp phao 25 - 30	110 ⁰	110 rpm	Dao động quanh giá trị $\alpha = 10^0$ (P)	7,6	Thủy thủ lái từ từ giảm về 5 ⁰ (P) và giữ ổn định trên hướng đi mới này
12h49	Giữa cặp phao HN7- HN8 (ứng với ĐĐ ₃)	082 ⁰	110 rpm	Chuyển góc bề lái $\alpha = 0^0$	7,5	Thủy thủ lái từ từ giảm về 0 ⁰ và giữ ổn định trên hướng đi này

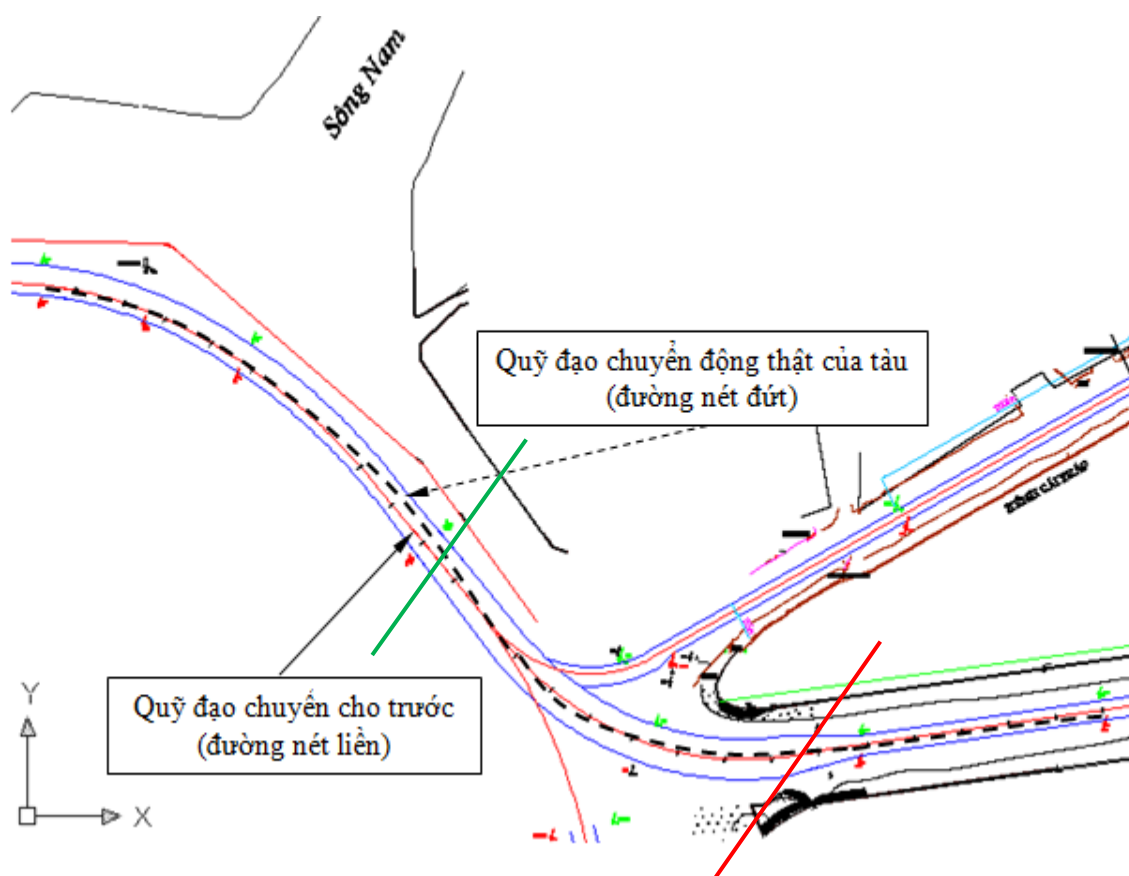
Từ kết quả theo bảng 4.6, thực hiện so sánh với kết quả nhận được trong bảng 3.3 và mục 3.4.2.2 của chương 3, nhận xét rằng:

- Kết quả khảo sát, nghiên cứu thực địa gần với kết quả tính toán mô phỏng từ đó lựa chọn tổ hợp chân vịt - bánh lái tàu thủy trong chương 3;

- Kết quả nghiên cứu thực nghiệm này cũng thỏa mãn với đề xuất phương án điều động tàu qua khu vực tiềm ẩn nhiều nguy cơ mất an toàn hàng hải trong chương 3;

- Đối với các trường hợp của các khu vực khác thực hiện tương tự như trường hợp 5 của khu vực III.

Như vậy, tổng hợp các quá trình nghiên cứu thực địa tại khu vực, xây dựng quỹ đạo chuyển động thật của tàu, được mô tả theo hình 4.21.



Hình 4.21. Đánh giá, so sánh quỹ đạo chuyển động thật của tàu (nét đứt) và quỹ đạo cho trước (nét liền) của khu vực khảo sát

Từ kết quả đạt được rút ra kết luận rằng:

- Kết quả nghiên cứu thực nghiệm cho quỹ đạo chuyển động thật của tàu luôn bám sát quỹ đạo cho trước và phù hợp với kết quả tính toán mô phỏng trong chương 3;

- Việc nghiên cứu thực nghiệm đã kiểm chứng được kết quả nghiên cứu đặt ra và minh chứng rõ hơn ý nghĩa thực tiễn của vấn đề nghiên cứu. Tuy nhiên, sẽ tồn tại hạn chế nhất định trong việc đánh giá sai số quỹ đạo theo tính toán mô phỏng và quỹ đạo chuyển động thật của tàu thủy. Bởi vì, có sự giới hạn điều kiện biên, dẫn đến việc chưa hoàn toàn tương thích điều kiện biên trong tính toán mô phỏng và điều kiện thực nghiệm thực tế của tuyến luồng.

4.6. Kết luận chương 4

Chương 4 đã tập trung nghiên cứu thực nghiệm để kiểm chứng kết quả chính đạt được trong chương 2 và chương 3 của luận án. Việc nghiên cứu thực nghiệm được tiến hành: Trên hệ thống thí nghiệm và nghiên cứu thực địa trên tuyến luồng hàng hải Hải Phòng.

Kết quả cơ bản đạt được của chương 4 cụ thể như sau:

- Hệ thống hóa hệ thí nghiệm về tương tác chân vịt - bánh lái tàu thủy trên thế giới liên quan đến vấn đề nghiên cứu của đề tài luận án;

- Nghiên cứu thiết kế và chế tạo thành công hệ thống đánh giá tác động của tổ hợp chân vịt - bánh lái tàu thủy. Phân tích đánh giá ưu và nhược điểm của hệ thống thí nghiệm. Sau đó, tiến hành thí nghiệm giá trị vận tốc dọc trục tại mặt chuyển tiếp thông qua đại lượng trung gian lực bẻ lái R, kết quả thí nghiệm được so sánh, phân tích và đánh giá với kết quả tính toán mô phỏng thực hiện trong chương 2, kết quả tính toán theo công thức thực nghiệm. Từ đó rút ra rằng, các kết quả tính toán mô phỏng mà nghiên cứu sinh thực hiện trong chương 2 đảm bảo độ tin cậy.

- Thực hiện nghiên cứu thực địa trên tuyến luồng hàng hải Hải Phòng (03 lần), trên tàu container M/V TAN CANG FOUNDATION, để kiểm chứng kết quả chính đạt được trong chương 3. Từ kết quả đạt được khi nghiên cứu thực địa trên tuyến luồng hàng hải Hải Phòng, giới hạn tại các khu vực tiềm ẩn nhiều nguy cơ tại nạn hàng hải, đã phân tích, đánh giá và so sánh với kết quả chính đạt được trong chương 3. Rút ra kết luận rằng: Các tổ hợp chân vịt - bánh lái tối ưu được lựa chọn cho từng trường hợp và phương án đề xuất điều động tàu bám theo quỹ đạo cho trước hoàn toàn phù hợp và thỏa mãn với kết quả nghiên cứu thực địa.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

1. KẾT LUẬN

Bằng các phương pháp nghiên cứu đã thực hiện, đề tài luận án đã đạt được mục đích nghiên cứu đặt ra, với các kết quả cụ thể như sau:

1.1. Hệ thống hóa cơ sở lý luận về tuyến luồng Hải Phòng và tổ hợp tương tác chân vịt - bánh lái tàu thủy. Đặc biệt đã khảo sát, phân tích và đánh giá đặc điểm của 4 khu vực (I, II, III, IV) tiềm ẩn nhiều nguy cơ tai nạn hàng hải trên tuyến luồng hàng hải Hải Phòng. Từ kết quả này, đã xây dựng mô hình nghiên cứu thực tế tại 4 khu vực nêu trên.

1.2. Xây dựng quy trình nghiên cứu, ứng dụng CFD để tính toán mô phỏng sự tương tác dòng chảy sau chân vịt với bánh lái tàu thủy nói chung và áp dụng cho đối tượng nghiên cứu cụ thể, nhận được các đại lượng đặc trưng tại mặt chuyển tiếp, đặc biệt tập trung nghiên cứu tính toán mô phỏng giá trị vận tốc trung bình dọc trục tại mặt chuyển tiếp với các tổ hợp (n_i, α_i) khác nhau. Phân tích và đánh giá mối quan hệ chặt chẽ giữa giá trị trung gian lực bẻ lái R theo tổ hợp (n_i, α_i) tương ứng bằng phương mô phỏng.

1.3. Xây dựng mô hình lưới động đối với vật thể chuyển động trong chất lỏng nói chung và áp dụng cho tàu M/V TAN CANG FOUNDATION. Tính toán mô phỏng sự tương tác tổ hợp chân vịt - bánh lái đến điều khiển hướng đi tàu thủy trên tuyến luồng Hải Phòng cho 8 trường hợp của 4 khu vực tiềm ẩn nhiều nguy cơ tai nạn hàng hải. Từ đó lựa chọn tối ưu tổ hợp tương tác chân vịt - bánh lái của từng trường hợp. Trên cơ sở này, đề xuất phương án điều động tàu tối ưu, khuyến cáo hoa tiêu, thuyền trưởng chủ động, tự tin dẫn tàu bám theo quỹ đạo cho trước, khi hành trình qua các khu vực nêu trên.

1.4. Thiết kế, chế tạo thử nghiệm và xây dựng quy trình vận hành hệ thống thí nghiệm, để kiểm chứng cụ thể kết quả tính toán mô phỏng sự tương tác tổ hợp chân vịt - bánh lái tàu thủy. Hệ thống thí nghiệm không chỉ giải quyết vấn

đề nghiên cứu của luận án, mà còn có thể mở rộng cho vấn đề nghiên cứu khác liên quan đến lĩnh vực hàng hải.

Hơn nữa, để làm nổi bật và phong phú kết quả của luận án, một phần kết quả nghiên cứu cơ bản trong luận án tiến sĩ đã được nghiên cứu sinh kết hợp chặt chẽ với vấn đề nghiên cứu của đề tài KH-CN cấp Bộ Giao thông vận tải, mà nghiên cứu sinh là một trong những thành viên chính tham gia thực hiện.

1.5. Xây dựng quy trình nghiên cứu thực nghiệm, kiểm chứng kết quả đạt được của luận án, cụ thể: Tiến hành thí nghiệm trên hệ thống thí nghiệm và nghiên cứu thực địa tuyến luồng Hải Phòng, trên tàu M/V TAN CANG FOUNDATION. Từ kết quả nhận được theo thực nghiệm, thực hiện so sánh, phân tích và đánh giá với kết quả tính toán mô phỏng thực hiện trong các chương 2 và chương 3 của luận án và rút ra kết luận rằng:

- Các kết quả tính toán mô phỏng mà nghiên cứu sinh thực hiện trong chương 2 đã được kiểm chứng và đảm bảo độ tin cậy;

- Các tổ hợp (n_i, α_i) được lựa chọn tối ưu cho từng trường hợp và phương án đề xuất điều động tàu bám theo quỹ đạo cho trước tại 4 khu vực tiềm ẩn nguy cơ mất an toàn hàng hải, hoàn toàn phù hợp và thỏa mãn.

2. KIẾN NGHỊ

Kiến nghị của luận án cũng chính là những vấn đề cần quan tâm trong hướng nghiên cứu tiếp theo, cụ thể:

2.1. Trong luận án đã xây dựng cơ sở khoa học và quy trình tính toán chung áp dụng cho tuyến luồng Hải Phòng, nhưng việc tính toán mô phỏng và nghiên cứu thực nghiệm giới hạn tại 4 khu vực tiềm ẩn nhiều nguy cơ mất an toàn hàng hải, mà chưa thể hiện chi tiết toàn bộ tuyến luồng Hải Phòng. Vì vậy, trong điều kiện cho phép và có thể trong các nghiên cứu tiếp theo, nghiên cứu sinh sẽ tiếp tục thực hiện trên các khu vực còn lại của tuyến luồng.

2.2. Mặc dù từng bộ phận, từng thiết bị trong hệ thống thí nghiệm được thiết kế và chế tạo đã có chứng nhận về độ chính xác thiết bị của nhà sản xuất,

hơn nữa, hệ thống được Hội đồng Khoa học chuyên ngành đánh giá và Hội đồng KHCN cấp Bộ Giao thông vận tải nghiệm thu đánh giá loại A (xuất sắc), nhưng cả hệ thống chưa được đánh giá về độ chính xác. Tuy nhiên, kết quả nghiên cứu thí nghiệm trên hệ thống không ảnh hưởng, bởi vì luận án sử dụng phương pháp tiếp cận là phân tích, đánh giá và so sánh kết quả tính toán mô phỏng, kết quả theo công thức thực nghiệm với kết quả nghiên cứu thí nghiệm, từ đó rút ra kết luận về sự chênh lệch kết quả theo ba cách khác nhau.

2.3. Trong điều kiện cho phép, nghiên cứu sinh cùng nhóm tác giả tiếp tục nghiên cứu từng bước cải thiện một số hạn chế của hệ thống thiết kế và chế tạo, đồng thời mở rộng cho nhiều bài toán nghiên cứu thực nghiệm khác của chuyên ngành trên hệ thống thí nghiệm này.

**DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH KHOA HỌC
ĐÃ CÔNG BỐ LIÊN QUAN ĐẾN ĐỀ TÀI LUẬN ÁN**

1. PGS. TS. Lương Công Nhó, PGS. TS. Phạm Kỳ Quang, ThS. Bùi Văn Cường. *Ứng dụng CFD phân tích lực tác động lên bánh lái nhằm thay đổi hướng đi tàu thủy*. Tạp chí “Khoa học - Công nghệ Hàng hải”, ISSN: 1859-316X, № 43, 08/2015, tr. 05 - 08.
2. PGS. TS. Lương Công Nhó, PGS. TS. Phạm Kỳ Quang, TS. Vũ Văn Duy, NCS. Bùi Văn Cường. *Tính toán mô phỏng sự tương tác chân vịt - bánh lái tàu thủy*. Tạp chí Giao thông vận tải, ISSN: 2354-0818, № 03, 03/2016, tr. 83 - 84.
3. Prof. Dr. Luong Cong Nho, Prof. Dr. Pham Ky Quang, Dr. Vu Van Duy, PhD. Student Bui Van Cuong, PhD. Student Co Tan Anh Vu, PhD. Student Nguyen Thanh Nhat Lai. *Calculation and simulation of the current effects on maritime safety in Haiphong fairway, Vietnam*. International Association of Maritime Universities (IAMU), 17th Annual General Assembly (AGA), ISBN: 978-604-937-120-2, 26 - 29 October, 2016, Vietnam, pp. 170 - 179.
4. Ass. Prof. Dr. Capt. Pham Ky Quang, Dr. Vu Van Duy, PhD. Student Co Tan Anh Vu, PhD. Student Bui Van Cuong, MsC. Vu Dang Thai, PhD. Student Nguyen Van Cang, PhD. Student Pham Nguyen Dang Khoa. *Study on building a system evaluating fundamental reasons leading to sea-going ship accidents to enhance maritime training and education in Vietnam*. The Asia Maritime & Fisheries Universities Forum (AMFUF), the 16th Annual Conference, ISSN: 2508-5247, 09 - 11 November, 2017, Vietnam, pp. 191-200.
5. Lương Công Nhó, Phạm Kỳ Quang, Vũ Văn Duy, Bùi Văn Cường,

Nguyễn Văn Cang. *Tính toán mô phỏng tác động của hải lưu đến quỹ đạo chuyển động tàu thủy trên tuyến luồng Hải Phòng*. Tạp chí “Khoa học - Công nghệ Hàng hải”, ISSN: 1859-316X, № 49, 01/2017, tr. 14 - 17.

6. PGS. TS. Phạm Kỳ Quang (*Chủ nhiệm đề tài*), NCS. Bùi Văn Cường và các thành viên khác. *Nghiên cứu thiết kế và chế tạo thử nghiệm hệ thống đánh giá tác động của tổ hợp chân vịt - bánh lái đến đặc tính điều khiển hướng chuyển động tàu thủy*. Đề tài Khoa học công nghệ cấp Bộ Giao thông vận tải; mã số: DT174003, năm 2017.
7. PGS. TS. TTr. Phạm Kỳ Quang (*Chủ biên*), TS. Vũ Văn Duy, ThS. Bùi Văn Cường, ThS. Cổ Tấn Anh Vũ, ThS. Nguyễn Thành Nhật Lai. *Sách chuyên khảo “Ứng dụng CFD trong khoa học hàng hải”*. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, năm 2017.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Tiếng Việt

1. Đoàn Định Kiến. *Kết cấu thép*. Nhà xuất bản Khoa học và kỹ thuật, Hà Nội, 2008.
2. Hoàng Thị Bích Ngọc. *Giáo trình Lý thuyết lớp biên*. Trường Đại học Bách khoa Hà Nội, 1999.
3. Hoàng Văn Quý, Nguyễn Đình Lương, Lê Bá Sơn, Đỗ Hữu Thành, Lê Văn Thuận. *Cơ học chất lỏng ứng dụng*. Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội, 2005.
4. Nguyễn Hữu Lộc. *Cơ sở thiết kế máy*. Nhà xuất bản Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh, 2008.
5. Nguyễn Trọng Hiệp. *Chi tiết máy, tập I, II*. Nhà xuất bản Giáo dục, Hà Nội, 2006.
6. PGS. PTS. Hoàng Văn Quý. *Thủy lực và khí động lực*. Nhà xuất bản Khoa học kỹ thuật, Hà Nội, 1997.
7. PGS. TS. Nguyễn Viết Thành. *Giáo trình Điều động tàu*. Nhà xuất bản Hàng hải, Hải Phòng, 2014.
8. PGS. TS. Phạm Kỳ Quang (*Chủ biên*), TS. Vũ Văn Duy, ThS. Cổ Tấn Anh Vũ, ThS. Bùi Văn Cường, ThS. Nguyễn Thành Nhật Lai. Sách chuyên khảo “*Ứng dụng CFD trong khoa học hàng hải*”. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 2017.
9. Phạm Hồng Giang. *Phương pháp phân tử biên*. Nhà xuất bản Khoa học kỹ thuật, Hà Nội, 2012.
10. Phạm Văn Vĩnh. *Cơ học chất lỏng ứng dụng*. Nhà xuất bản Giáo dục, 2005.
11. Tiểu Văn Kinh. *Sổ tay hàng hải, tập I, II*. Nhà xuất bản Giao thông vận tải, Hà Nội, 2010.
12. TTr. Đoàn Quang Thái. *Giáo trình Điều động tàu, tập I, II*. Trường Đại học Hàng hải Việt Nam, 2005.

13. Trần Công Nghị. *Lý thuyết tàu thủy*. Nhà xuất bản Đại học Quốc gia Tp. Hồ Chí Minh, 2001.
14. Trịnh Chất, Lê Văn Uyển. *Tính toán thiết kế hệ dẫn động cơ khí, tập I, II*. Nhà xuất bản Giáo dục, Hà Nội, 2006.
15. Trịnh Chất. *Cơ sở thiết kế máy và chi tiết máy*. Nhà xuất bản Khoa học và kỹ thuật, Hà Nội, 2007.
16. Vũ Văn Duy. *Hệ thống truyền động thủy khí*. Trường Đại học Hàng hải Việt Nam, 2016.
17. Lê Quang, Phạm Thị Thanh Hương, Ngô Văn Hệ. *Nghiên cứu thực nghiệm và ứng dụng CFD trong khai thác tàu thủy nhằm giảm tiêu hao nhiên liệu*. Tạp chí Phát triển Khoa học & Công nghệ, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội, số 18, năm 2015, tr. 136 - 143.
18. Lê Thị Minh Nghĩa, Nguyễn Anh Thi, Phạm Minh Vượng. *Nghiên cứu dòng hai chiều bao quanh vật cản bằng phương pháp số và thực nghiệm*. Tuyển tập Hội nghị khoa học toàn quốc về Cơ học Thủy khí, 2012.
19. Lương Công Nhứ, Phạm Kỳ Quang, Vũ Văn Duy, Bùi Văn Cường, Nguyễn Văn Cang. *Tính toán mô phỏng tác động của hải lưu đến quỹ đạo chuyển động tàu thủy trên tuyến luồng Hải Phòng*. Tạp chí “Khoa học - Công nghệ Hàng hải”, № 49, 01/2017, tr. 14 - 17.
20. NCS. ThS. Cổ Tấn Anh Vũ (Chủ nhiệm) cùng nhóm nghiên cứu. *Xây dựng chương trình tính toán mô phỏng và thử nghiệm một số nguyên nhân cơ bản dẫn đến tai nạn hàng hải trên tuyến luồng Sài Gòn phục vụ công tác đào tạo và huấn luyện thuyền viên*. Đề tài Khoa học Công nghệ cấp Bộ Giao thông vận tải, Mã số: DT174030, năm 2017.
21. Nguyễn Thế Mịch. *Một số kết quả thực nghiệm về áp suất trung bình bao quanh profil cánh ở chế độ xâm thực và không xâm thực*. Tuyển tập hội nghị khoa học toàn quốc về cơ kỹ thuật, 2003, tr. 335 - 340.

22. Nguyễn Văn Thịnh, Nguyễn Văn Giáp, Triệu Hùng Trường. Ứng dụng phần mềm CFD để tính toán mô phỏng dòng chảy đằng sau một Turbine. Tạp chí Khoa học kỹ thuật Mỏ - Địa chất, số 54, tháng 4/2016, tr. 50 - 55.
23. PGS. TS. Lương Công Nhứ, PGS. TS. Phạm Kỳ Quang, ThS. Bùi Văn Cường. *Ứng dụng CFD phân tích lực tác động lên bánh lái nhằm thay đổi hướng đi tàu thủy*. Tạp chí “Khoa học - Công nghệ Hàng hải”, № 43, 08/2015, tr. 05 - 08.
24. PGS. TS. Lương Công Nhứ, PGS. TS. Phạm Kỳ Quang, TS. Vũ Văn Duy, NCS. ThS. Bùi Văn Cường. *Tính toán mô phỏng sự tương tác chân vịt - bánh lái tàu thủy*. Tạp chí Giao thông vận tải, № 03, 03/2016, tr. 83 - 84.
25. PGS. TS. Phạm Kỳ Quang (*Chủ nhiệm*), NCS. Bùi Văn Cường và các thành viên khác. *Nghiên cứu thiết kế và chế tạo thử nghiệm hệ thống đánh giá tác động của tổ hợp chân vịt - bánh lái đến đặc tính điều khiển hướng chuyển động tàu thủy*. Đề tài Khoa học Công nghệ cấp Bộ Giao thông vận tải, Mã số: DT174003, năm 2017.
26. Trần Ngọc Phương, Tống Duy Tân, Vũ Cộng Hòa. *Một số mô hình tính toán động lực học lưu chất sử dụng phần mềm Fluent & Gambit*. Trường Đại học Bách khoa thành phố Hồ Chí Minh. (<http://www.fas.hcmut.edu.vn/webhn10/Baocao/PDF/TNPhong-Gambit.pdf>)
27. Trung tâm Khí tượng thủy văn quốc gia, Bộ tài nguyên và Môi trường. *Lịch thủy triều Việt Nam*, tập 1, 2, 3 năm 2014, 2015 và 2016.
28. Vũ Văn Duy, Bùi Trọng Tùng. *Một số kết quả ứng dụng phần mềm Fluent trong nghiên cứu dòng chảy qua chân vịt tàu thủy*. Tạp chí Khoa học - Công nghệ Hàng hải, Số 10/2007.

29. Vũ Văn Duy. *Nghiên cứu xâm thực cục bộ trên profil cánh bằng phương pháp số*. Luận án tiến sĩ kỹ thuật, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội, 2009.
30. Vũ Văn Duy. *Sử dụng phần mềm Fluent để phân tích dòng chảy bao quanh hydrofoil*. Tạp chí Khoa học - Công nghệ Hàng hải, Số 6/2006.
31. Bộ luật Hàng hải Việt Nam, 2015.
32. Cục Hàng hải Việt Nam. *Số liệu báo cáo và tổng hợp tình hình tai nạn hàng hải, từ năm 2011 - 2016*.
33. Cảng vụ Hàng hải Hải Phòng. *Số liệu báo cáo và tổng hợp, năm 2014, 2015, 2016*.
34. Tổng Công ty Bảo đảm An toàn hàng hải Miền Bắc. *Các số liệu từ bình đồ số VN4HP003, VN4HP005, VN4HP007, VN4HP008, 2017*.
35. Hồ sơ và các thông số của M/V TANCANG FOUNDATION
36. Bộ Tư lệnh Hải quân. *Các số liệu từ bình đồ IA - 100 - 03, IA - 25 - 17, IA - 25 - 20, Hải Phòng, 2009*.
37. Nghị định số 21/2012/NĐ-CP ngày 21/3/2012 của Thủ tướng Chính phủ về quản lý cảng biển và luồng hàng hải.
38. Nghị định số 93/2013/NĐ-CP ngày 20/8/2013 của Thủ tướng Chính phủ quy định về xử phạt vi phạm hành chính trong lĩnh vực giao thông hàng hải, đường thủy nội địa” quy định những nhiệm vụ và quyền hạn của Cảng vụ hàng hải.
39. Quyết định 1037/QĐ-TTg, ngày 24/6/2014 của Thủ tướng Chính phủ phê duyệt điều chỉnh “*Quy hoạch phát triển hệ thống cảng biển Việt Nam đến năm 2020, định hướng đến năm 2030*”.
40. Các số liệu khảo sát và nghiên cứu thực nghiệm tại thực địa trên tuyến luồng Hải Phòng, tháng 12/2015, tháng 5/2016 và tháng 5/2017.
41. Các số liệu khảo sát và nghiên cứu thực nghiệm tại Nhà máy Sài Gòn Ship Marine, Tp. Hồ Chí Minh, tháng 5/2016.

Tiếng Anh

42. A. F. Molland, S. R. Turnock. *Developments in modelling ship rudder-propeller interaction*. Department of Ship Science, University of Southampton, pp. 255 - 263, Highfield, Southampton, Hampshire, UK. (www.witpress.com/Secure/elibrary/papers/CMO94/CMO94025FU.pdf).
43. A.V. Pustoshny, S.V. Kaprantsev. *AZIPOD propeller blade cavitation observations during ship maneuvering*. Krylov Shipbuilding Research Institute, Russia, St.Petersburg, 2001. (<http://caltechconf.library.caltech.edu/36/1/observ.pdf>)
44. Andrea Di Mascio, Giulio Dubbioso, Roberto Muscari, Mario Felli. *CFD analysis of propeller - rudder interaction*. The Twenty-fifth International Ocean and Polar Engineering Conference, 21-26 June, Kona, Hawaii, USA, 2015 (<https://www.researchgate.net/publication>).
45. Charles E. Bado, Alexander B. Phillips, Stephen R. Turnock. *Influence of drift angle on the computation of hull - propellerrudder interaction*. Faculty of Engineering and the Environment University of Southampton, Southampton, United Kingdom. (<https://eprints.soton.ac.uk/370400/1/Influence%2520of%2520drift%2520angle%2520on%2520computational%2520rudder.pdf>).
46. Da Qing Li. *Investigation on propeller-rudder interaction by numerical methods*. Chalmers University of Technology, Swedish, 2004.
47. Force Technology. *MAN Diesel A/S and DTU*. CFD Project, 2009.
48. Fossen, T. I and O. E. Fjellstad. *Nonlinear Modelling of Marine Vehicles in 6 Degrees of Freedom*. International Journal of Mathematical Modelling of Systems JMMS-1(1), pp. 17-28, 1995.
49. Fossen, T. I. *Marine Control Systems - Guidance, Navigation and Control of Ships, Rigs and Underwater Vehicles* Marine Cybernetics, 3rd edition, 2002.

50. Han. J, Kong. D, Kim. Y, and Lew. J. *Analysis of propeller - rudder interaction with rudder angle*. Annual Autumn Meeting of SNAK, Taejon, Korea, pages pp. 206 -209, 2009.
51. J. A. Szantyr. *Mutual hydrodynamic interaction between the operating propeller and the rudder*. HYDRONAV 2007, Polanica - Zdroj, Poland, 2007.
52. Jonh P. Breslin, Poul Andersen. *Hydrodynamics of Ship Propellers*. Cambrige University Press, 1993.
53. K. J. Rawson, E. C. Tupper. *Basic Ship Theory*. Reed Educational and Professional Puplishing Ltd. Oxford, 2001.
54. Kaijia Han, Lars Larsson, Björn Regnström. *A numerical study of hull/propeller/rudder interaction*. Proceedings, 27th Symposium on Naval Hydrodynamics, 5-10 October, 2008, Seoul, Korea.
55. Lei He, Spyros A. Kinnas. *Numerical simulation of unsteady propeller/rudder interaction*. International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering. Available online 16 March 2017. (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2092678216304666>).
56. M. Felli, G. Guj, F. Di Felice, G. Aloisio. *Experimental Analysis of the Propeller Rudder Interaction*. Department of Mechanical and Industrial Engineering “Roma Tre” University, Via della Vasca Navale 79, 00146 Rome, Italy.
(<http://www.sname.org/HigherLogic/System/DownloadDocumentFile.ashx?DocumentFileKey=363c5f4f-a02c-4046-9e2f-c095bb54f61d>).
57. Perez, T. and Mogens Blanke. *Mathematical Ship Modeling for Control Applications*. Technical Report Dept. of Electrical and Computer Engineering The University of Newcastle, NSW, 2308, Australia.
58. Peter Hunter, Andrew Pullan. *FEM/BEM*. Department of Engineering Science the University of Auckland. New Zealand, 2012.

59. Phillips A.B, Turnock S.R and Furlong M.E. *Accurate capture of rudder - propeller interaction using a coupled blade element momentum - RANS approach*. Ship Technology Research, 57(2), pp.128 - 139, 2010.
60. Prof. Dr. Luong Cong Nho, Prof. Dr. Pham Ky Quang, Dr. Vu Van Duy, PhD. Student Bui Van Cuong, PhD. Student Co Tan Anh Vu, PhD. Student Nguyen Thanh Nhat Lai. *Calculation and simulation of the current effects on maritime safety in Haiphong fairway, Vietnam*. International Association of Maritime Universities, 17th Annual General Assembly, 26 - 29 October, 2016, Vietnam, pp. 170 - 179.
61. Shreenaath Natarajan, B.Tech. Thesis “*Computational Modeling of Rudder Cavitation and Propeller/Rudder Interaction*”. The University of Texas at Austin, August, 2003.
(<http://cavity.cae.utexas.edu/kinnas/theses/report-nat.pdf>).
62. T. Zorn, J. Heiman, V. Bertram. *CFD analysis of a duct’s effectiveness for model scale and full scale*. 13th Numerical Towing Tank Symp (NuTTS), Duisburg, 2010.
63. Ugo Piomelli. *Large-eddy and direct simulation of turbulent flow*. College Park, Maryland, USA, 2002.
64. www.ansys.com
65. Các trang website nước ngoài: www.sname.org, onepetro.org, researchgate.net, academia.edu, sciencedirect.com, libramar.net, witpress.com, publications.lib.chalmers.se, amazon.co.uk, dissercat.com,...
66. Các trang website trong nước: www.google.com.vn, vamaru.edu.vn, fas.hcmut.edu.vn, hust.edu.vn, ntu.edu.vn, tlu.edu.vn, ut.edu.vn, vinamarine.gov.vn, cangvuhaiphong.gov.vn, vms-north.vn,...

PHẦN PHỤ LỤC

(Gồm 5 phụ lục kèm theo)

PHỤ LỤC 1: HỒ SƠ LIÊN QUAN M/V TAN CANG FOUNDATION

PHỤ LỤC 2: KẾT QUẢ TÍNH TOÁN MÔ PHÒNG QUỶ ĐẠO CHUYÊN ĐỘNG CỦA TÀU TRONG CÁC TRƯỜNG HỢP CÒN LẠI

PHỤ LỤC 3: HỒ SƠ THIẾT KẾ, CHẾ TẠO VÀ BẢN VẼ LIÊN QUAN CỦA HỆ THỐNG THÍ NGHIỆM

PHỤ LỤC 4: CÁC QUYẾT ĐỊNH THÀNH LẬP, BIÊN BẢN HỌP HỘI ĐỒNG KHOA HỌC VÀ GIẤY XÁC NHẬN

PHỤ LỤC 5: GIẤY TỜ LIÊN QUAN ĐẾN NGHIÊN CỨU THỰC ĐỊA TRÊN TUYẾN LUỒNG HÀNG HẢI HẢI PHÒNG VÀ TẠI NHÀ MÁY SHIP MARINE SÀI GÒN

PHỤ LỤC 1

HỒ SƠ LIÊN QUAN M/V TAN CANG FOUNDATION

1.1. Particular of M/V TAN CANG FOUNDATION

(Các thông số chính của tàu)

1.2. Hồ sơ liên quan đến hệ thống chân vịt của tàu

1.3. Hồ sơ liên quan đến hệ thống bánh lái của tàu

PHỤ LỤC 2

KẾT QUẢ TÍNH TOÁN MÔ PHỎNG QUỸ ĐẠO CHUYÊN ĐỘNG CỦA TÀU TRONG CÁC TRƯỜNG HỢP CÒN LẠI

- 2.1. Kết quả tính toán mô phỏng xây dựng mô hình và chia lưới động trong các trường hợp còn lại

- 2.2. Cửa sổ chính mô tả kết quả chạy chương trình tính toán mô phỏng trong các trường hợp còn lại

- 2.3. Kết quả tính toán mô phỏng vị trí tàu chuyên động tại các thời điểm khác nhau trong các trường hợp còn lại

PHỤ LỤC 3

HỒ SƠ THIẾT KẾ, CHẾ TẠO VÀ BẢN VẼ LIÊN QUAN CỦA HỆ THỐNG THÍ NGHIỆM

- 3.1. Sơ đồ nguyên lý hoạt động của hệ thống thí nghiệm
- 3.2. Bản vẽ thiết kế bề thử của hệ thống thí nghiệm
- 3.3. Bản vẽ thiết kế phân dẫn dòng của hệ thống thí nghiệm
- 3.4. Bản vẽ thiết kế tổ hợp giá đỡ của hệ thống thí nghiệm
- 3.5. Bản vẽ thiết kế bánh lái của hệ thống thí nghiệm (thiết kế và chế tạo theo tiêu chuẩn đồng dạng với tàu M/V TAN CANG FOUNDATION)
- 3.6. Hình ảnh chân vịt được thiết kế và chế tạo của hệ thống thí nghiệm (theo tiêu chuẩn đồng dạng với tàu M/V TAN CANG FOUNDATION)

Ghi chú: Một số thiết kế và chế tạo thiết bị khác liên quan đến hệ thống và sơ đồ thiết kế, bố trí thiết bị khác có liên quan được mô tả trong luận án.

PHỤ LỤC 4

CÁC QUYẾT ĐỊNH THÀNH LẬP, BIÊN BẢN HỌP HỘI ĐỒNG KHOA HỌC VÀ GIẤY XÁC NHẬN

- 4.1. Quyết định số 3486/QĐ-BGTVT, ngày 07/11/2016 về việc phê duyệt danh mục đề tài, cơ quan chủ trì và cá nhân chủ nhiệm đề tài khoa học công nghệ cấp Bộ năm 2017
- 4.2. Quyết định số 2804/QĐ-ĐHHHVN-KHCN, ngày 28/12/2016 về việc giao nhiệm vụ khoa học công nghệ năm 2017 của Hiệu trưởng Trường Đại học Hàng hải Việt Nam.
- 4.3. Quyết định số 1482/QĐ-ĐHHHVN-KHCN, ngày 11/8/2017 của Hiệu trưởng Trường Đại học Hàng hải Việt Nam về việc thành lập Hội đồng Khoa học chuyên ngành đánh giá sản phẩm khoa học “Hệ thống đánh giá tác động của tổ hợp chân vịt - bánh lái tàu thủy”.
- 4.4. Biên bản họp của Hội đồng Khoa học chuyên ngành, ngày 11/8/2017, xác nhận của Trường Đại học Hàng hải Việt Nam.
- 4.5. Quyết định số 2890/QĐ-BGTVT ngày 12/10/2017 của Bộ trưởng Bộ Giao thông vận tải về việc Thành lập Hội đồng khoa học công nghệ cấp Bộ để đánh giá nghiệm thu đề tài khoa học và công nghệ “*Nghiên cứu thiết kế và chế tạo thử nghiệm hệ thống đánh giá tác động của tổ hợp chân vịt - bánh lái đến đặc tính điều khiển hướng chuyển động tàu thủy*”, mã số: DT 174003.
- 4.6. Biên bản họp của Hội đồng nghiệm thu Khoa học công nghệ cấp Bộ GTVT ngày 07/11/2017 của Bộ Giao thông vận tải.
- 4.7. Giấy chứng nhận giải Nhất theo tiêu chuẩn cao nhất của một công trình khoa học xuất sắc, của Chủ tịch Diễn đàn Hội nghị khoa học Quốc tế các Trường Đại học Hàng hải và Nghề cá Châu Á (AMFUF), tháng 11/ 2017.

PHỤ LỤC 5

GIẤY TỜ LIÊN QUAN ĐẾN NGHIÊN CỨU THỰC ĐỊA TUYẾN LUỒNG HÀNG HẢI HẢI PHÒNG VÀ TẠI NHÀ MÁY SHIP MARINE SÀI GÒN

- 5.1. Giấy giới thiệu số 68/GGT ngày 06/12/2015 của Hiệu trưởng Trường Đại học Hàng hải Việt Nam gửi Ban chỉ huy tàu M/V TAN CANG FOUNDATION.
- 5.2. Giấy xác nhận khảo sát thực địa của Thuyền trưởng tàu M/V TAN CANG FOUNDATION, ngày 08/12/2015 khi tàu nằm tại cảng.
- 5.3. Giấy xác nhận nghiên cứu thực địa, đi trực tiếp trên tàu khi hành trình trên tuyến luồng hàng hải Hải Phòng của Thuyền trưởng tàu M/V TAN CANG FOUNDATION, ngày 18/12/2015.
- 5.4. Giấy giới thiệu số 74/GGT ngày 25/4/2016 của Hiệu trưởng Trường Đại học Hàng hải Việt Nam gửi Ban chỉ huy tàu M/V TAN CANG FOUNDATION.
- 5.5. Giấy xác nhận khảo sát thực tế của Thuyền trưởng tàu M/V TAN CANG FOUNDATION, ngày 06/5/2016, khi tàu lên đà sửa chữa định kỳ tại Nhà máy Ship Marine Sài Gòn.
- 5.6. Giấy giới thiệu số 89/GGT ngày 05/7/2017 của Hiệu trưởng Trường Đại học Hàng hải Việt Nam gửi Ban chỉ huy tàu M/V TAN CANG FOUNDATION.
- 5.7. Giấy xác nhận nghiên cứu thực địa trên tuyến luồng hàng hải Hải Phòng, để kiểm chứng kết quả nghiên cứu của đề tài luận án và các vấn đề nghiên cứu liên quan do Thuyền trưởng tàu M/V TAN CANG FOUNDATION ký ngày 15/7/2017.