

# MỤC LỤC

MỤC LỤC .....	i
LỜI CAM ĐOAN .....	vi
LỜI CẢM ƠN .....	vii
DANH MỤC CÁC CHỮ VIẾT TẮT VÀ KÝ HIỆU .....	viii
DANH MỤC HÌNH VẼ VÀ ĐỒ THỊ .....	x
DANH MỤC CÁC BẢNG .....	xviii
MỞ ĐẦU .....	1
1. Tính cấp thiết của đề tài luận án .....	1
2. Mục đích nghiên cứu của luận án .....	6
3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu của luận án .....	6
4. Phương pháp nghiên cứu của luận án .....	6
5. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của luận án.....	7
6. Những điểm đóng góp mới của luận án .....	8
7. Kết cấu của luận án .....	9

## CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN TUYẾN LUỒNG HÀNG HẢI HẢI PHÒNG

### PHÒNG VÀ CƠ SỞ LÝ LUẬN TỔ HỢP CHÂN VỊT - BÁNH LÁI TÀU THỦY .....

10

1.1. Tổng quan về tuyến luồng hàng hải Hải Phòng .....	10
1.1.1. Phân tích đặc điểm tuyến luồng hàng hải Hải Phòng.....	10
1.1.2. Hệ thống phao, tiêu báo hiệu hàng hải và hệ thống bảo đảm an toàn hàng hải trên tuyến luồng Hải Phòng.....	14
1.1.3. Đặc điểm hoạt động hàng hải tuyến luồng Hải Phòng .....	17
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 .....	20
1.2. Cơ sở lý luận về tổ hợp chân vệt - bánh lái tàu thủy .....	24

1.2.1. Bánh lái tàu thủy .....	24
1.2.2. Chân vịt tàu thủy .....	27
1.2.3. Tổ hợp chân vịt - bánh lái tàu thủy .....	34
<b>1.3. Cơ sở toán học về chuyển động tàu thủy .....</b>	<b>32</b>
<b>1.4. Giới hạn vấn đề nghiên cứu .....</b>	<b>37</b>
<b>1. 5. Kết luận chương 1 .....</b>	<b>38</b>

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

<b>2.1. Dòng chảy bao quanh chân vịt và bánh lái .....</b>	<b>39</b>
2.1.1. Lý thuyết về dòng chảy .....	39
2.1.2. Dòng chảy sau chân vịt - bánh lái .....	40
<b>2.2. Xây dựng mô hình nghiên cứu và cơ sở toán học .....</b>	<b>42</b>
2.2.1. Mô hình nghiên cứu .....	42
2.2.2. Cơ sở toán học .....	44
<b>2.3. Xây dựng quy trình và phương án thực hiện tính toán mô phỏng ..</b>	<b>46</b>
2.3.1. Xây dựng quy trình tính toán mô phỏng .....	46
2.3.2. Phương án thực hiện tính toán mô phỏng .....	53
<b>2.4. Phân tích và đánh giá kết quả tính toán mô phỏng .....</b>	<b>54</b>
2.4.1. Kết quả tính toán mô phỏng các đại lượng tại mặt chuyển tiếp theo các trường hợp của bài toán 1 .....	55
2.4.2. Tính toán giá trị vận tốc dọc trục tại mặt chuyển tiếp bao quanh bánh lái tàu biển .....	61
2.4.3. Kết quả tính toán mô phỏng lực bẻ lái R theo các trường hợp của bài toán 2 .....	63
<b>2.5. Kết luận chương 2 .....</b>	<b>66</b>

<b>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.....</b>	<b>68</b>
<b>3.1. Mô hình lưới động .....</b>	<b>68</b>
<b>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 .....</b>	<b>70</b>
3.2.1. Trường hợp 1, áp dụng cho khu vực I (HPP1 → PS1) .....	71
3.2.2. Trường hợp 2, áp dụng cho khu vực I (PS1 → HPP1) .....	72
3.2.3. Trường hợp 3 (HPP2 → PS2) và trường hợp 4 (PS2 → HPP2), áp dụng cho khu vực II .....	74
3.2.4. Trường hợp 5 (HPP3 → PS3) và trường hợp 6 (PS3 → HPP3), áp dụng cho khu vực III .....	75
3.2.5. Trường hợp 7 (HPP4 → PS4) và trường hợp 8 (PS4 → HPP4), áp dụng cho khu vực IV .....	76
<b>3.3. Xây dựng quy trình tính toán mô phỏng tác động của tổ hợp chân vẹt - bánh lái đến quỹ đạo chuyển động tàu thủy .....</b>	<b>77</b>
<b>3.4. Tính toán mô phỏng tác động của tổ hợp chân vẹt - bánh lái đến quỹ đạo chuyển động tàu thủy .....</b>	<b>78</b>
3.4.1. Giới hạn một số điều kiện biên .....	78
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) .....	79
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 .....	94
<b>3.5. Kết luận chương 3 .....</b>	<b>98</b>

**CHƯƠNG 4. NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM: PHÂN TÍCH,  
SO SÁNH VÀ ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ ..... 99**

<b>4.1. Tổng quan một số hệ thống thí nghiệm về tương tác chân vịt - bánh lái tàu thủy trên thế giới .....</b>	<b>99</b>
4.1.1. Hệ thống thí nghiệm của Marintek (Na Uy) .....	99
4.1.2. Hệ thống thí nghiệm của Trường Đại học Kỹ thuật Công nghệ Sharif (Cộng hòa Hồi giáo Iran) .....	100
4.1.3. Hệ thống thí nghiệm của hãng Hyundai (Hàn Quốc) .....	100
4.1.4. Hệ thống thí nghiệm của hãng CTO S.A (Ba Lan) .....	101
4.1.5. Hệ thống thí nghiệm tại Potsdam Model Basin (LB Đức) ....	102
<b>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 .....</b>	<b>103</b>
4.2.1. Mục tiêu đặt ra .....	103
4.2.2. Ý tưởng thiết kế hệ thống .....	104
<b>4.3. Thiết kế và chế tạo hệ thống thử nghiệm .....</b>	<b>105</b>
4.3.1. Nghiên cứu thiết kế và chế tạo một số thiết bị chính .....	105
4.3.2. Hệ thống đo lực bẻ lái R .....	106
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 .....	107
4.3.4. Hệ trục, chân vịt, hộp số và động cơ dẫn động .....	108
4.3.5. Hệ thống thí nghiệm sau khi được thiết kế và chế tạo .....	109
4.3.6. Đánh giá chung về hệ thống thí nghiệm .....	110
<b>4.4. Quy trình vận hành hệ thống thí nghiệm .....</b>	<b>111</b>
4.4.1. Công tác chuẩn bị .....	111
4.4.2. Các bước chính khi vận hành hệ thống thí nghiệm .....	111
<b>4.5. Phân tích, so sánh và đánh giá kết quả nghiên cứu thực nghiệm ..</b>	<b>112</b>
4.5.1. Đặt vấn đề về nghiên cứu thực nghiệm .....	112
4.5.2. Phân tích, đánh giá và so sánh kết quả nghiên cứu trên hệ thống	

thí nghiệm .....	113
4.5.3. Phân tích, đánh giá và so sánh kết quả nghiên cứu trên thực địa tuyến luồng hàng hải Hải Phòng .....	121
<b>4.6. Kết luận chương 4 .....</b>	<b>128</b>
<b>KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ .....</b>	<b>129</b>
KẾT LUẬN .....	129
KIẾN NGHỊ .....	130
<b>DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH KHOA HỌC ĐÃ CÔNG BỐ LIÊN QUAN ĐẾN ĐỀ TÀI LUẬN ÁN.....</b>	<b>132</b>
<b>TÀI LIỆU THAM KHẢO .....</b>	<b>134</b>
<b>PHẦN PHỤ LỤC (Gồm 5 phụ lục) .....</b>	<b>141</b>
PHỤ LỤC 1: HỒ SƠ LIÊN QUAN M/V TAN CANG FOUNDATION	
PHỤ LỤC 2: KẾT QUẢ TÍNH TOÁN MÔ PHÒNG QUỸ 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	

## LỜI CAM ĐOAN

Tên tôi là Bùi Văn Cường - Nghiên cứu sinh chuyên ngành Khoa học hàng hải và tác giả 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*”, dưới sự hướng dẫn của tập thể người hướng dẫn khoa học: Thầy NGND. GS. TS. Lương Công Nhớ và thầy PGS. TS. Phạm Kỳ Quang, thực hiện tại Trường Đại học Hàng hải Việt Nam.

Bằng danh dự của bản thân, nghiên cứu sinh cam đoan rằng:

- Luận án này là công trình nghiên cứu của riêng nghiên cứu sinh, không có phần nội dung nào được sao chép một cách bất hợp pháp, từ công trình nghiên cứu của tác giả hay nhóm tác giả khác;

- Các số liệu, kết quả nghiên cứu được nêu trong luận án, chưa được ai công bố trong bất kỳ công trình nghiên cứu nào khác trước đó;

- Các thông tin, số liệu trích dẫn, tài liệu tham khảo trong luận án đều được chỉ rõ về xuất xứ, nguồn gốc và đảm bảo tính trung thực./.

*Hải Phòng, ngày 28 tháng 3 năm 2018*

**Nghiên cứu sinh**

(Đã ký)

**Bùi Văn Cường**

## LỜI CẢM ƠN

Với sự nỗ lực không ngừng của bản thân trong quá trình học tập, nghiên cứu, tìm tòi tài liệu, vận dụng kiến thức đã học trong Nhà trường và trải qua thực tiễn công tác. Mặt khác, được sự giúp đỡ tận tình, chu đáo của các thầy hướng dẫn khoa học, nhà khoa học, thầy cô giáo, đồng nghiệp và gia đình, đến nay đề tài luận án tiến sĩ của nghiên cứu sinh đã được hoàn thành.

Có được kết quả này, trước tiên, nghiên cứu sinh xin trân trọng và bày tỏ sự tri ân đến thầy NGND. GS. TS. Lương Công Nhó, thầy PGS. TS. Phạm Kỳ Quang, đã hướng dẫn trách nhiệm, tận tình suốt quá trình học tập, nghiên cứu và thực hiện đề tài luận án tiến sĩ tại Trường Đại học Hàng hải Việt Nam.

Nghiên cứu sinh trân trọng cảm ơn, sự động viên và tạo mọi điều kiện thuận lợi nhất của Tổng Liên đoàn Lao động Việt Nam, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam, Khoa Hàng hải, Viện Đào tạo sau đại học, Lãnh đạo các Ban, Ngành liên quan, Viện nghiên cứu, các đơn vị, công ty vận tải biển, cảng vụ Hàng hải,... trong quá trình học tập và nghiên cứu tại Nhà trường.

Nghiên cứu sinh trân trọng cảm ơn và cầu thị tiếp thu các ý kiến đóng góp và nhận xét từ các nhà khoa học, chuyên gia, giảng viên, cán bộ công nhân viên trong và ngoài Nhà trường.

Nghiên cứu sinh chân thành cảm ơn cán bộ, chuyên viên của Viện Đào tạo sau đại học, Khoa Hàng hải, các Phòng, Ban chức năng của Nhà trường, của các Công ty,... đã tạo điều kiện thuận lợi, động viên, giúp đỡ trong quá trình học tập, thực hiện và hoàn thành luận án tiến sĩ tại Nhà trường.

Nghiên cứu sinh bày tỏ lòng biết ơn đến gia đình, người thân, bạn bè và đồng nghiệp, đã giúp đỡ, động viên và tạo mọi điều kiện tốt nhất, trong suốt thời gian làm nghiên cứu sinh.

Rất mong tiếp tục nhận được sự đóng góp ý kiến cho luận án, từ các nhà khoa học, các thầy cô giáo, cán bộ, giảng viên và đồng nghiệp./.

**Nghiên cứu sinh: Bùi Văn Cường**

## DANH MỤC CÁC CHỮ VIẾT TẮT VÀ KÝ HIỆU

Chữ viết tắt	Giải thích ý nghĩa
BEM	Phương pháp phần tử biên
c	Chiều dài dây cung (m).
$C_D$	Hệ số lực cản
CFD	Tính toán động lực học dòng chảy
$C_L$	Hệ số lực nâng
$C_p$	Hệ số phân bố áp suất
$C_T$	Hệ số mô men
D	Đường kính chân vịt (m)
F	Lực khối đơn vị (N)
$F_n$	Số Froude
IMO	Tổ chức Hàng hải thế giới
J	Hệ số tiến chân vịt
$K_Q$	Hệ số mô men chân vịt
$K_T$	Hệ số lực đẩy
n	Số vòng quay chân vịt (rpm)
NCS	Nghiên cứu sinh
P	Áp suất, áp lực ( $N/m^2$ );
$p_a$	Áp suất khí quyển ( $N/m^2$ )
$p_{bh}$	Áp suất hơi bão hòa của chất lỏng ( $N/m^2$ )
Q	Lưu lượng ( $m^3/s$ )
R	Lực bẻ lái (N)
$R_e$	Số Rây nôn
t	Thời gian (s)
T	Lực đẩy (N)
V	Vận tốc tuyệt đối (m/s)



$V_p$	Vận tốc tiến của tàu (knot, m/s)
$V_{tb}$	Vận tốc trung bình dọc trục tại mặt chuyển tiếp (m/s)
$\alpha$	Góc bẻ lái (độ)
$\rho$	Khối lượng riêng của chất lỏng ( $\text{kg/m}^3$ )
$\gamma$	Trọng lượng riêng của chất lỏng
$\eta$	Hiệu suất

## DANH MỤC HÌNH VẼ VÀ ĐỒ THỊ

<b>Số hình</b>	<b>Tên hình vẽ và đồ thị</b>	<b>Trang</b>
1.1	Tổng quan toàn bộ tuyến luồng hàng hải Hải Phòng	10
1.2	Độ sâu thiết kế của các đoạn luồng trên tuyến luồng Hải Phòng	12
1.3	Hệ thống phao, tiêu báo hiệu luồng hàng hải Hải Phòng	14
1.4	Hệ thống phao, tiêu báo hiệu đoạn luồng Nam Triệu và Lạch Huyện	15
1.5	Hệ thống phao, tiêu báo hiệu đoạn luồng kênh Hà Nam	15
1.6	Hệ thống phao, tiêu báo hiệu đoạn luồng Bạch Đằng và Sông Cấm	16
1.7	Hướng dẫn hoạt động hàng hải qua kênh Hà Nam	19
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	21
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	22
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	22
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	23
1.12	Lực xuất hiện do bề lái và tác dụng khi tàu chạy tới	26

1.13	Lực xuất hiện do bề lái và tác dụng khi tàu chạy lùi	27
1.14	Chiều quay chân vịt: a) chân vịt chiều phải, b) chân vịt chiều trái	28
1.15	Thành phần phân lực ngang C và phản lực nước D sinh ra khi chân vịt chiều phải hoạt động với máy chạy tới	29
1.16	Vị trí tổ hợp chân vịt - bánh lái của tàu M/V TAN CANG FOUNDATION, khi tàu lên đà tháng 5/2016	31
1.17	Thành phần chuyển động, tham số động học của chuyển động tàu thủy	32
1.18	Thành phần chuyển động, tham số động học của chuyển động tàu thủy trong mặt phẳng nằm ngang	35
2.1	Mô hình dòng chảy bao quanh chân vịt - bánh lái tàu biển	41
2.2	Mô hình bài toán dòng chảy bao chân vịt và bánh lái tàu biển	41
2.3	Mô hình nghiên cứu “vùng chuyển tiếp” chân vịt và bánh lái	43
2.4	Lực và mô men tác động lên chân vịt tàu biển	45
2.5	Sơ đồ quy trình tính toán mô phỏng	47
2.6	Tính toán mô phỏng bản vẽ 3D chân vịt của mô hình tính toán	48
2.7	Kết quả chia lưới trên cánh và bầu chân vịt của mô hình tính toán	49
2.8	Cửa sổ chính phương pháp tính toán bằng Fluent - Ansys	50
2.9	Cửa sổ thể hiện đưa giá trị vận tốc tại đầu vào	50

2.10	Cửa sổ thể hiện giá trị áp suất tại đầu ra	51
2.11	Cửa sổ thể hiện giá trị tốc độ vòng quay chân vịt	51
2.12	Đặt điều kiện hội tụ cho các biến tính toán	52
2.13	Đặt số vòng lặp cho giai đoạn tính toán	52
2.14	Kết quả tính toán mô phỏng vận tốc dọc trục khi $n = 90$ rpm	55
2.15	Kết quả tính toán mô phỏng độ nhớt rối tại mặt chuyển tiếp khi $n = 90$ rpm	56
2.16	Kết quả tính toán mô phỏng động năng rối tại mặt chuyển tiếp khi $n = 90$ rpm	56
2.17	Kết quả tính toán mô phỏng áp suất trên mặt đẩy chân vịt khi $n = 90$ rpm	57
2.18	Kết quả tính toán mô phỏng áp suất trên mặt hút chân vịt khi $n = 90$ rpm	57
2.19	Kết quả tính toán mô phỏng vận tốc dọc trục khi $n = 100$ rpm	58
2.20	Kết quả tính toán mô phỏng vận tốc dọc trục khi $n = 110$ rpm	58
2.21	Kết quả tính toán mô phỏng vận tốc dọc trục khi $n = 120$ rpm	59
2.22	Kết quả tính toán mô phỏng vận tốc dọc trục khi $n = 130$ rpm	59
2.23	Kết quả tính toán mô phỏng vận tốc dọc trục khi $n = 140$ rpm	60
2.24	Kết quả tính toán mô phỏng vận tốc dọc trục khi $n = 150$ rpm	60

2.25	Đồ thị mối quan hệ giữa tốc độ vòng quay chân vịt và vận tốc dọc trục bao quanh bánh lái tàu biển	62
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	64
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	64
3.1	Hình ảnh lưới được chia lại sau mỗi bước thời gian thay đổi	69
3.2	Xây dựng mô hình nghiên cứu cho trường hợp 1	71
3.3	Xây dựng mô hình nghiên cứu cho trường hợp 2	73
3.4	Xây dựng mô hình nghiên cứu cho trường hợp 3 và trường hợp 4	74
3.5	Xây dựng mô hình nghiên cứu cho trường hợp 5 và trường hợp 6	75
3.6	Xây dựng mô hình nghiên cứu cho trường hợp 7 và trường hợp 8	76
3.7	Sơ đồ khối quy trình tính toán mô phỏng	77
3.8	Cửa sổ chính mô hình chia lưới động	78
3.9	Kết quả tính toán mô phỏng xây dựng mô hình và chia lưới động	80
3.10	Kết quả tính toán mô phỏng quỹ đạo chuyển động của tàu thủy và tốc độ 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) $t_4 = 9,5s$ .	81
3.11	Kết quả tính toán mô phỏng quỹ đạo chuyển động của tàu thủy và tốc độ dòng chảy tương tác với tàu tại thời điểm khác nhau $t_i$ ( $i = 1 \div 4$ ), khi góc bẻ lái $\alpha^0 = 5^0$ :	82

	a) $t_1 = 0,5s$ ; b) $t_2 = 3,5s$ ; c) $t_3 = 6,75s$ ; d) $t_4 = 9,5s$ .	
3.12	Kết quả tính toán mô phỏng quỹ đạo chuyển động của tàu thủy và tốc độ 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) $t_2 = 2,5s$ ; c) $t_3 = 5,75s$ ; d) $t_4 = 8,5s$ .	82
3.13	Kết quả tính toán mô phỏng quỹ đạo chuyển động của tàu thủy và tốc độ 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) $t_2 = 2,5s$ ; c) $t_3 = 6,0s$ .	83
3.14	Kết quả tính toán mô phỏng quỹ đạo chuyển động của tàu thủy và tốc độ 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) $t_3 = 5,0s$ .	84
3.15	Kết quả tính toán mô phỏng quỹ đạo chuyển động của tàu thủy và tốc độ 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) $t_3 = 6,0s$ .	85
3.16	Kết quả tính toán mô phỏng quỹ đạo chuyển động của tàu thủy và tốc độ 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) $t_2 = 3,5s$ .	85
3.17	Tổng hợp vị trí của tàu biển theo các góc bề lái tại ĐĐ <sub>1</sub>	87
3.18	Kết quả tính toán mô phỏng quỹ đạo chuyển động của tàu thủy và tốc độ 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) $t_2 = 6,75s$ .	88
3.19	Kết quả tính toán mô phỏng quỹ đạo chuyển động của	89

	tàu thủy và tốc độ 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) $t_2 = 7,0s$ .	
3.20	Tổng hợp vị trí của tàu theo các góc bề lái tại ĐĐ <sub>2</sub>	90
3.21	Kết quả tính toán mô phỏng quỹ đạo chuyển động của tàu thủy và tốc độ 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) $t_2 = 5,0s$ .	90
3.22	Kết quả tính toán mô phỏng quỹ đạo chuyển động của tàu thủy và tốc độ 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) $t_2 = 6,5s$	91
3.23	Tổng hợp vị trí của tàu theo các góc bề lái tại ĐĐ <sub>3</sub>	92
3.24	Tổng hợp vị trí tàu theo quỹ đạo mong muốn tại ĐĐ <sub>1</sub> , ĐĐ <sub>2</sub> và ĐĐ <sub>3</sub>	92
3.25	Tổng hợp vị trí tàu bám theo quỹ đạo mong muốn tại ĐĐ <sub>1</sub> và ĐĐ <sub>2</sub> : a) Trường hợp 1 (HPP1 $\rightarrow$ PS1); b) Trường hợp 2 (PS1 $\rightarrow$ HPP1)	95
3.26	Tổng hợp vị trí tàu bám theo quỹ đạo mong muốn tại ĐĐ <sub>1</sub> và ĐĐ <sub>2</sub> : a) Trường hợp 3 (HPP2 $\rightarrow$ PS2); b) Trường hợp 4 (PS2 $\rightarrow$ HPP2)	96
3.27	Tổng hợp vị trí tàu bám theo quỹ đạo mong muốn tại ĐĐ <sub>1</sub> , ĐĐ <sub>2</sub> và ĐĐ <sub>3</sub> của trường hợp 6 (PS3 $\rightarrow$ HPP3)	96
3.28	Tổng hợp vị trí tàu bám quỹ đạo mong muốn tại ĐĐ <sub>1</sub> , ĐĐ <sub>2</sub> , ĐĐ <sub>3</sub> và ĐĐ <sub>4</sub> : a) Trường hợp 7 (HPP4 $\rightarrow$ PS4); b) Trường hợp 8 (PS4 $\rightarrow$ HPP4)	97
4.1	Hình ảnh hệ thống thí nghiệm của Marintek	99

4.2	Hệ thống thí nghiệm tại Trường Đại học Kỹ thuật Công nghệ Sharif	100
4.3	Hệ thống thí nghiệm của hãng Hyundai	101
4.4	Hệ thống thí nghiệm của hãng STO S.A	101
4.5	Thí nghiệm tương tác chân vịt - bánh lái tàu của hãng STO S.A	102
4.6	Hệ thống thí nghiệm tại Potsdam Model Basin	102
4.7	Sơ đồ bố trí hệ thống thí nghiệm	104
4.8	Thiết bị đo vận tốc trung bình tại mặt chuyển tiếp gắn với hệ thống	107
4.9	Tổng thể hệ thống thí nghiệm được thiết kế và chế tạo	109
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	110
4.11	Đo giá trị vận tốc trên mặt chuyển tiếp từ hệ thống thí nghiệm	116
4.12	Lựa chọn các điểm cần đo vận tốc trên mặt chuyển tiếp	117
4.13	Đồ thị đánh giá, so sánh giá trị $R_{mô phỏng}$ , $R_{thực nghiệm}$ và $R_{thí nghiệm}$ với các góc bẻ lái khác nhau, khi số vòng quay chân vịt là $n = 120$ rpm.	118
4.14	Đồ thị đánh giá, so sánh giá trị $R_{mô phỏng}$ , $R_{thực nghiệm}$ và $R_{thí nghiệm}$ với các góc bẻ lái khác nhau, khi số vòng quay chân vịt là $n = 130$ rpm.	119
4.15	Đồ thị đánh giá, so sánh giá trị $R_{mô phỏng}$ , $R_{thực nghiệm}$ và $R_{thí nghiệm}$ với các góc bẻ lái khác nhau, khi số vòng quay chân vịt là $n = 140$ rpm.	119



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 $n = 150 \text{ rpm}$ .	120
4.17	Khu vực III - khảo sát quỹ đạo chuyển động thật của tàu	123
4.18	M/V TAN CANG FOUNDATION và ca nô khảo sát thực địa	124
4.19	M/V TAN CANG FOUNDATION chuẩn bị hành trình vào khu vực III trên tuyến luồng hàng hải Hải Phòng	124
4.20	Một phần vết chuyển động thật của M/V TAN CANG FOUNDATION được ghi lại tại khu vực III	125
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	127

## DANH MỤC CÁC BẢNG

Số bảng	Tên bảng	Trang
1.1	Thông số thiết kế tuyến luồng hàng hải Hải Phòng	11
1.2	Độ sâu của các đoạn luồng trên tuyến luồng Hải Phòng, đến 9/2017	12
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 2016.	20
2.1	Kết quả tính toán giá trị vận tốc dọc trục bao quanh bánh lái theo Fluent - Ansys	61
2.2	Kết quả tính toán lực bẻ lái R với vận tốc V tính theo Fluent - Ansys	63
3.1	Tổng hợp 8 trường hợp của 4 khu vực trên tuyến luồng Hải Phòng	70
3.2	Tổng hợp kết quả tính toán mô phỏng quỹ đạo chuyển động của tàu	86
3.3	Tổng hợp các tổ hợp chân vịt - bánh lái tối ưu của trường hợp 5	92
4.1	Quy đổi từ giá trị thực sang giá trị cho mô hình đồng dạng	113
4.2	Kết quả tính toán giá trị vận tốc thực nghiệm trung bình dọc trục bao quanh bánh lái	115
4.3	Kết quả tính toán lực bẻ lái thực nghiệm $R_{\text{thực nghiệm}}$ theo $V_{\text{thực nghiệm}}$	116
4.4	Kết quả đo và tính toán giá trị vận tốc thí nghiệm trung bình dọc trục bao quanh bánh lái	117

4.5	Kết quả tính toán lực bẻ lái thí nghiệm $R_{\text{thí nghiệm}}$ theo $V_{\text{thí nghiệm}}$	118
4.6	Tổng hợp các một số lệnh điều động ghi lại của nhóm 1	126