

# MỤC LỤC

MỤC LỤC .....	i
LỜI CAM ĐOAN .....	v
LỜI CẢM ƠN .....	vi
DANH MỤC CÁC CHỮ VIẾT TẮT VÀ KÝ HIỆU .....	vii
DANH MỤC HÌNH VẼ VÀ ĐỒ THỊ .....	ix
DANH MỤC CÁC BẢNG .....	xiv
MỞ ĐẦU .....	1
1. Tính cấp thiết của luận án .....	1
2. Mục đích nghiên cứu của luận án .....	2
3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu của luận án .....	2
4. Phương pháp nghiên cứu của luận án .....	2
5. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của luận án.....	3
6. Những điểm đóng góp mới của luận án .....	4
7. Kết cấu của luận án .....	5
CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN ẢNH HƯỞNG XÂM THỰC BÁNH LÁI ĐẾN LỰC BỀ LÁI TÀU THỦY.....	6
1.1. Tổng quan về vấn đề nghiên cứu của luận án .....	6
1.2. Xâm thực bánh lái tàu thủy .....	12
1.2.1. Khái niệm xâm thực .....	12
1.2.2. Điều kiện xuất hiện xâm thực .....	15
1.2.3. Một số loại xâm thực trên bánh lái tàu thủy .....	16
1.2.4. Một số phương trình chủ đạo .....	19
1.2.5. Một số yếu tố ảnh hưởng đến xâm thực bánh lái tàu thủy ..	20
1.2.6. Một số profil bánh lái tàu thủy và cơ cấu điều khiển thường dùng .....	24

1.2.7. Lực bẻ lái tàu thủy trong giai đoạn xâm thực bánh lái tàu thủy .....	25
<b>1.3. Phạm vi nghiên cứu của luận án .....</b>	<b>28</b>
<b>1.4. Kết luận chương 1 .....</b>	<b>29</b>

## **CHƯƠNG 2. TÍNH TOÁN MÔ PHỎNG XÂM THỰC**

<b>BÁNH LÁI TÀU THỦY .....</b>	<b>30</b>
<b>2.1. Xây dựng mô hình nghiên cứu và cơ sở toán học .....</b>	<b>30</b>
2.1.1. Xây dựng mô hình nghiên cứu .....	30
2.1.2. Cơ sở toán học .....	30
<b>2.2. Xây dựng quy trình tính toán mô phỏng .....</b>	<b>36</b>
2.2.1. Xây dựng quy trình tính toán mô phỏng cho bài toán 2D ...	36
2.2.2. Xây dựng quy trình tính toán mô phỏng cho bài toán 3D ...	37
2.2.3. Sử dụng phần mềm Fluent - Ansys .....	38
<b>2.3. Phân tích kết quả tính toán mô phỏng .....</b>	<b>43</b>
2.3.1. Kết quả tính toán mô phỏng cho bài toán 2D .....	43
2.3.2. Kết quả tính toán mô phỏng cho bài toán 3D .....	54
2.3.3. Sử dụng phương pháp xâu chuỗi từ các profil .....	55
<b>2.4. Kết luận chương 2 .....</b>	<b>57</b>

## **CHƯƠNG 3. ĐÁNH GIÁ ẢNH HƯỞNG CỦA XÂM THỰC**

<b>BÁNH LÁI ĐẾN LỰC BẺ LÁI TÀU THỦY .....</b>	<b>59</b>
<b>3.1. Xây dựng quy trình nghiên cứu .....</b>	<b>59</b>
3.1.1. Sơ đồ quy trình đánh giá tác động của xâm thực cục bộ tới lực bẻ lái .....	59
3.1.2. Phân tích các bước thực hiện trong quy trình .....	60
<b>3.2. Đánh giá ảnh hưởng của xâm thực cục bộ mép vào đến lực bẻ lái ..</b>	<b>62</b>

3.2.1. Kết quả tính toán mô phỏng kích thước túi hơi xâm thực cục bộ trong một chu kỳ .....	62
3.2.2. Phân tích và đánh giá kết quả tính toán mô phỏng .....	64
3.2.3. Tính toán lực bẻ lái trung bình khi có ảnh hưởng xâm thực cục bộ tại mép vào bánh lái .....	67
<b>3.3. Đánh giá ảnh hưởng của xâm thực mép thoát đến lực bẻ lái .....</b>	<b>71</b>
3.3.1. Xây dựng mô hình và quy trình nghiên cứu .....	71
3.3.2. Phân tích và đánh giá kết quả tính toán mô phỏng .....	73
<b>3.4. Kết luận chương 3 .....</b>	<b>76</b>

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

78

<b>4.1. Tổng quan về nghiên cứu thực nghiệm xâm thực bánh lái tàu thủy</b>	<b>78</b>
<b>4.2. Thiết kế và chế tạo hệ thống phục vụ nghiên cứu thực nghiệm .....</b>	<b>80</b>
4.2.1. Giới thiệu hệ thống nghiên cứu thực nghiệm .....	80
4.2.2. Mục tiêu thí nghiệm và phương án giải quyết .....	82
4.2.3. Các thông số kỹ thuật và đánh giá ưu nhược điểm của hệ thống .....	84
4.2.4. Quy trình vận hành hệ thống thí nghiệm .....	85
<b>4.3. Phân tích, so sánh và đánh giá kết quả .....</b>	<b>86</b>
4.3.1. Quy đổi thông số đầu vào và phương án nghiên cứu thực nghiệm .....	86
4.3.2. Phân tích, so sánh và đánh giá kết quả thí nghiệm .....	89
<b>4.4. Một số kết quả khảo sát thực địa .....</b>	<b>95</b>
<b>4.5. Kết luận chương 4 .....</b>	<b>97</b>
<b>KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ .....</b>	<b>99</b>
<b>KẾT LUẬN .....</b>	<b>99</b>
<b>KIẾN NGHỊ .....</b>	<b>101</b>

<b>DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH KHOA HỌC ĐÃ CÔNG BỐ LIÊN QUAN ĐẾN LUẬN ÁN .....</b>	<b>103</b>
<b>TÀI LIỆU THAM KHẢO .....</b>	<b>105</b>
<b>PHẦN PHỤ LỤC (Gồm 6 phụ lục) .....</b>	<b>113</b>
PHỤ LỤC 1: HỒ SƠ LIÊN QUAN TÀU M/V TAN CANG FOUNDATION	
PHỤ LỤC 2: CHƯƠNG TRÌNH TÍNH TOÁN MÔ PHÒNG XÂM THỰC CỤC BỘ TRÊN PROFIL BÁNH LÁI BẰNG PHƯƠNG PHÁP PHẦN TỬ BIÊN	
PHỤ LỤC 3: CÁC CHỨC NĂNG CƠ BẢN VÀ THÔNG SỐ CỦA MỘT SỐ HỆ THỐNG THÍ NGHIỆM VỀ XÂM THỰC TRÊN THỂ GIỚI	
PHỤ LỤC 4: HỒ SƠ THIẾT KẾ, CHẾ TẠO VÀ BẢN VẼ CƠ BẢN LIÊN QUAN CỦA HỆ THỐNG THÍ NGHIỆM	
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 6: QUYẾT ĐỊNH THÀNH LẬP HỘI ĐỒNG VÀ BIÊN BẢN HỌP HỘI ĐỒNG KHOA HỌC CHUYÊN NGÀNH ĐỂ ĐÁNH GIÁ HỆ THỐNG THÍ NGHIỆM CỦA CÁC CẤP	

## LỜI CAM ĐOAN

Tên tôi là Cổ Tấn Anh Vũ - Nghiên cứu sinh chuyên ngành: Khoa học hàng hải và là tác giả luận án tiến sĩ: “*Nghiên cứu ảnh hưởng xâm thực bánh lái đến lực bề lái tàu thủy*”, dưới sự hướng dẫn của tập thể người hướng dẫn khoa học: Thầy PGS. TS. Phạm Kỳ Quang và thầy TS. Vũ Văn Duy.

Bằng danh dự của bản thân, nghiên cứu sinh xin 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 09 tháng 5 năm 2018*

**Nghiên cứu sinh**

**Cổ Tấn Anh Vũ**

## 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 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 PGS. TS. Phạm Kỳ Quang, thầy TS. Vũ Văn Duy, đã hướng dẫn tận tình, chu đáo suốt quá trình học tập, nghiên cứu và thực hiện 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 Trường Đại học Hàng hải Việt Nam, Trường Đại học Giao thông vận tải TP. Hồ Chí Minh, Khoa Hàng hải, Viện Đào tạo sau đại học, Lãnh đạo các Ban, Ngành, Viện nghiên cứu, các đơn vị, công ty vận tải thủy, 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, các 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: Cổ Tấn Anh Vũ**

## 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
D	Đường kính chân vịt (m)
F	Lực khối đơn vị (N)
$F_n$	Số Froude
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)
$R_{tb}$	Lực bẻ lái trung bình (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 bề 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

Số hình	Tên hình vẽ và đồ thị	Trang
1.1	Bảng định dạng chiều dài vùng xâm thực với $V = 10 \text{ m/s}$	6
1.2	Chu kỳ của túi hơi xâm thực, hệ số lực nâng và hệ số áp suất tại các số xâm thực khác nhau	8
1.3	Hình ảnh xâm thực trên cánh	9
1.4	Chu kỳ của xâm thực cục bộ giữa thực nghiệm và mô phỏng	9
1.5	Hình ảnh bánh lái trong hệ thống thí nghiệm HYKAT	10
1.6	Hình ảnh xâm thực cục bộ tại mép vào bánh lái	10
1.7	Xâm thực trên bánh lái tàu M/V TAN CANG FOUNDATION	13
1.8	Hình ảnh xâm thực trên cánh NACA16012 khi số $Re = 10^6$	14
1.9	Hình ảnh dòng chảy bao profil bất kỳ	15
1.10	Hình ảnh túi hơi xâm thực cục bộ tại mép vào profil bánh lái	16
1.11	Các giai đoạn trong một chu kỳ của xâm thực cục bộ mép thoát	17
1.12	Hình ảnh dòng chảy tiếp cận với thành rắn	18
1.13	Hình ảnh bánh lái bị xâm thực cưỡng bức từ chân vịt tàu thủy	19
1.14	Đặc điểm dòng chảy bao profil cánh	20
1.15	Sự dịch chuyển điểm rời và vùng có áp suất thấp	21
1.16	Mô hình xâm thực trong chảy bao profil cánh	22

1.17	Các thể và vùng xâm thực của nước theo áp suất và nhiệt độ	23
1.18	Quan hệ giữa khối lượng riêng và áp suất của nước ở 20 <sup>0</sup> C	23
1.19	Một số loại profil bánh lái thường dùng	24
1.20	Một số loại cơ cấu điều khiển bánh lái tàu thủy	24
1.21	Một số kích thước theo tiêu chuẩn khi thiết kế bánh lái	25
1.22	Phân bố áp suất trên bánh lái tàu thủy khi góc bẻ lái $\alpha = 0^0$	27
1.23	Phân bố áp suất trên bánh lái tàu thủy khi góc bẻ lái $\alpha = 30^0$	27
2.1	Hình ảnh bánh lái tàu thủy: a) bánh lái M/V TAN CANG FOUNDATION; b) bánh lái mô phỏng 3D	30
2.2	Mô hình nghiên cứu theo phương pháp phần tử biên	31
2.3	Hình ảnh khi lập tìm biên dạng túi hơi và điểm đóng L	33
2.4	Hình ảnh xâu chuỗi 06 profil kèm vùng xâm thực	34
2.5	Sơ đồ quy trình tính toán cho bài toán 2D bằng phương pháp BEM	36
2.6	Sơ đồ quy trình tính toán cho bài toán 3D theo phương pháp xâu chuỗi	37
2.7	Lựa chọn Model “Mixture” với số pha là 2	38
2.8	Cửa sổ lựa chọn kỹ thuật giải “k-epsilon” trong Model	39
2.9	Lựa chọn cửa sổ nạp giá trị pha 1 (pha nước)	39
2.10	Lựa chọn cửa sổ nạp giá trị pha 2 (pha hơi)	40
2.11	Cửa sổ thể hiện đặc tính chuyển pha bài toán xâm thực	40

2.12	Cửa sổ lựa chọn phương pháp tính toán	41
2.13	Cửa sổ lựa chọn độ chính xác cho các biến tính toán	41
2.14	Đưa giá trị bước thời gian, số bước và số vòng lặp/1 bước	42
2.15	Hình ảnh mẫu profil NACA 66 (MOD)	43
2.16	Kết quả tính toán mô phỏng phân bố áp suất và kích thước túi hơi của profil NACA 66 MOD, khi $\alpha = 3^0$ với số xâm thực lần lượt: a) $\sigma = 0.7$ , b) $\sigma = 0.8$ , c) $\sigma = 0.9$	45
2.17	Kết quả tính toán mô phỏng phân bố áp suất và kích thước túi hơi của profil NACA 66 MOD, khi $\alpha = 5^0$ với số xâm thực lần lượt: a) $\sigma = 0.9$ , b) $\sigma = 1.0$ , c) $\sigma = 1.1$	46
2.18	Đồ thị quan hệ giữa $\sigma$ và $l/c$ tại góc bẻ lái $\alpha = 4^0$	46
2.19	Đồ thị mô tả quan hệ giữa $l/c$ và $\sigma$ tại các giá trị $\alpha$ khác nhau của profil NACA 66MOD	47
2.20	Kết quả tính toán mô phỏng phân bố phần trăm pha hơi	48
2.21	Kết quả tính toán mô phỏng phân bố hệ số áp suất	48
2.22	Kết quả tính toán mô phỏng phân bố áp suất	48
2.23	Mô phỏng vùng xâm thực ở mép thoát của profil	49
2.24	Kết quả tính toán mô phỏng phân bố phần trăm pha hơi	51
2.25	Kết quả tính toán mô phỏng phân bố hệ số áp suất	51
2.26	Kết quả tính toán mô phỏng phân bố áp suất	51
2.27	Kết quả tính toán mô phỏng phân bố phần trăm pha hơi	53
2.28	Kết quả tính toán mô phỏng phân bố hệ số áp suất	53
2.29	Kết quả tính toán mô phỏng phân bố áp suất	53

2.30	Kết quả tính toán mô phỏng phần trăm pha hơi: a) $\alpha^0 = 0^0$ ; b) $\alpha^0 = 30^0$	55
2.31	Hình ảnh chia bánh lái tàu thủy thành 6 profil	56
2.32	Kết quả xâu chuỗi 6 profil kèm vùng xâm thực bánh lái	57
3.1	Quy trình đánh giá tác động của xâm thực cục bộ tới lực bề lái	59
3.2	Mô hình nghiên cứu	60
3.3	Kết quả tính toán mô phỏng phần trăm pha hơi theo bước thời gian khác nhau: a) $t = 0,0046s$ , b) $t = 0,0158s$ , c) $t = 0,0664s$ , d) $t = 0,0754$ , e) $t = 0,083s$ , g) $t = 0,0956s$ .	64
3.4	Mô phỏng hình ảnh dòng chảy ngược	65
3.5	Kết quả tính toán giá trị $C_L$ và $C_D$ tại $\alpha = 20^0$ ; $V = 7,5$ m/s	66
3.6	Minh họa vùng xâm thực cục bộ mép vào bánh lái	67
3.7	Đồ thị mô tả lực bề lái biến thiên theo thời gian	68
3.8	Kết quả tính toán mô phỏng phần trăm pha hơi trên bánh lái M/V TAN CANG FOUNDATION khi $\alpha = 15^0$ và $V = 7,5$ m/s	70
3.9	Kết quả tính toán mô phỏng phần trăm pha hơi trên bánh lái M/V TAN CANG FOUNDATION khi $\alpha = 35^0$ và $V = 7,5$ m/s	70
3.10	Đồ thị mô tả giá trị lực bề lái của M/V TAN CANG FOUNDATION khi $\alpha = 35^0$ và $V = 7,5$ m/s	71
3.11	Mô hình bánh lái có góc “flap”	72
3.12	Hình ảnh profil bánh lái tàu thủy tính toán: a) không có góc flap, b) góc flap $15^0$	73

3.13	Kết quả tính toán mô phỏng phân bố áp suất tĩnh: a) không có góc flap, b) khi góc flap $15^0$	74
3.14	Kết quả tính toán mô phỏng phân bố vận tốc: a) không có góc flap, b) khi góc flap $15^0$	75
3.15	Kết quả tính toán mô phỏng phân bố phần trăm pha hơi: a) không có góc flap, b) khi góc flap $15^0$	75
3.16	Kết quả tính toán mô phỏng hệ số áp suất: a) đường cong màu đen - không có góc flap, b) đường cong màu đỏ - khi góc flap $15^0$	76
4.1	Sơ đồ bố trí các cụm thiết bị chính của hệ thống thí nghiệm	80
4.2	Ý tưởng thiết kế buồng quan sát phục vụ nghiên cứu	81
4.3	Hình ảnh hệ thống thí nghiệm hoàn thiện	81
4.4	Thiết kế và bố trí hệ thống thủy lực đo lực bề lái R	82
4.5	Nguyên lý xác định giá trị lực bề lái R	83
4.6	Vị trí profil bánh lái khảo sát	90
4.7	Chiều dài túi hơi xâm thực cục bộ tại profil thẳng tâm chân vịt	90
4.8	So sánh kết quả vùng xâm thực trên bánh lái: a) theo tính toán mô phỏng bằng CFD; b) theo thực nghiệm	91
4.9	Tổng hợp kết quả tính toán xâm thực bánh lái	92
4.10	Tổng hợp và so sánh kết quả lực bề lái với số vòng quay 475 rpm	94
4.11	Bánh lái M/V TAN CANG FOUNDATION và vấn đề xâm thực	95
4.12	Phân tích thực địa hình ảnh ăn mòn bánh lái do xâm thực	96

## DANH MỤC CÁC BẢNG

Số bảng	Tên bảng	Trang
2.1	Giá trị đầu vào và kết quả tính toán mô phỏng	42
2.2	Kết quả tính toán mô phỏng và so sánh với PCPAN, PCJET	44
2.3	Kết quả tính toán chiều dài vùng xâm thực, khi góc bề lái $\alpha = 35^0$	50
2.4	Kết quả tính toán chiều dài vùng xâm thực, khi góc bề lái $\alpha = 30^0$	52
2.5	Tổng hợp kết quả tính toán mô phỏng	54
3.1	Một số kết quả tổng hợp tính toán giá trị $C_L$	68
4.1	Các thông số kỹ thuật của hệ thống thí nghiệm	84
4.2	Quy đổi từ giá trị thực sang giá trị cho mô hình đồng dạng	88
4.3	Tổng hợp giá trị đầu vào xuất hiện xâm thực trên bánh lái	89
4.4	Bảng tổng hợp so sánh giá trị trung bình lực bề lái	93