

**BỘ GIAO THÔNG VẬN TẢI**

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO**

**TRƯỜNG ĐẠI HỌC HÀNG HẢI VIỆT NAM**



**TRẦN QUỐC CHUẨN**

**NGHIÊN CỨU XÁC ĐỊNH HIỆU SỐ MÓN NƯỚC  
TỐI ƯU NHẪM NÂNG CAO HIỆU QUẢ SỬ DỤNG  
NHIÊN LIỆU TRÊN TÀU BIỂN**

**LUẬN ÁN TIẾN SĨ KỸ THUẬT**

**HẢI PHÒNG - 2024**

BỘ GIAO THÔNG VẬN TẢI      BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC HÀNG HẢI VIỆT NAM

TRẦN QUỐC CHUẨN

NGHIÊN CỨU XÁC ĐỊNH HIỆU SỐ MÓN NƯỚC  
TỐI ƯU NHẪM NÂNG CAO HIỆU QUẢ SỬ DỤNG  
NHIÊN LIỆU TRÊN TÀU BIỂN

LUẬN ÁN TIẾN SĨ KỸ THUẬT

NGÀNH: KHOA HỌC HÀNG HẢI;      MÃ SỐ: 9840106

CHUYÊN NGÀNH: KHOA HỌC HÀNG HẢI

Người hướng dẫn khoa học: 1. PGS.TS. Nguyễn Kim Phương

2. PGS.TS. Trần Ngọc Tú

HẢI PHÒNG - 2024

## LỜI CAM ĐOAN

Tôi xin cam đoan đây là công trình nghiên cứu của riêng tôi và không có bất kỳ sự trùng lặp nào với các công trình khác đã được công bố. Các số liệu, kết luận nêu trong luận án là trung thực, có nguồn gốc rõ ràng. Những kết luận khoa học của luận án chưa từng được công bố.

*Hải Phòng, ngày      tháng      năm 2024*

**Nghiên cứu sinh**

**Trần Quốc Chuẩn**

## LỜI CẢM ƠN

Trước hết, tôi muốn bày tỏ lòng biết ơn đến Trường Đại học Hàng hải Việt Nam vì đã tạo điều kiện cho việc thực hiện Luận án này.

Tôi cũng rất cảm kích sự hỗ trợ của Khoa Hàng hải, Viện Đào tạo Sau đại học và Trung tâm Huấn luyện thuyền viên, cũng như sự giúp đỡ của các giáo viên và đồng nghiệp của mình tại Trường Đại học Hàng hải Việt Nam.

Tôi muốn gửi lời tri ân tới PGS.TS. Nguyễn Kim Phương và PGS.TS. Trần Ngọc Tú vì đã hỗ trợ và hướng dẫn tôi trong suốt quá trình nghiên cứu và thực hiện Luận án tiến sĩ. Tôi cũng muốn cảm ơn các thành viên trong các Hội đồng bảo vệ, hội thảo khoa học và đánh giá Luận án đã đóng góp ý kiến và hỗ trợ tôi trong việc tiếp thu kiến thức khoa học và làm rõ các vấn đề liên quan.

Cuối cùng, tôi muốn gửi lời cảm ơn sâu sắc đến gia đình, bạn bè và đồng nghiệp vì đã luôn động viên, khích lệ và giúp đỡ tôi trong suốt quá trình hoàn thành Luận án tiến sĩ này.

*Hải Phòng, ngày      tháng      năm 2024*

**Nghiên cứu sinh**

**Trần Quốc Chuẩn**

## MỤC LỤC

<b>LỜI CAM ĐOAN .....</b>	<b>i</b>
<b>LỜI CẢM ƠN .....</b>	<b>ii</b>
<b>MỤC LỤC .....</b>	<b>iii</b>
<b>DANH MỤC CÁC CHỮ VIẾT TẮT.....</b>	<b>vii</b>
<b>DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU.....</b>	<b>viii</b>
<b>DANH MỤC HÌNH VẼ .....</b>	<b>x</b>
<b>DANH MỤC BẢNG BIỂU .....</b>	<b>xvi</b>
<b>MỞ ĐẦU .....</b>	<b>1</b>
1. Tính cấp thiết của luận án.....	1
2. Mục đích nghiên cứu của luận án.....	3
3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu .....	4
4. Phương pháp nghiên cứu .....	4
5. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của luận án.....	4
6. Những điểm mới của luận án .....	5
7. Cấu trúc của luận án .....	6
<b>CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN.....</b>	<b>8</b>
1.1. Tổng quan về các yêu cầu của IMO đối với việc sử dụng năng lượng hiệu quả trên tàu .....	8
1.1.1. Tổng quan về chỉ số thiết kế năng lượng hiệu quả EEDI.....	8
1.1.2. Tổng quan về kế hoạch quản lý năng lượng hiệu quả SEEMP .....	10
1.1.3. Tổng quan về chỉ số khai thác năng lượng hiệu quả EEOI.....	11
1.1.4. Tổng quan về chỉ số năng lượng hiệu quả trên các tàu đang khai thác EEXI .....	12
1.1.5. Tổng quan về các giải pháp giảm chỉ số EEOI .....	13

1.2. Tổng quan về tình hình nghiên cứu giải pháp chạy tàu ở hiệu số môn nước tối ưu nhằm nâng cao hiệu quả sử dụng năng lượng trên tàu .....	18
1.2.1. Tình hình nghiên cứu trên thế giới .....	18
1.2.2. Tình hình nghiên cứu trong nước .....	27
1.2.3. Nhận xét đánh giá về các nghiên cứu đi trước .....	28
1.3. Phân tích lựa chọn hướng nghiên cứu, phương pháp nghiên cứu và giới hạn nghiên cứu.....	30
1.3.1. Lựa chọn hướng và mục tiêu nghiên cứu .....	30
1.3.2. Phân tích lựa chọn phương pháp nghiên cứu .....	31
1.3.3. Cơ sở giới hạn đối tượng và phạm vi nghiên cứu .....	33
1.4. Kết luận chương 1 .....	34
<b>CHƯƠNG 2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT PHỤC VỤ LỰA CHỌN PHƯƠNG PHÁP MÔ PHỎNG .....</b>	<b>35</b>
2.1. Cơ sở phương pháp luận trong nghiên cứu ảnh hưởng của hiệu số môn nước đến sự thay đổi suất công suất máy chính.....	35
2.1.1. Khái niệm về hiệu số môn nước .....	35
2.1.2. Ảnh hưởng của hiệu số môn nước đến sự thay đổi suất công suất máy chính.....	36
2.1.2.1. Ảnh hưởng của hiệu số môn nước đến sự thay đổi sức cản tàu .	37
2.1.2.2. Ảnh hưởng của hiệu số môn nước đến sự thay đổi hiệu suất của chân vịt sau vỏ tàu.....	46
2.2. Cơ sở lý thuyết phương pháp số CFD .....	49
2.2.1. Hệ phương trình Navier-Stokes.....	49
2.2.2. Mô hình dòng rối SST K- $\omega$ .....	50
2.2.3. Cơ sở lý thuyết trong kiểm tra đánh giá kết quả mô phỏng .....	51
2.3. Phương pháp mô phỏng chân vịt sau vỏ tàu.....	55

2.4. Cơ sở lý thuyết phương pháp mô phỏng gián tiếp .....	58
2.5. Kết luận chương 2 .....	59
<b>CHƯƠNG 3. XÂY DỰNG MÔ HÌNH BÀI TOÁN VÀ MÔ PHỎNG TÍNH TOÁN ẢNH HƯỞNG CỦA HIỆU SỐ MÓN NƯỚC ĐẾN SỰ THAY ĐỔI CÔNG SUẤT MÁY CHÍNH .....</b>	<b>60</b>
3.1. Xây dựng mô hình bài toán tính toán ảnh hưởng của hiệu số món nước đến sự thay đổi công suất máy chính.....	60
3.1.1. Các dữ liệu đầu vào .....	62
3.1.2. Thiết lập các trường hợp tính.....	62
3.1.3. Tính toán các thông số thủy động của chân vịt ở điều kiện tự do và Mô phỏng chân vịt hoạt động sau vỏ tàu để xác định mối quan hệ “Trim – Ps” ứng với từng món nước và tốc độ khai thác của tàu .....	63
3.1.4. Xác định hiệu số món nước tối ưu cho tàu ứng với từng món nước và tốc độ tàu.....	70
3.2. Mô phỏng tính toán hiệu số món nước tối ưu cho Serries tàu hàng 12500 DWT .....	70
3.2.1. Giới thiệu về Serries tàu hàng 12500 DWT .....	70
3.2.2. Thiết lập các trường hợp và điều kiện tính toán.....	72
3.2.3. Thiết lập mô phỏng.....	73
3.2.4. Xác định sự hội tụ của lưới và kiểm tra độ tin cậy của kết quả mô phỏng tính toán .....	75
3.2.5. Kết quả tính toán ảnh hưởng của hiệu số món nước đến sự thay đổi công suất máy chính .....	83
3.2.6. Giải thích bản chất vật lý dẫn tới sự thay đổi công suất máy của tàu khi tàu chạy ở các hiệu số món nước và các tốc độ khác nhau.....	90
3.3. Kết luận chương 3 .....	107

<b>CHƯƠNG 4. THỰC NGHIỆM ĐÁNH GIÁ ĐỘ TIN CẬY CỦA KẾT QUẢ MÔ PHỎNG .....</b>	<b>108</b>
4.1. Xây dựng quy trình thử tàu khi chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau .....	108
4.1.1. Lựa chọn tuyến hành trình và thời điểm để tiến hành thử.....	108
4.1.2. Xây dựng các phương án thử.....	111
4.1.3. Tiến hành điều chỉnh hiệu số mớn nước cho tàu.....	111
4.1.4. Tiến hành thử.....	112
4.2. Thực nghiệm đo đạc .....	113
4.2.1. Lựa chọn tuyến thử.....	113
4.2.2. Lựa chọn phương án thử.....	113
4.2.3. Cách thức tiến hành thực nghiệm.....	114
4.2.4. Kết quả thực nghiệm.....	114
4.3. Kết luận chương 4 .....	119
<b>KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ .....</b>	<b>120</b>
1. KẾT LUẬN .....	120
2. KIẾN NGHỊ.....	121
<b>CÁC CÔNG TRÌNH KHOA HỌC CÔNG BỐ.....</b>	<b>123</b>
<b>TÀI LIỆU THAM KHẢO .....</b>	<b>124</b>
<b>PHỤ LỤC 1: QUY TRÌNH TIẾN HÀNH THỬ NGHIỆM TRÊN TÀU LIÊN QUAN ĐẾN VIỆC CHẠY TÀU Ở CÁC HIỆU SỐ MÓN NƯỚC KHÁC NHAU .....</b>	<b>130</b>
<b>PHỤ LỤC 2. GIẤY XÁC NHẬN KẾT QUẢ THỬ NGHIỆM TRÊN TÀU .....</b>	<b>140</b>
<b>PHỤ LỤC 3. GIẤY XÁC NHẬN CỦA CÔNG TY CỔ PHẦN QUỐC TẾ TRƯỜNG MINH.....</b>	<b>143</b>



## DANH MỤC CÁC CHỮ VIẾT TẮT

<i>Chữ viết tắt</i>	<i>Tên đầy đủ bằng tiếng Anh</i>	<i>Tên đầy đủ bằng tiếng Việt</i>
CFD	Computational Fluid Dynamic	Tính toán động lực học lưu chất
DNV-GL	Det Norske Veritas Germany Loyds	Đăng kiểm DNV – GL
DTMB	David Taylor Model Basin	Mô hình tàu DTMB
DWT	Deadweight Tonnage	Trọng tải toàn phần
EEDI	Energy Efficiency Design Index	Chỉ số thiết kế năng lượng hiệu quả
EEXI	Energy Efficiency Existing Ship Index	Chỉ số năng lượng hiệu quả với các tàu đang khai thác
EEOI	Energy Efficiency Operational Indicator	Chỉ số khai thác năng lượng hiệu quả
IMO	International Maritime Organization	Tổ chức hàng hải thế giới
EFD	Experimental Fluid Dynamics	Thực nghiệm động lực học chất lỏng
KCS	Kriso containership	Mô hình tàu container KCS
LES	Large Eddy Simulation	Mô phỏng xoáy lớn
MARPOL	International Convention for the Prevention of Pollution from Ships	Công ước quốc tế về phòng ngừa ô nhiễm từ tàu
MEPC	The Marine Environment Protection Committee	Ủy ban bảo vệ môi trường biển
PBCF	Propeller Boss Cap Fins	Mũ chân vịt có cánh
RANSE	Reynolds-Averaged Navier-Stokes Equations	Phương trình Navier-Stokes với số Reynolds trung bình
SEEMP	Ship Energy Efficiency Management Plan	Chỉ số quản lý năng lượng hiệu quả
VoF	Volume of Fluid	Thể tích chất lỏng

## DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU

<i>Ký hiệu</i>	<i>Đơn vị</i>	<i>Tên ký hiệu</i>
$L_{PP}$	[m]	Chiều dài hai trụ
$L$	[m]	Chiều dài tàu
$L_{WL}$	[m]	Chiều dài đường nước
$B$	[m]	Chiều rộng tàu tại mớn nước thiết kế
$H$	[m]	Chiều cao mạn của tàu
$d$	[m]	Mớn nước của tàu
$d_A$	[m]	Mớn nước của tàu đo tại đường vuông góc lái
$d_F$	[m]	Mớn nước của tàu đo tại đường vuông góc mũi
$\nabla$	$m^3$	Thể tích chiếm nước
CB	[-]	Hệ số béo thể tích của tàu
$S$	$[m^2]$	Diện tích mặt ướt vỏ tàu
Trim	[m]	Hiệu số mớn nước của tàu
LCB	[m]	Hoành độ tâm nổi của tàu
Re	[-]	Số Reynolds của tàu
Fr	[-]	Số Froude của tàu
$R_T$	[kN]	Sức cản toàn bộ của tàu
$C_T$	[-]	Hệ số sức cản tổng của tàu
$C_F$	[-]	Hệ số thành phần lực cản ma sát
$C_{VP}$	[-]	Hệ số thành phần lực cản hình dáng

$C_W$	[-]	Hệ số thành phần lực cản sóng
$C_A$	[-]	Hệ số thành phần lực cản nhám
$C_{AP}$	[-]	Hệ số thành phần lực cản phần nhô
$C_{AA}$	[-]	Hệ số thành phần lực cản không khí
$t$	[-]	Hệ số lực hút
$w$	[-]	Hệ số dòng theo
$\eta_H$	[-]	Hiệu suất vỏ tàu
$P_S$	[kW]	Công suất máy chính
$V_S$	[knots]	Tốc độ tàu
$n$	[rps]	Vòng quay của chân vịt
$Q$	[kN.m]	Mô men của chân vịt
$K_Q$	[-]	Hệ số mô men của chân vịt khi làm việc ở chế độ tự do
$K_{Q_{ship}}$	[-]	Hệ số mô men của chân vịt khi làm việc sau vỏ tàu
$K_T$	[-]	Hệ số lực đẩy của chân vịt khi làm việc ở chế độ tự do
$\eta_0$	[-]	Hiệu suất của chân vịt làm việc trong điều kiện tự do
$J$	[-]	Bước tiến tương đối của chân vịt

## DANH MỤC HÌNH VẼ

Hình 1.1. Khái niệm về chỉ số EEDI.....	8
Hình 1.2. Yêu cầu về mức giảm chỉ số EEDI của IMO theo lộ trình.....	9
Hình 1.3. Yêu cầu về mức giảm chỉ số EEXI của IMO theo lộ trình.....	13
Hình 1.4. Trạng thái bề mặt thân tàu sau một thời gian khai thác.....	16
Hình 1.5. Mô hình tàu DTMB của Mỹ dùng để nghiên cứu [13].....	19
Hình 1.6. Thử mô hình DTMB tại bể thử của CTO, Ba Lan [14].....	19
Hình 1.7. Sự thay đổi sức cản tàu ở các độ chúi khác nhau khi sử dụng hai phương pháp tính khác nhau (thực nghiệm và CFD) khi tàu chạy tại tốc độ $V=2.987\text{m/s}$ [10].....	19
Hình 1.8. Kết quả tính toán mức tiết kiệm nhiên liệu thu được theo các phương pháp khác nhau khi tàu chạy ở các hiệu số môn nước khác nhau tại tốc độ tương đối $F_n=0.128$ .....	20
Hình 1.9. Kết quả mô phỏng hình dáng sóng tại mũi tàu.....	21
Hình 1.10. Mô hình tàu container được Nhóm tác giả Islam H. và Carlos G.S. sử dụng trong nghiên cứu.....	21
Hình 1.11. So sánh sự thay đổi sức cản tàu container KCS khi chạy ở các hiệu số môn nước và tốc độ khác nhau.....	21
Hình 1.12. Quan hệ giữa sức cản với tốc độ tàu tại độ chúi 0.25 độ.....	22
Hình 1.13. Quan hệ giữa sức cản với tốc độ tàu tại độ chúi 1.0 độ.....	23
Hình 1.14. Mô hình tàu container 4500 TEU được sử dụng trong nghiên cứu ..	24
Hình 1.15. So sánh hình dáng sóng do tàu tạo ra giữa bể thử và mô phỏng.....	24
Hình 1.16. Hình dáng sóng tại mũi tàu trong thử thực.....	24
Hình 1.17. Quan hệ giữa tốc độ và công suất máy của tàu tại các hiệu số môn nước khác nhau.....	25

Hình 1.18. Giao diện của chương trình ECO Assistant 4 .....	26
Hình 1.19. Kết quả của phần mềm tối ưu hóa hiệu số mớn nước.....	27
Hình 1.20. Phương pháp thử mô hình trong bể thử .....	32
Hình 1.21. Phương pháp thử thực ngoài biển (sea trial).....	32
Hình 2.1. Đồ thị xác định hiệu số mớn nước trên tàu .....	35
Hình 2.2. Hình dáng Serries tàu hàng trọng tải 12500 DWT [24].....	38
Hình 2.3. Phương pháp Prohaska [26] .....	43
Hình 2.4. Sự thay đổi dòng chảy khi đi qua bánh lái của tàu .....	44
Hình 2.5. Bề mặt vỏ tàu sau một thời gian khai thác .....	45
Hình 2.6. Minh họa dòng đến chân vịt khi làm việc ở điều kiện tự do và làm việc sau vỏ tàu.....	47
Hình 2.7. Phương pháp mô phỏng trực tiếp dựa trên chân vịt thực.....	56
Hình 2.8. Phương pháp mô phỏng gián tiếp dựa trên phương pháp lực khối.....	57
Hình 3.1. Sơ đồ khối mô hình bài toán tính toán ảnh hưởng của hiệu số mớn nước đến sự thay đổi công suất máy chính .....	61
Hình 3.2. Mô hình 3D của tàu và chân vịt được xây dựng dựa trên hồ sơ bản vẽ tuyến hình và chân vịt của serries tàu 12500 DWT .....	62
Hình 3.3. Quy trình tính toán thủy động lực học tàu thủy bằng CFD .....	65
Hình 3.4. Bể thử ảo và điều kiện biên được sử dụng trong mô phỏng chân vịt hoạt động tự do.....	66
Hình 3.5. Kích thước bể thử ảo và điều kiện biên trong mô phỏng chân vịt sau vỏ tàu bằng phương pháp mô phỏng gián tiếp.....	67
Hình 3.6. Hình dạng sóng do tàu tạo ra khi chuyển động.....	69
Hình 3.7. Phân bố áp suất trên bề mặt vỏ tàu.....	69

Hình 3.8. Đường cong các thông số thủy động của chân vịt hoạt động ở chế độ tự do.....	70
Hình 3.9. Hình dáng tàu hàng Trường Minh Ocean trọng tải 12500 DWT [24]	71
Hình 3.10. Kết quả chia lưới đối với bài toán mô phỏng chân vịt hoạt động tự do .....	73
Hình 3.11. Kết quả chia lưới đối với bài toán mô phỏng chân vịt hoạt động sau vỏ tàu bằng phương pháp sử dụng ổ đĩa ảo.....	74
Hình 3.12. Kết quả mô phỏng các thông số thủy động của chân vịt tại các J khác nhau .....	76
Hình 3.13. Hình ảnh về phân bố vận tốc dọc trục phía sau chân vịt tại các J khác nhau khi làm việc ở chế độ tự do .....	77
Hình 3.14. Phân bố áp suất trên bề mặt cánh chân vịt tại các J khác nhau khi hoạt động ở điều kiện tự do.....	78
Hình 3.15. Quy trình xác định điểm tự đẩy của tàu.....	80
Hình 3.16. Hình dáng sóng do tàu tạo ra khi chuyển động ở các tốc độ khác nhau .....	82
Hình 3.17. Hình ảnh mặt thoáng.....	82
Hình 3.18. Hình ảnh phân bố trường tốc độ tại mặt phẳng dọc tâm tàu.....	82
Hình 3.19. Hình ảnh phân bố trường tốc độ tại mặt phẳng hai đường vuông góc lái tàu .....	83
Hình 3.20. Hình ảnh phân bố trường tốc độ tại đĩa ổ đĩa ảo.....	83
Hình 3.21. Sự thay đổi công suất máy chính khi tàu chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau so với tư thế Even keel tại mớn nước trung bình $d=8.3m$ .....	87
Hình 3.22. Sự thay đổi công suất máy chính khi tàu chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau so với tư thế Even keel tại mớn nước trung bình $d=7.0m$ .....	88

Hình 3.23. Sự thay đổi công suất máy chính khi tàu chạy ở chế độ ballast nhau so với tư thế ở hiệu số mớn nước $\Delta T=3.2m$ tại mớn nước trung bình $d=3.76m$	88
Hình 3.24. Sự khác nhau về hình dáng sóng khi tàu chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau tại mớn nước trung bình $d=8.3m$ , tốc độ $V=10.5$ knots	91
Hình 3.25. Sự khác nhau về profile sóng dọc vỏ tàu khi tàu chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau tại mớn nước trung bình $d=8.3m$ , tốc độ $V=10.5$ knots	91
Hình 3.26. Sự khác nhau về profile sóng dọc vỏ tàu tại vị trí cách mặt phẳng dọc tâm tàu $y/L_{PP}=0.10$ khi tàu chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau tại mớn nước trung bình $d=8.3m$ , tốc độ $V=10.5$ knots	92
Hình 3.27. Sự khác nhau về volume fraction air khi tàu chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau tại mớn nước trung bình $d=8.3m$ , tốc độ $V=10.5$ knots	92
Hình 3.28. Sự khác nhau về phân bố áp suất động trên bề mặt vỏ tàu khi tàu chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau tại mớn nước trung bình $d=8.3m$ , tốc độ $V=10.5$ knots	93
Hình 3.29. Sự khác nhau về phân bố áp suất động trên bề mặt vỏ tàu tại vị trí $Z/T=0.5$ khi tàu chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau tại mớn nước trung bình $d=8.3m$ , tốc độ $V=10.5$ knots	94
Hình 3.30. Sự khác nhau về phân bố áp suất động tại ở phía mũi tàu tại $Z/T=0.5$ tại đoạn có chiều dài từ 120 đến 130m khi tàu chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau tại mớn nước trung bình $d=8.3m$ , tốc độ $V=10.5$ knots	95
Hình 3.31. Sự khác nhau về phân bố áp suất động tại ở phía mũi tàu tại $Z/T=0.5$ tại đoạn có chiều dài từ 10 đến 35m khi tàu chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau tại mớn nước trung bình $d=8.3m$ , tốc độ $V=10.5$ knots	95
Hình 3.32. Phân bố trường dòng theo phía sau vỏ tàu ở vị trí ổ đĩa ảo khi tàu chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau tại mớn nước trung bình $d=8.3m$ , tốc độ $V=10.5$ knots	96

Hình 3.33. Sự khác nhau về hình dáng sóng khi tàu chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau tại mớn nước trung bình $d=7.0m$ , tốc độ $V=12.0$ knots .....	97
Hình 3.34. Sự khác nhau về Profile sóng dọc vỏ tàu khi tàu chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau tại mớn nước trung bình $d=7.0m$ và tốc độ $V=12.0$ knots	97
Hình 3.35. Sự khác nhau về Profile sóng dọc vỏ tàu tại đoạn có chiều dài từ 110 đến mũi tàu khi tàu chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau tại mớn nước trung bình $d=7.0m$ và tốc độ $V=12.0$ knots.....	98
Hình 3.36. Sự khác nhau về volume fraction air khi tàu chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau tại mớn nước trung bình $d=7.0m$ , tốc độ $V=12.0$ knots .....	99
Hình 3.37. Sự khác nhau về phân bố áp suất động trên bề mặt vỏ tàu khi tàu chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau tại mớn nước trung bình $d=7.0m$ , tốc độ $V=10.5$ knots .....	100
Hình 3.38. Sự khác nhau về phân bố áp suất động trên bề mặt vỏ tàu tại $Z=4.5m$ khi tàu chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau tại mớn nước trung bình $d=7.0m$ , tốc độ $V=10.5$ knots .....	101
Hình 3.39. Sự khác nhau về hình dáng sóng khi tàu chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau tại mớn nước ballast trung bình $d=3.76m$ , tốc độ $V=11.05$ knots .....	102
Hình 3.40. Sự khác nhau về Profile sóng dọc vỏ tàu khi tàu chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau tại mớn nước ballast trung bình $d=3.76m$ và tốc độ $V=11.05$ knots .....	103
Hình 3.41. Sự khác nhau về Profile sóng dọc vỏ tàu tại đoạn có chiều dài từ 120 đến mũi tàu khi tàu chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau tại mớn nước ballast trung bình $d=3.76m$ và tốc độ $V=11.05$ knots.....	103
Hình 3.42. Sự khác nhau về Profile sóng dọc vỏ tàu tại đoạn có chiều dài từ 90 đến 120m khi tàu chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau tại mớn nước ballast trung bình $d=3.76m$ và tốc độ $V=11.05$ knots .....	104



Hình 3.43. Sự khác nhau về volume fraction air khi tàu chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau tại mớn nước ballast trung bình $d=3.76m$ , tốc độ $V=11.05$ knots .....	104
Hình 3.44. Sự khác nhau về phân bố áp suất động trên bề mặt vỏ tàu tại khu vực mũi tàu khi tàu chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau tại mớn nước ballast trung bình $d=3.76m$ , tốc độ $V=11.05$ knots .....	105
Hình 3.45. Sự khác nhau về phân bố áp suất động trên bề mặt vỏ tàu tại $Z=2.70m$ ở đoạn có chiều dài từ 120 đến 129m khi tàu chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau tại nước ballast trung bình $d=3.76m$ , tốc độ $V=11.05$ knots..	105
Hình 3.46. Phân bố trường dòng theo phía sau vỏ tàu ở vị trí ổ đĩa ảo khi tàu chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau tại chế độ ballast có mớn nước trung bình $d=3.76m$ , tốc độ $V=11.05$ knots.....	106
Hình 4.1. Quy trình các bước thử tàu ở các hiệu số mớn nước khác nhau .....	109
Hình 4.2. Hình dáng sóng tại mũi tàu do tàu tạo ra khi chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau với tốc độ 10.5 knots tại trạng thái toàn tải .....	119

## DANH MỤC BẢNG BIỂU

<b>Bảng 1.1.</b> Thông số kỹ thuật của tàu container KCS.....	22
<b>Bảng 2.1.</b> Các thông số hình học của Serries tàu hàng trọng tải 12500 DWT...	38
<b>Bảng 2.2.</b> Ảnh hưởng của sự thay đổi diện tích mặt ướt đến sức cản tàu khi chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau .....	39
<b>Bảng 2.3.</b> Ảnh hưởng của hiệu số mớn nước đến sự thay đổi sức cản tàu do thay đổi thành phần sức cản ma sát.....	41
<b>Bảng 2.4.</b> Ảnh hưởng của hiệu số mớn nước đến sự thay đổi sức cản tàu do thay đổi độ nhám vỏ tàu .....	45
<b>Bảng 3.1.</b> Mô hình vật lý được sử dụng trong mô phỏng chân vịt hoạt động ở chế độ tự do .....	64
<b>Bảng 3.2.</b> Mô hình vật lý được sử dụng trong mô phỏng chân vịt hoạt động hoạt động sau vỏ tàu bằng phương pháp mô phỏng gián tiếp .....	68
<b>Bảng 3.3.</b> Các thông số hình học của tàu hàng Trường Minh Ocean và chân vịt của tàu.....	71
<b>Bảng 3.4.</b> Thiết lập các thông số của ổ đĩa ảo .....	75
<b>Bảng 3.5.</b> Kết quả nghiên cứu sự hội tụ của lưới tại bước tiến tương đối $J=0.5$	76
<b>Bảng 3.6.</b> Kết quả tính toán các thông số thủy động của chân vịt tại các $J$ khác nhau .....	76
<b>Bảng 3.7.</b> Kết quả tính toán sự hội tụ của lưới trong bài toán tự đẩy của tàu tại $V=11.05$ knots và vòng quay chân vịt $n_p=171$ rpm .....	79
<b>Bảng 3.8.</b> Kết quả mô phỏng số hai trường hợp vòng quay chân vịt ứng với 2 tốc độ tàu .....	80
<b>Bảng 3.9.</b> So sánh giữa kết quả mô phỏng và kết quả sea trial .....	81
<b>Bảng 3.10.</b> Kết quả mô phỏng tính toán ảnh hưởng của hiệu số mớn nước đến sự thay đổi công suất máy chính tại mớn nước trung bình $d=8.3$ m .....	84

<b>Bảng 3.11.</b> Kết quả mô phỏng tính toán ảnh hưởng của hiệu số mớn nước đến sự thay đổi công suất máy chính tại mớn nước trung bình $d=7.0m$ .....	85
<b>Bảng 3.12.</b> Kết quả mô phỏng tính toán ảnh hưởng của hiệu số mớn nước đến sự thay đổi công suất máy chính tại chế độ ballast với mớn nước trung bình $d=3.76m$ .....	86
<b>Bảng 4.1.</b> Trị số độ sâu tối thiểu của vùng thử tàu .....	110
<b>Bảng 4.2.</b> Phương pháp phân bố lại tải cho tàu để điều chỉnh hiệu số mớn nước dựa trên phần mềm loading computer trên tàu.....	112
<b>Bảng 4.3.</b> Các trường hợp thử.....	114
<b>Bảng 4.4.</b> Kết quả thực nghiệm tại trạng thái toàn tải với tốc độ 10.5 knots ...	115
<b>Bảng 4.5.</b> Kết quả thực nghiệm tại trạng thái chạy ballast với tốc độ 11.05 knots .....	115
<b>Bảng 4.6.</b> So sánh kết quả tính toán với kết quả thực nghiệm ở chế độ toàn tải tại tốc độ $V=10.5$ knots .....	117
<b>Bảng 4.7.</b> So sánh kết quả tính toán với kết quả thực nghiệm ở chế độ ballast tại tốc độ $V=11.05$ knots .....	117

## MỞ ĐẦU

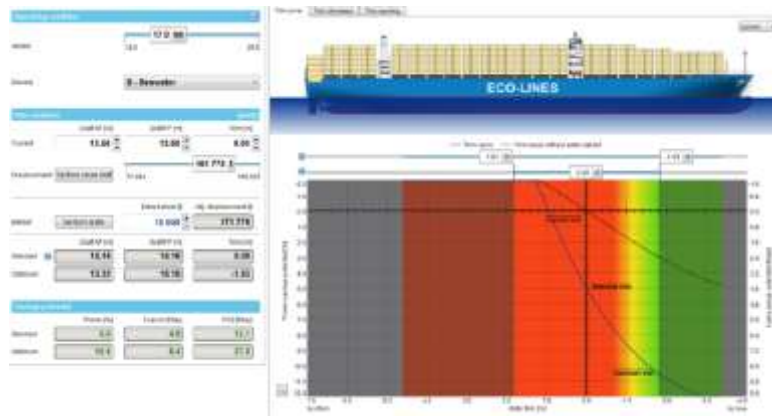
### 1. Tính cấp thiết của đề tài

Một trong những mong muốn của chủ tàu thương mại hay của các công ty vận tải thủy là tiết kiệm được nhiên liệu tiêu thụ cho tàu từ đó giảm chi phí khai thác tàu bởi chi phí cho nhiên liệu thường chiếm khoảng 40 - 60% tổng chi phí khai thác tàu. Ngoài ra, việc tiết kiệm nhiên liệu cho tàu còn là yêu cầu bắt buộc của IMO và MEPC liên quan đến yêu cầu sử dụng năng lượng tiết kiệm, hiệu quả trên tàu nhằm bảo vệ môi trường, giảm hiệu ứng khí nhà kính và nóng lên toàn cầu. Để giải quyết được bài toán này, các nhà thiết kế tàu, khai thác tàu cần phải đảm bảo được các yêu cầu liên quan đến các chỉ số do IMO đưa ra gồm: chỉ số thiết kế năng lượng hiệu quả (EEDI), chỉ số khai thác năng lượng hiệu quả Energy (EEOI), kế hoạch quản lý năng lượng hiệu quả của tàu (SEEMP), và chỉ số năng lượng hiệu quả đối với các tàu đang khai thác (EEXI) bắt đầu có hiệu lực ngày 01 tháng 01 năm 2023. Chính vì vậy, bài toán nghiên cứu các giải pháp để tiết kiệm, sử dụng năng lượng hiệu quả trên tàu là một trong những đòi hỏi cần thiết ngày càng có tính thời sự dưới nhằm nâng cao hiệu quả kinh tế cũng như bảo vệ môi trường trong vận tải biển.

Đối với những tàu hiện có (đang khai thác), để nâng cao hiệu quả sử dụng năng lượng trên tàu, trên thế giới người ta đưa ra các giải pháp như: Cắt giảm tiêu hao công suất phụ (reduction of auxiliary power consumption); nâng cao hiệu quả khi thực hiện chuyến đi (improvement in voyage execution); lựa chọn hướng và tốc độ tàu hợp lý dựa trên điều kiện sóng gió trên biển (weather routing); làm sạch vỏ tàu và chân vịt (cạo hà) theo định kỳ; sử dụng các loại sơn chống hà cho vỏ tàu và chân vịt; tái sử dụng nước thải làm mát máy trên tàu (waste heat recovery systems), lắp thêm vào tàu các thiết bị tiết kiệm năng lượng như chân vịt PBCF, ống đạo lưu hướng dòng, và chạy tàu ở hiệu số mớn nước tối ưu (trim optimization) [5, 20, 31]. Bốn giải pháp đầu tiên là các giải pháp được thực hiện thường xuyên trên tàu. Giải pháp thứ sáu (giải pháp chạy tàu ở hiệu số mớn nước tối ưu) là giải pháp mới được IMO khuyến nghị áp dụng. Đây

là giải pháp đơn giản không yêu cầu phải thay đổi kết cấu tàu giống như giải pháp số năm mà chỉ cần điều chỉnh ballast và phân bố hàng hóa trên tàu thông qua kế hoạch xếp hàng để đạt được hiệu số mớn nước đưa ra. Cơ sở phương pháp luận cho giải pháp này đó là: Thông thường, tàu chỉ được thiết kế tối ưu (đường hình dáng và chân vịt) ở một điều kiện nhất định (thường là tại tốc độ thiết kế và mớn nước toàn tải). Tuy nhiên, trong thực tế khai thác, tàu sẽ thường chạy ở các chế độ tải và tốc độ khác nhau. Với cùng một chế độ tải và tốc độ nhưng khi tàu chạy ở hiệu số mớn nước khác nhau sẽ diễn ra sự thay đổi các thông số hình dáng tàu gồm: hình dáng phần ngâm dưới nước của vỏ tàu đặc biệt là tại phía mũi và phía lái của tàu; diện tích mặt ướt và chiều dài đường nước, dòng chảy đến chân vịt. Tất cả các yếu tố này đều là các tác nhân ảnh hưởng đến sức cản tàu cũng như hiệu suất của chân vịt sau vỏ tàu tại cùng một tốc độ và trạng thái tải của tàu. Như vậy, trong trường hợp này việc nghiên cứu ảnh hưởng của hiệu số mớn nước đến sự thay đổi sức cản và hiệu suất của chân vịt sẽ cung cấp cho thuyền trưởng thông tin về việc ứng với trạng thái tải và tốc độ dự định chạy tàu thì tàu cần phải chạy ở hiệu số mớn nước là bao nhiêu để công suất máy là nhỏ nhất từ đó làm giảm nhiên liệu cho tàu.

Trên thế giới, nhiều công ty vận tải biển đang áp dụng chạy tàu ở hiệu số mớn nước tối ưu cho đội tàu của họ thông qua việc sử dụng phần mềm thương mại “*ECO Assistant - effective trim optimisation*” [30] do tổ chức Đăng kiểm DNV-GL phát triển. Phần mềm được xây dựng riêng cho từng tàu. Thông số đầu vào của chương trình là: *tốc độ tàu, mớn nước trung bình (hay lượng choán nước), hiệu số mớn nước ban đầu*; thông số đầu ra là: *Hiệu số mớn nước tối ưu, lượng nhiên liệu tiết kiệm được so với tư thế hiện thời của tàu, mức giảm CO<sub>2</sub>*. Căn cứ trên các tính toán của tổ chức đăng kiểm DNV-GL và đã được các chủ tàu xác nhận khi áp dụng giải pháp này trên tàu chở 13000 TEU, hiệu quả đạt được đó là tàu tiết kiệm được khoảng 5% nhiên liệu tương ứng với 1.9 đến 4.0 tấn nhiên liệu mỗi ngày tùy thuộc vào trạng thái tải và tốc độ tàu [30]. Giao diện của phần mềm này được trình bày trên Hình 1.



*Hình 1. Giao diện của chương trình ECO Assistant 4 [30]*

Ở trong nước, việc xác định mức nước tối ưu cho tàu trong quá trình khai thác còn chưa được triển khai áp dụng. Giải pháp chạy tàu ở mức nước tối ưu nhằm tiết kiệm nhiên liệu trong SEEMP của mỗi tàu hàng còn mang tính chất định tính, chưa cụ thể và định lượng. Thực tế, việc xếp hàng để tàu đạt ở một trạng thái chúi nhất định được các thuyền trưởng hầu hết làm theo kinh nghiệm. Cho đến hiện tại, nghiên cứu khoa học về vấn đề này còn rất hạn chế.

Từ các vấn đề nêu trên, NCS thực hiện đề tài “**Nghiên cứu xác định hiệu số mức nước tối ưu nhằm nâng cao hiệu quả sử dụng nhiên liệu trên tàu biển**” góp phần nâng cao hiệu quả khai thác cho đội tàu biển Việt Nam cũng như đảm bảo các yêu cầu của Công ước quốc tế và Việt Nam liên quan đến vấn đề bảo vệ môi trường.

## **2. Mục đích nghiên cứu**

Mục đích nghiên cứu của luận án là xác định bản chất mối quan hệ giữa hiệu số mức nước – tốc độ tàu – công suất máy chính. Trên cơ sở đó, xây dựng mô hình bài toán tính toán, xác định hiệu số mức nước tối ưu cho tàu ứng với từng chế độ tải và tốc độ tàu khi triển khai lập kế hoạch xếp hàng nhằm tiết kiệm nhiên liệu cho tàu trong quá trình khai thác. Áp dụng mô hình tính đưa ra vào trong tính toán xác định hiệu số mức nước tối ưu cho Series tàu hàng trọng tải 12500 DWT được đóng tại Việt Nam từ năm 2000 đến nay, hiện đang được khai thác tại nhiều công ty vận tải tàu ở trong nước.

### **3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu**

- Đối tượng nghiên cứu của luận án là các tàu biển, áp dụng với Series tàu hàng trọng tải 12500 DWT được đóng và khai thác tại các công ty vận tải biển của Việt Nam.

- Phạm vi nghiên cứu của luận án là tập trung vào nghiên cứu, tính toán ảnh hưởng của hiệu số mớn nước đến sự thay đổi công suất máy chính hoạt động trong điều kiện biển êm; ở vùng nước có độ sâu không hạn chế (vùng biển hở) từ đó xây dựng được hiệu số mớn nước tối ưu khi lập kế hoạch xếp hàng nhằm tiết kiệm nhiên liệu trên tàu biển.

### **4. Phương pháp nghiên cứu**

Để đạt được mục tiêu nghiên cứu đặt ra, luận án sử dụng các phương pháp nghiên cứu gồm: phương pháp tổng hợp, phân tích thống kê để nghiên cứu tổng quan; sử dụng lý thuyết chung về thủy động lực học tàu thủy để nghiên cứu cơ sở lý thuyết; phương pháp số CFD để xây dựng mô hình bài toán tính toán ảnh hưởng của hiệu số mớn nước đến sự thay đổi công suất máy và thực hiện hiện tính toán cho một đối tượng tàu cụ thể; phương pháp thực nghiệm để kiểm tra kết quả mô phỏng tính toán.

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

➤ *Ý nghĩa khoa học:*

- Giải thích được bản chất mối quan hệ giữa hiệu số mớn nước – tốc độ tàu – công suất máy trên tàu trong quá trình khai thác.

- Xây dựng được mô hình bài toán tính toán mối quan hệ giữa hiệu số mớn nước – tốc độ tàu – công suất máy bằng phương pháp CFD, phục vụ cho bài toán mô phỏng tính toán cho một đối tượng tàu cụ thể.

- Đề xuất được quy trình thực nghiệm trong việc đánh giá ảnh hưởng của hiệu số mớn nước đến mức tiêu hao nhiên liệu trên tàu ứng với từng tốc độ và chế độ tải khác nhau của tàu.

➤ *Ý nghĩa thực tiễn:*

- Giải pháp kỹ thuật xác định hiệu số mớn nước tối ưu cho tàu trong khai thác khi xây dựng và điều chỉnh kế hoạch xếp hàng nhằm tiết kiệm nhiên liệu từ đó nâng cao hiệu quả kinh tế cho tàu cũng như bảo vệ môi trường biển là giải pháp rất đơn giản nhưng rất hiệu quả khi áp dụng vào thực tế cho các tàu vận tải biển của Việt Nam. Giải pháp này giúp mang lại hiệu quả kinh tế thiết thực (dự kiến có thể giảm được từ 3 đến 5% lượng nhiên liệu mà tàu tiêu thụ tùy thuộc vào loại tàu và tốc độ khai thác của tàu). Đây là mức tiết kiệm rất lớn, giúp các công ty vận tải có thể tiết kiệm được hàng tỷ đồng tiền chi phí nhiên liệu cho đội tàu khai thác của mình. Ngoài ra giải pháp còn giúp phần đảm bảo cho tàu thỏa mãn được các yêu cầu ngày càng khắt khe của tổ chức Hàng hải quốc tế IMO liên quan đến việc sử dụng năng lượng hiệu quả trên tàu.

- Kết quả nghiên cứu của đề tài vừa có ý nghĩa áp dụng vào trong thực tế vừa có ý nghĩa là nguồn tài liệu tham khảo bổ ích cho hoạt động học tập, nghiên cứu của học viên chuyên ngành Điều khiển tàu biển; cho hoạt động khai thác và quản lý tàu.

## **6. Những điểm mới của luận án**

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

- Xây dựng được mô hình bài toán tính toán mối quan hệ giữa hiệu số mớn nước – tốc độ tàu – công suất máy bằng phương pháp CFD.

- Lập luận một cách khoa học về mối quan hệ giữa hiệu số mớn nước – tốc độ tàu – công suất máy khi tàu chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau.

- Giải thích được bản chất sự thay đổi công suất máy của tàu khi chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau thông qua việc phân tích sự khác nhau về dòng chảy bao quanh vỏ tàu khi tàu chạy ở trạng thái tải trọng với các hiệu số mớn nước và tốc độ khác nhau.



- Đề xuất được quy trình thực nghiệm trong việc đánh giá ảnh hưởng của hiệu số mớn nước đến mức tiêu hao nhiên liệu trên tàu.

- Áp dụng mô hình bài toán đưa ra để xác định hiệu số mớn nước tối ưu cho một tàu cụ thể; kết quả mô phỏng tính toán có sai số không quá 5% so với kết quả thực nghiệm.

## **7. Cấu trúc của luận án**

Để đạt được mục tiêu nghiên cứu đặt ra, luận án có cấu trúc gồm 04 chương cùng với phần kết luận và kiến nghị với tên và nội dung và nhiệm vụ nghiên cứu cụ thể như sau:

### **Chương 1. Tổng quan**

Nội dung của Chương 1 đi nghiên cứu tổng quan về các quy định của tổ chức hàng hải thế giới IMO liên quan đến yêu cầu về việc sử dụng năng lượng hiệu quả trên tàu; tổng quan về các nghiên cứu liên quan đến giải pháp chạy tàu ở hiệu số mớn nước tối ưu. Trên cơ sở đó, tiến hành phân tích, lựa chọn hướng, mục tiêu nghiên cứu, phương pháp nghiên cứu và đặt ra các bài toán cần phải giải quyết để đạt được mục tiêu nghiên cứu đặt ra.

### **Chương 2. Cơ sở lý thuyết phục vụ lựa chọn phương pháp mô phỏng**

Nội dung Chương 2 trình bày sơ sở lý thuyết ảnh hưởng của hiệu số mớn nước đến sự thay đổi công suất máy chính; cơ sở lý thuyết của phương pháp số CFD; phương pháp mô phỏng chân vịt sau vỏ tàu phục vụ cho bài toán tính toán ảnh hưởng của hiệu số mớn nước đến công suất máy chính.

### **Chương 3. Xây dựng mô hình bài toán và mô phỏng tính toán ảnh hưởng của hiệu số mớn nước đến sự thay đổi công suất máy chính**

Nội dung Chương 3 đi vào nghiên cứu xây dựng mô hình bài toán mô phỏng ảnh hưởng của hiệu số mớn nước đến công suất máy chính nhằm đảm bảo độ tin cậy về kết quả mô phỏng tính toán. Trên cơ sở đó, tiến hành áp dụng mô hình này vào trong mô phỏng tính toán cho đối tượng tàu cụ thể là Series tàu

hàng 12500 DWT để đánh giá định lượng ảnh hưởng của hiệu số mớn nước đến sự thay đổi công suất máy của tàu.

#### **Chương 4. Thực nghiệm đánh giá độ tin cậy của kết quả mô phỏng**

Nội dung Chương 4 đi vào nghiên cứu xây dựng quy trình thử tàu ở các hiệu số mớn nước khác nhau bảo độ tin cậy về kết quả thử. Trên cơ sở đó, tiến hành áp dụng quy trình này vào thực nghiệm đo đạc ảnh hưởng của hiệu số mớn nước đến công suất máy của Series tàu hàng 12500 DWT nhằm kiểm tra độ tin cậy của mô hình tính cũng như kết quả mô phỏng tính toán thu được ở Chương 3.

#### **Kết luận và kiến nghị**

Phần này trình bày tóm tắt những kết quả đạt được của luận án và đề xuất hướng nghiên cứu tiếp theo.

## CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN

### 1.1. Tổng quan về các yêu cầu của IMO đối với việc sử dụng năng lượng hiệu quả trên tàu

“Vấn đề bảo vệ môi trường đang là một trong những vấn đề nóng được cả thế giới quan tâm. Chính vì vậy vào năm 2011, tổ chức Hàng hải quốc tế (IMO) và Ủy ban bảo vệ môi trường biển (MEPC) đã thông qua nghị quyết về sử dụng năng lượng hiệu quả, tiết kiệm trên tàu đối với các tàu chạy tuyến quốc tế thông qua 4 chỉ số mà tàu cần phải đạt được gồm: chỉ số thiết kế năng lượng hiệu quả (EEDI), chỉ số khai thác năng lượng hiệu quả (EEOI), kế hoạch quản lý năng lượng hiệu quả của tàu (SEEMP) và chỉ số năng lượng hiệu quả đối với các tàu đang khai thác (EEXI) bắt đầu có hiệu lực ngày mùng 1 tháng 1 năm 2023. Ở đây 2 chỉ số EEOI và chỉ số SEEMP là hai chỉ số liên quan đến quá trình khai thác tàu.”[4]

#### 1.1.1. Tổng quan về chỉ số thiết kế năng lượng hiệu quả EEDI

“Chỉ số thiết kế năng lượng hiệu quả (EEDI) là yêu cầu bắt buộc đối với các tàu đóng mới từ năm 2015 được thông qua bởi Ủy ban bảo vệ môi trường biển vào tháng 7 năm 2011( MEPC 62) với việc áp dụng sửa đổi cho MARPOL Phụ lục VI (nghị quyết MEPC.203 (62)).”[20]

Chỉ số EEDI được hiểu là lượng gram carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) mà tàu thải ra trên lượng hàng mà tàu chuyên chở nhân với tốc độ tàu (xem Hình 1.1 và công thức 1.1). Chỉ số EEDI càng nhỏ thì càng chứng tỏ tàu thiết kế càng đạt hiệu quả năng lượng hơn.



Hình 1.1. Khái niệm về chỉ số EEDI

$$EEDI = \frac{\text{CO}_2 \text{ emission}}{\text{Benefit of ship}} = \frac{\sum P \times C_F \times SFC}{\text{Capacity} \times \text{Speed}} \quad [\text{gram CO}_2 / (\text{Ton} \times \text{Nautical Mile})] \quad (1.1)$$

Trong đó: P - là công suất của máy chính, máy phụ, máy phát điện...trên tàu;  $C_F$  – là chỉ số phát thải nhiên liệu, chỉ số này phụ thuộc vào loại nhiên liệu; SFC – suất tiêu hao nhiên liệu của máy chính.

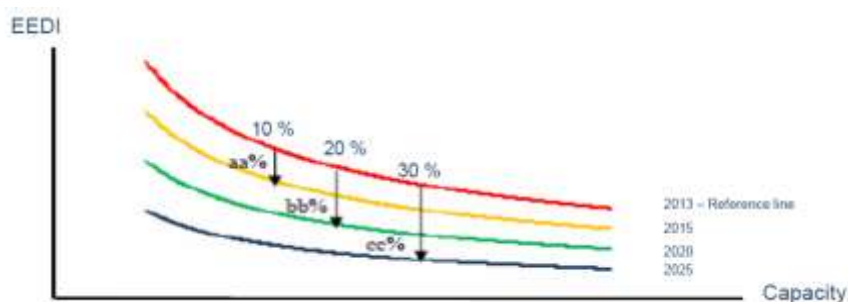
Theo yêu cầu của IMO chỉ số EEDI của tàu được tính theo công thức (1.1) cần phải nhỏ hơn hoặc bằng chỉ số EEDI yêu cầu được xác định theo công thức (1.2).

$$\text{Required EEDI} = (1 - X / 100) \times \text{reference line value} \quad (1.2)$$

Trong đó: X = 0 đối với các tàu được đóng sau ngày 1/1/2013; X=10 đối với các tàu được đóng sau ngày 1/1/2015; X=20 đối với các tàu được đóng sau ngày 1/1/2020 (ở một số tàu cho phép X=15) và X=30 đối với các tàu được đóng sau ngày 1/1/2025; reference line value (đường tham chiếu) được xác định theo công thức 1.3.

$$\text{reference line value} = a \cdot b^{-c} \quad (1.3)$$

trong đó a, b, c là các tham số phụ thuộc vào loại tàu và trọng tải tàu.



### Hình 1.2. Yêu cầu về mức giảm chỉ số EEDI của IMO theo lộ trình

Như vậy, theo yêu cầu của IMO, kể từ ngày 1 tháng 1 năm 2013, các tàu được thiết kế mới cần thỏa mãn đường tham chiếu cho mỗi loại tàu tương ứng. Mức độ yêu cầu sẽ được thắt chặt theo hướng tăng dần sau mỗi năm năm. Mức giảm CO2 cho giai đoạn đầu tiên là 10% và được thắt chặt sau mỗi năm năm trên cơ sở có tính đến sự bắt kịp của phát triển khoa học công nghệ. Tỷ lệ giảm đã được yêu cầu từ năm 2025 trở đi là 30% cho các loại tàu so với lượng khí thải trung bình của tất cả các loại tàu được đóng từ năm 2000 đến năm 2010.

Việc áp dụng EEDI cho các tàu đóng mới là yêu cầu kỹ thuật quan trọng nhằm mục đích thúc đẩy việc nghiên cứu giải pháp khoa học công nghệ nhằm tiết kiệm năng lượng, giảm ô nhiễm và thúc đẩy việc thiết kế tối ưu tàu nhằm giảm tiết kiệm nhiên liệu cho tàu thiết kế bằng việc tối ưu hóa vỏ tàu và hệ động lực trên tàu.

### ***1.1.2. Tổng quan về kế hoạch quản lý năng lượng hiệu quả SEEMP***

“Kế hoạch quản lý hiệu quả năng lượng cho tàu (SEEMP) là một biện pháp hoạt động nhằm thiết lập một cơ chế để cải thiện hiệu quả việc sử dụng năng lượng của tàu theo cách tiết kiệm chi phí, giảm thiểu lượng khí thải cho các tàu đang trong quá trình khai thác. Yêu cầu SEEMP được áp dụng cho tất cả các tàu có tổng dung tích GT từ 400 trở lên hoạt động tuyến trên quốc tế [16]. Theo phụ lục VI MARPOL sửa đổi, yêu cầu về SEEMP có hiệu lực từ ngày 1 tháng 1 năm 2013.”[20]

SEEMP là một bản kế hoạch cho mỗi con tàu cụ thể dựa theo chủng loại tàu, loại hàng hóa chuyên chở, tuyến hoạt động, kích thước và các yếu tố liên quan khác. Do vậy SEEMP không thể dùng chung cho tất cả các tàu trong một công ty hay dùng cho đội tàu của một quốc gia, kể cả 2 tàu giống hệt nhau của cùng một công ty cũng không thể dùng chung một bản SEEMP.

Kế hoạch thực hiện SEEMP là một vòng lặp liên tục với 4 bước gồm: “lập kế hoạch”, “áp dụng”, “kiểm soát” và “đánh giá và cải tiến”, cụ thể như sau:

“Lập kế hoạch”: là bước khởi đầu quan trọng để xây dựng SEEMP cũng giống như lập kế hoạch cho một chuyến hàng hải. Căn cứ đầu tiên để xây dựng SEEMP là cần xác định trạng thái tiêu thụ năng lượng hiện tại của tàu, sau đó vạch ra các phương án nhằm giảm lượng tiêu thụ năng lượng, đồng thời đặt mục tiêu cụ thể giảm bao nhiêu. Các phương án này gắn liền với các yếu tố cơ bản như: loại nhiên liệu tiêu thụ, loại động cơ của tàu, tình trạng thân vỏ hiện tại, hiệu suất hệ động lực, dữ liệu lần vào đà cuối cùng....

“Áp dụng”: Sau khi lập kế hoạch cho SEEMP, bước quan trọng tiếp theo là xác định các cách khác nhau để thực hiện các biện pháp đã được lựa chọn trong quá trình lập kế hoạch. Kế hoạch quản lý hiệu quả năng lượng tàu sẽ bao gồm các phương thức thực hiện và trách nhiệm của các bên liên quan (Thuyền viên, đại diện công ty quản lý đội tàu, v.v.).

“Kiểm soát”: Sau khi SEEMP được thực hiện trên một con tàu, việc kiểm soát kế hoạch sẽ được kích hoạt để theo dõi hiệu quả của SEEMP đang được thực hiện. Một trong các tiêu chuẩn quốc tế dùng làm công cụ chính để kiểm soát hiệu suất của SEEMP đó là EEOI (theo Hướng dẫn được phát triển bởi IMO - MEPC.1 / Circ.684).

Ngay trong giai đoạn lập kế hoạch, phương pháp kiểm soát đã được định sẵn và cách sử dụng phương pháp này cũng được thiết lập để người dùng dễ dàng thực hiện hệ thống hơn và nhận biết được trách nhiệm của mình trong hệ thống.

“Đánh giá và cải tiến”: Thực hiện việc đánh giá phân tích các kết quả thu được trong quá trình “kiểm soát” để cải tiến SEEMP đạt hiệu quả cao hơn. Nếu mục tiêu đạt được đúng như kế hoạch đã đặt ra thì tiếp tục duy trì, đồng thời chuyển sang mục tiêu cao hơn. Nếu không đạt được như kế hoạch thì cần đưa ra phương án cải tiến, và chuyển sang áp dụng.

### ***1.1.3. Tổng quan về chỉ số khai thác năng lượng hiệu quả EEOI***

Chỉ số khai thác năng lượng hiệu quả (EEOI) là chỉ số mà các tàu đang trong quá trình khai thác cần tuân theo, mặc dù hiện tại chỉ số này chưa phải là chỉ số yêu cầu bắt buộc. Chỉ số EEOI của tàu được tính theo công thức như sau [47]:

*EEOI cho mỗi chuyến đi*

$$EEOI = \frac{\sum_j FC_j \times CF_j}{m_{cargo} \times D} \quad (1.4)$$

*EEOI trung bình trong chu kỳ tính toán bao gồm nhiều chuyến đi:*

$$\text{Average } EEOI = \frac{\sum_i \sum_{ij} FC_{ij} \times CF_j}{\sum (m_{cargo} \times D_i)} \quad (1.5)$$

Trong đó:  $j$  - là loại nhiên liệu;  $i$  - là số chuyến hành trình;  $FC_{ij}$ : Lượng nhiên liệu  $j$  tiêu thụ trong chuyến đi  $i$ ;  $CF_j$  - hệ số chuyển đổi khối lượng nhiên liệu ra CO<sub>2</sub>;  $m_{cargo}$  - lượng hàng chuyên chở (tấn);  $D_i$  - quãng đường mỗi chuyến đi.

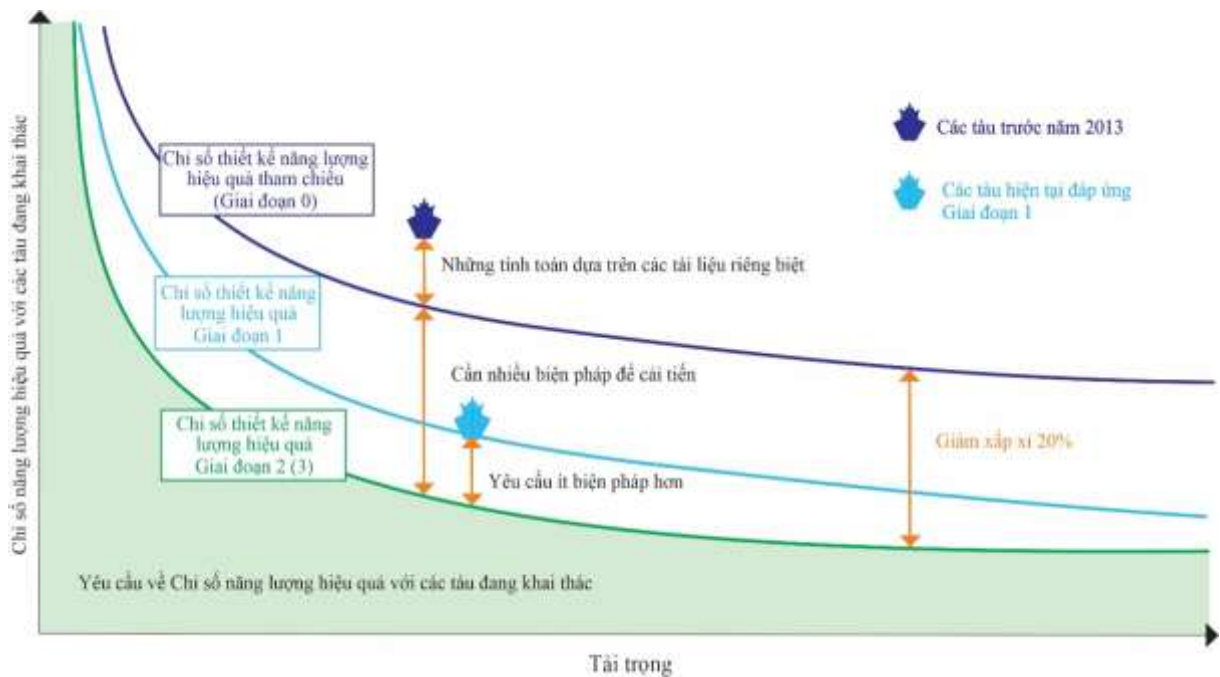
Từ công thức (1.4) ta thấy rằng, khi tàu khai thác ở chế độ không tải (chạy ballast), khi đó giá trị EEOI tiến đến vô cùng do lượng hàng chuyên chở  $m_{cargo} = 0$ . Do đó cần tính EEOI trong khoảng thời gian bao gồm các chuyến đi chở hàng.

Như vậy, đối với các tàu đang trong quá trình khai thác thì người khai thác cần phải đặc biệt quan tâm đến chỉ số khai thác năng lượng hiệu quả EEOI để đạt được hiệu quả khai thác tàu là cao nhất dưới góc độ tiết kiệm nhiên liệu và bảo vệ môi trường. Để đạt được mục tiêu này, người khai thác cần phải tìm hiểu về các giải pháp giảm chỉ số EEOI đã và đang được áp dụng trong thực tế khai thác tàu.

#### ***1.1.4. Tổng quan về chỉ số năng lượng hiệu quả trên các tàu đang khai thác EEXI***

Chỉ số năng lượng hiệu quả trên các tàu đang khai thác (EEXI) nằm trong Phụ lục VI của MARPOL. Yêu cầu về chỉ số EEXI bắt đầu có hiệu lực từ ngày 1/1/2023 và là yêu cầu bắt buộc với các tàu đang khai thác.

“Chỉ số EEXI đạt được của tàu sẽ chỉ ra mức độ hiệu quả sử dụng năng lượng trên tàu so với đường cơ sở. Sau đó, EEXI đạt được sẽ được so sánh với Chỉ số EEXI yêu cầu dựa trên hệ số giảm được biểu thị bằng phần trăm so với đường cơ sở của chỉ số thiết kế năng lượng hiệu quả (EEDI). Chỉ số EEXI áp dụng cho các tàu có tổng dung tích từ 400GT trở lên. Chỉ số EEXI đạt được được tính toán cho từng tàu cần phải thấp hơn chỉ số EEXI yêu cầu. Chỉ số EEXI tương đồng với chỉ số EEDI ở giai đoạn 2 và 3 đối với các tàu đóng mới.”[20]



**Hình 1.3. Yêu cầu về mức giảm chỉ số EEXI của IMO theo lộ trình**  
**1.1.5. Tổng quan về các giải pháp giảm chỉ số EEOI**

Để giảm chỉ số EEOI, các nhà nghiên cứu và tổ chức hàng hải thế giới IMO đã khuyến nghị sử dụng các giải pháp sau [5, 20, 31, 46]:

- + Tối ưu hóa tuyến đường chạy tàu;
- + Tối ưu hóa tốc độ chạy tàu;
- + Hàng hải khí tượng;
- + Sử dụng bánh lái và các chế độ lái hiệu quả;
- + Bảo dưỡng và sửa chữa tàu;
- + Nâng cao nhận thức của thuyền viên về quản lý năng lượng trên tàu;
- + Tối ưu hóa hiệu số mớn nước.
- + Nâng cao hiệu quả khi thực hiện chuyến đi (improvement in voyage execution).

**Giải pháp tối ưu hóa tuyến đường chạy tàu**, theo hướng dẫn của IMO, việc lên phương án lập kế hoạch chuyến đi bao gồm các bước chính như sau:

- Thu thập, nghiên cứu thông tin;
- Lập kế hoạch – Planning;



- Thực hiện kế hoạch – Execution;
- Theo dõi, giám sát – Monitoring.

Mỗi giai đoạn trong việc lập kế hoạch hành trình đều có tầm quan trọng riêng và điều đặc biệt quan trọng là phải thực hiện từng giai đoạn một cách cẩn thận và cập nhật nhất để đảm bảo một chuyến đi an toàn.

Việc áp dụng giải pháp lập kế hoạch chuyến đi và đang được các công ty vận tải, thuyền viên áp dụng thường xuyên trên mỗi chuyến hành trình của tàu bởi việc áp dụng giải pháp này khá đơn giản, không tốn kém và việc áp dụng giải pháp này giúp cho chuyến hành trình được an toàn hơn và có thể tiết kiệm được từ 1 đến 4% nhiên liệu cho tàu.

### ***Giải pháp tối ưu hóa tốc độ (Speed Optimization and JUST-IN-TIME)***

Việc khai thác tàu ở tốc độ tàu cao sẽ giúp làm giảm thời gian hành trình của tàu, tàu quay vòng nhanh, từ đó làm tăng hiệu quả khai thác trong một số trường hợp. Tuy nhiên, việc chạy tàu ở tốc độ cao dẫn đến mức tiêu thụ nhiên liệu cũng tăng theo rất nhanh. Chính vì vậy khi thực hiện giải pháp này cần đảm bảo tàu chạy với tốc độ phù hợp để vừa cho phép tàu tiết kiệm được nhiên liệu nhưng vẫn đảm bảo cho tàu có mặt tại cảng đến đúng thời hạn. Phương pháp này được gọi chung là Tối ưu tốc độ tàu (Speed Optimization) bằng kỹ thuật JUST-IN-TIME (kịp lúc). Tuy nhiên, khi áp dụng giải pháp này, cần tính đến thời gian dự trữ thích hợp, để phòng trường hợp tàu bị phạt vì đến muộn.

Việc áp dụng giải pháp chạy tàu ở tốc độ tối ưu luôn được các công ty vận tải, thuyền viên trên mỗi chuyến hành trình của tàu bởi việc áp dụng giải pháp này khá đơn giản, không tốn kém và việc áp dụng giải pháp này giúp tàu có thể tiết kiệm được từ 1 đến 3% nhiên liệu cho tàu.

***Giải pháp hàng hải khí tượng.*** Giải pháp hàng hải khí tượng có thể được diễn giải như một phương pháp đặc biệt để xây dựng lộ trình tối ưu cho tàu. Phương pháp này dựa trên sự kết hợp giữa dữ liệu về điều kiện khí tượng thủy văn và các đặc tính riêng của tàu trong một hành trình cụ thể.

Từ thông tin về môi trường khí hậu và thủy văn, lộ trình tối ưu được xác

định như một lộ trình giúp tàu di chuyển một cách an toàn. Hơn nữa, lộ trình này còn giúp giảm thiểu lượng nhiên liệu tiêu thụ và thời gian di chuyển xuống mức ít nhất có thể.

Để tính toán lộ trình tối ưu, những người làm việc trên tàu cần dựa trên các nguồn dữ liệu cơ bản, đặc biệt là những thông tin liên quan đến thời tiết. Những nguồn thông tin này bao gồm Hướng dẫn Hàng hải (Sailing Directions) và Bản đồ tuyến đường thời tiết (Weather Routeing Charts).

Những nguồn dữ liệu này không chỉ cung cấp thông tin về tần số hướng và tốc độ gió, mà còn cho chúng ta biết về tần suất của những độ cao sóng. Những thông tin này đều rất quan trọng, giúp tàu di chuyển một cách an toàn và hiệu quả, đồng thời tiết kiệm nhiên liệu và thời gian trong quá trình hành trình.

Việc áp dụng giải pháp giúp cho chuyến hành trình được an toàn hơn và có thể tiết kiệm được từ 1 đến 4% nhiên liệu cho tàu.

***Giải pháp sử dụng bánh lái và các chế độ lái hiệu quả.*** Bánh lái, đó là một thiết bị quan trọng, chịu trách nhiệm tạo ra mô-men cần thiết giúp cho tàu có thể quay trở. Tuy nhiên, trong khi thực hiện việc quay trở, việc sử dụng bánh lái sẽ tạo ra một số hậu quả không mong muốn. Cụ thể, nó sẽ làm tăng thành phần của sức cản bổ sung, điều này dẫn đến việc làm tăng tổng sức cản đang tác động lên tàu.

Theo các phép tính và phân tích, thành phần sức cản bổ sung này có khả năng làm tăng tổng sức cản của tàu lên tới mức 5% (đối với loại tàu hàng, con số này là 2%). Hậu quả của việc này là việc liên tục bẻ lái sẽ làm giảm tốc độ của tàu, dẫn đến việc tiêu hao nhiên liệu tăng lên đáng kể.

Vì lý do đó, trong quá trình vận hành và khai thác tàu, người điều khiển cần cân nhắc cách sử dụng bánh lái một cách hợp lý. Mục tiêu là đảm bảo tàu di chuyển theo đường đi đã định một cách nhanh nhất hoặc với mức tiêu hao nhiên liệu tối thiểu.

Để đạt được mục tiêu này, hiện tại trên tàu đã được áp dụng một số giải pháp đổi mới nhằm cải thiện chất lượng điều khiển. Đáng chú ý nhất là việc sử

dụng máy lái tự động, đây là một bước tiến quan trọng trong công nghệ điều khiển tàu. Hiện nay có một số công nghệ mới khác đang được nghiên cứu và áp dụng, đều hướng tới việc giải quyết vấn đề này một cách hiệu quả nhất:

- Máy lái điều khiển thích nghi;
- Máy lái sử dụng mô hình chuyển động của tàu (Model – reference);
- Máy lái điều khiển tàu chạy theo tuyến (track – control).

**Giải pháp bảo dưỡng và sửa chữa tàu.** Trong quá trình khai thác tàu, bề mặt ngâm nước của thân tàu và chân vịt sẽ thay đổi so với thời điểm đóng mới, bởi do các nguyên nhân như: sự ăn mòn; hư hỏng về cơ học; sự hư hại lớp sơn phủ; sự tích tụ của lớp sơn cũ sau mỗi lần đưa tàu lên đà sơn lại; do rong rêu hà bám; các vết xước trên bề mặt lớp sơn do việc chà bỏ các rong rêu hà bám (sự ô nhiễm bề mặt)...Hệ quả dẫn đến trạng thái bề mặt vỏ tàu và chân vịt trở nên nhám (gồ ghề) hơn (xem hình 1.4). Đây chính là nguyên nhân làm thay đổi đặc tính của thân tàu và chân vịt so với thời điểm đóng mới từ đó dẫn đến thay đổi mối quan hệ giữa tốc độ và vòng quay của chân vịt và công suất máy chính (tàu không đạt được tốc độ như thiết kế từ đó dẫn đến giảm hiệu quả sử dụng năng lượng trên tàu). Chính vì vậy, giải pháp bảo dưỡng, cạo hà, sơn các loại sơn chống hà...cho tàu nhằm giảm sức cản tàu, tăng hiệu suất của thiết bị đẩy từ đó làm tăng hiệu quả sử dụng năng lượng trên tàu thường xuyên được các công ty vận tải áp dụng.



chất nhớt (do sên, ốc nhà ra): làm tăng 1~ 2% lực cản vỏ tàu



Rong rêu bám vào vỏ tàu): làm tăng 10% lực cản vỏ tàu

**Hình 1.4. Trạng thái bề mặt thân tàu sau một thời gian khai thác**

***Giải pháp nâng cao nhận thức của thuyền viên về về sử dụng năng lượng hiệu quả, tiết kiệm trên tàu.*** Trong quá trình lập kế hoạch sử dụng năng lượng hiệu quả trên tàu biển, một yếu tố quan trọng mà không thể bỏ qua là việc quản lý năng lượng. Đây không chỉ là việc quản lý năng lượng mà còn là việc quản lý cách thức và mức độ sử dụng năng lượng trong các hoạt động hằng ngày trên tàu, từ chiếu sáng cho đến sinh hoạt hằng ngày. Mục tiêu là đảm bảo rằng việc sử dụng năng lượng được tiến hành một cách hiệu quả và tiết kiệm nhất có thể. Điều này đòi hỏi sự quan sát, kiểm soát và điều chỉnh liên tục để đảm bảo rằng mọi hoạt động đều tuân thủ theo đúng kế hoạch và mục tiêu về sử dụng năng lượng.

***Giải pháp Tối ưu hóa hiệu số mớn nước (trim optimization).*** Trong số các giải pháp nêu trên thì 06 giải pháp đầu tiên là 06 giải pháp được áp dụng trên tàu thường xuyên. Giải pháp thứ 7 “tối ưu hóa hiệu số mớn nước của tàu” là giải pháp mới được tổ chức Hàng hải thế giới khuyến nghị áp dụng. Giải pháp này được đánh giá là dễ dàng triển khai trên tàu do không cần phải thay đổi kết cấu vỏ tàu, thay đổi chân vịt hay lắp đặt thêm các thiết bị bổ sung. Tối ưu hóa hiệu số mớn nước có thể được hiện đơn giản bằng cách điều chỉnh phân bố ballast hoặc hàng hóa trên tàu. Theo các kết quả nghiên cứu của hãng FORCE [27] tiến hành thực nghiệm trên 300 tàu hàng chạy biển chỉ ra rằng, việc chạy tàu ở hiệu số mớn nước tối ưu cho phép giảm tiêu hao nhiên liệu cho tàu trung bình từ 2 đến 3%, trong một số trường hợp khai thác đặc biệt, nó cho thể cho phép giảm mức tiêu hao nhiên liệu đến 10% so với trạng thái khai thác thông thường. Chính vì vậy, giải pháp này đã và đang được đưa vào áp dụng rất phổ biến ở các công ty vận tải tàu trên thế giới. Trong đó phải kể đến phần mềm tối ưu hóa hiệu số mớn nước “*ECO Assistant - effective trim optimisation*” do tổ chức Đăng kiểm DNV-GL phát triển như đã được NCS đề cập trong phần mở đầu của luận án.

***Giải pháp nâng cao hiệu quả khi thực hiện chuyến đi*** (improvement in voyage execution) bao gồm việc lựa chọn hướng và tốc độ tàu hợp lý dựa trên

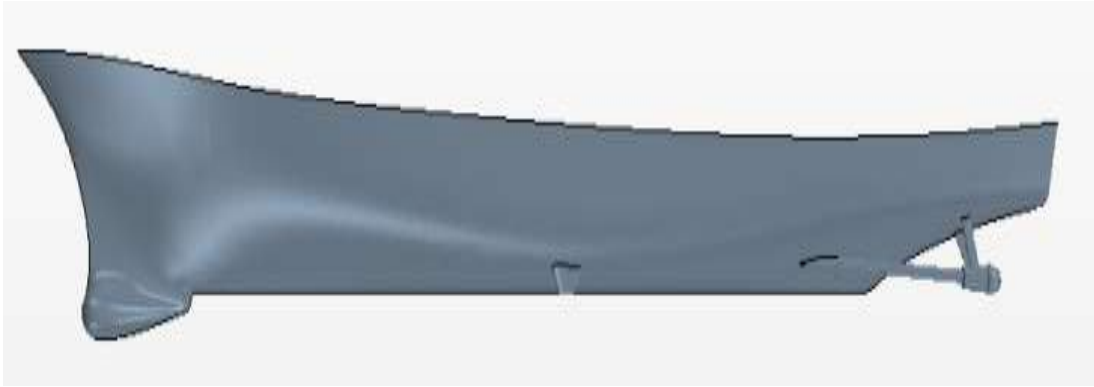
điều kiện sóng gió trên biển (weather routing); làm sạch vỏ tàu và chân vịt (cạo hà) theo định kỳ; sử dụng các loại sơn chống hà cho vỏ tàu và chân vịt; tái sử dụng nước thải làm mát máy trên tàu (waste heat recovery systems).

## **1.2. Tổng quan về tình hình nghiên cứu giải pháp chạy tàu ở hiệu số mớn nước tối ưu nhằm nâng cao hiệu quả sử dụng năng lượng trên tàu**

### ***1.2.1. Tình hình nghiên cứu trên thế giới***

Do giải pháp chạy tàu ở hiệu số mớn nước tối ưu là giải pháp mới được IMO khuyến nghị áp dụng nhằm tăng hiệu quả sử dụng năng lượng cho tàu nên các nghiên cứu trên thế giới liên quan đến giải pháp này không nhiều. Dưới đây sẽ tiến hành tổng hợp, phân tích các nghiên cứu trên thế giới (gồm các bài báo quốc tế thuộc danh mục ISI và Scopus, các báo cáo trong hội thảo Quốc tế có phản biện) liên quan đến giải pháp này để từ đó có được cái nhìn tổng quan về giải pháp này, mức tiết kiệm nhiên liệu mà giải pháp mang lại, phương pháp nghiên cứu đã được các tác giả sử dụng, những vấn đề mà các nghiên cứu đi trước đã giải quyết được cũng như những vấn đề cần phải bổ sung nghiên cứu thêm:

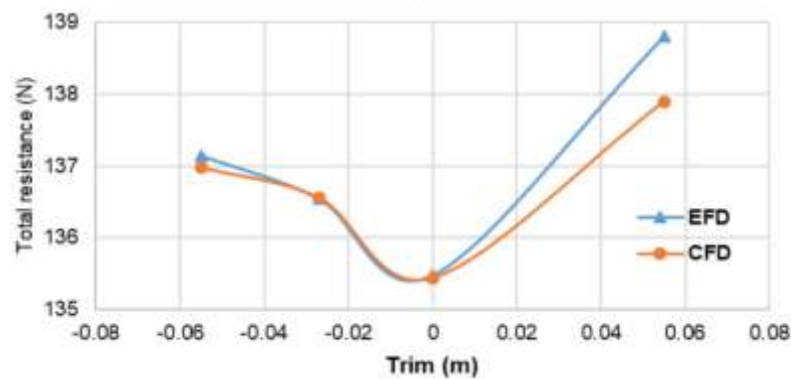
Nhóm các tác giả Tu T.N [36], Sherbaz [33], Iakovatos [26] cùng các cộng sự đã tiến hành nghiên cứu ảnh hưởng của hiệu số mớn nước đến sự thay đổi sức cản tàu dưới dạng mô hình áp dụng với nhiều loại tàu khác nhau gồm: tàu chở container, tàu hàng rời, tàu Ropax,... Phương pháp nghiên cứu được các tác giả áp dụng trong nghiên cứu của mình là CFD (Computational Fluid Dynamics) kết hợp với thử nghiệm mô hình trong bể thử. Kết quả nghiên cứu của các tác giả chỉ ra rằng, với tốc độ cho trước, khi tàu chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau sẽ dẫn đến sự thay đổi sức cản tàu. Mức độ thay đổi phụ thuộc vào hình dáng vỏ tàu, tốc độ tàu, chế độ tải và hiệu số mớn nước của tàu, mức thay đổi dao động trong dải từ 1%-5% sức cản tàu so với tư thế cân bằng mũi lái.



**Hình 1.5. Mô hình tàu DTMB của Mỹ dùng để nghiên cứu [13]**



**Hình 1.6. Thử mô hình DTMB tại bể thử của CTO, Ba Lan [14]**

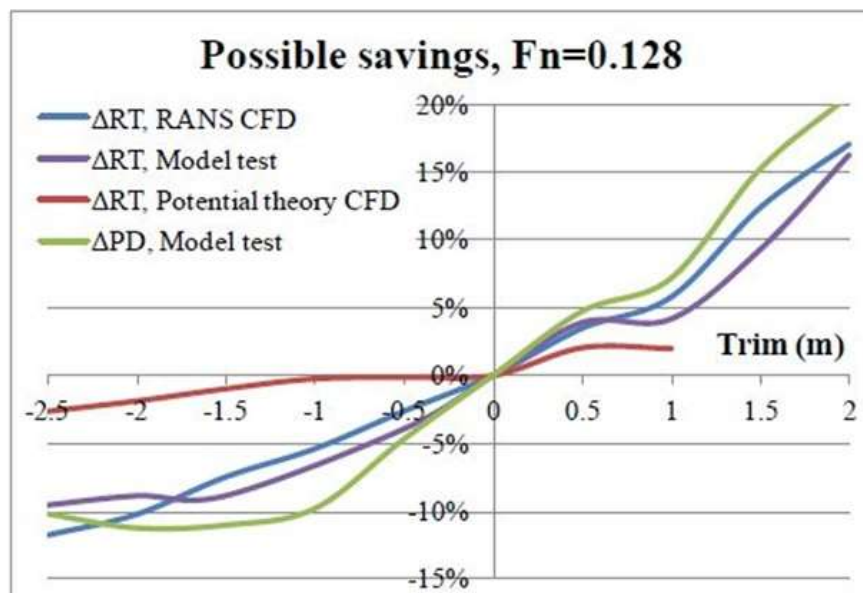


**Hình 1.7. Sự thay đổi sức cản tàu ở các độ chúi khác nhau khi sử dụng hai phương pháp tính khác nhau (thực nghiệm và CFD) khi tàu chạy tại tốc độ  $V=2.987\text{m/s}$  [10]**

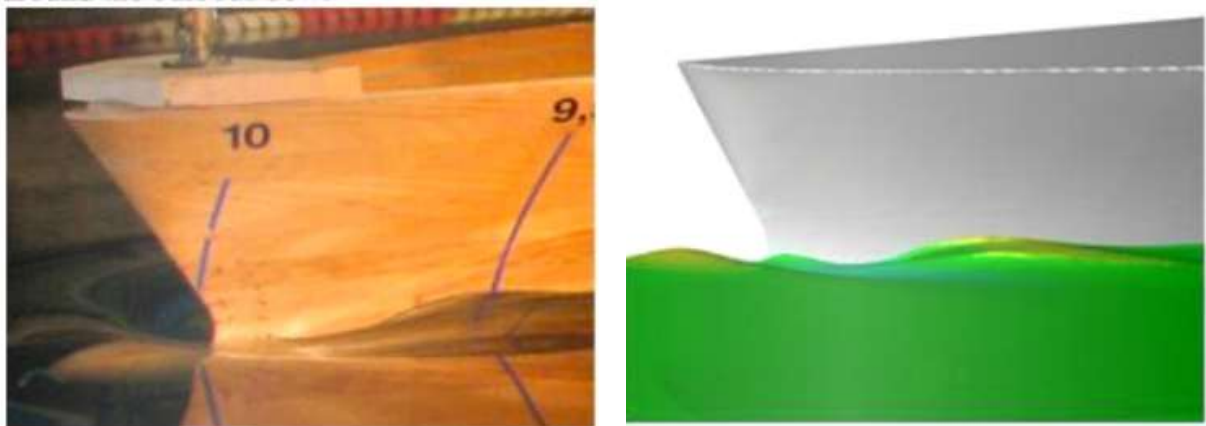
Nhóm tác giả Hansen [15], Larsen [28] cùng các cộng sự đã tiến hành nghiên cứu ảnh hưởng của hiệu số môn nước đến sự thay đổi sức cản và hiệu suất của chân vịt khi tàu chạy trên nước tĩnh áp dụng tính cho mô hình tàu biển chở hàng cỡ lớn tại các tốc độ và môn nước khác nhau của tàu. Kết quả tính toán

của nhóm tác giả chỉ ra rằng, có thể giảm được 10% công suất máy khi tàu chạy ở hiệu số mớn nước tối ưu so với khi chạy ở tư thế cân bằng mũi lái (even keel). Yếu tố tác động làm giảm công suất máy nhiều nhất (chiếm 80%) là liên quan đến việc giảm sức cản tàu, 20% còn lại là liên quan đến việc gia tăng hiệu suất của chân vịt sau vỏ tàu khi tàu chạy ở mớn nước tối ưu so với even keel. Phương pháp nghiên cứu được nhóm tác giả sử dụng ở đây là thử mô hình trong bể thử cộng với mô phỏng số CFD.

Nhóm tác giả Islam H. và Carlos G.S. đã tiến hành nghiên cứu ảnh hưởng của độ chúi đến sức cản tàu tại các tốc độ và mớn nước khác nhau (tại 3 tốc độ và mớn nước khác nhau) áp dụng với mô hình tàu container KCS [14]. Phương pháp mà các tác giả sử dụng trong nghiên cứu ở đây là phương pháp CFD. Giới hạn nghiên cứu của các tác giả ở đây là nghiên cứu trên nước tĩnh. Kết quả nghiên cứu chỉ ra rằng sức cản tàu có thể giảm được khá nhiều nếu chạy tàu ở hiệu số mớn nước tối ưu so với tư thế even keel. Hiệu số mớn nước tối ưu sẽ thay đổi sẽ thay đổi khi thay đổi tốc độ và mớn nước tàu. Do vậy việc lựa chọn hiệu số mớn nước tối ưu là quá trình động phụ thuộc vào tốc độ và mớn nước tàu thực tế trong quá trình khai thác.



**Hình 1.8. Kết quả tính toán mức tiết kiệm nhiên liệu thu được theo các phương pháp khác nhau khi tàu chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau tại tốc độ tương đối  $F_n=0.128$**



a) thực nghiệm

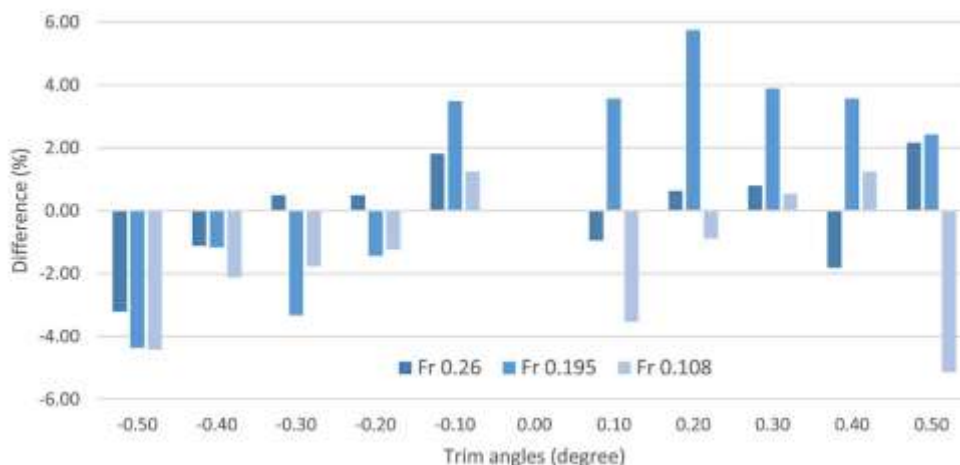
b) mô phỏng bằng CFD

**Hình 1.9. Kết quả mô phỏng hình dáng sóng tại mũi tàu**



**Hình 1.10. Mô hình tàu container được Nhóm tác giả Islam H. và Carlos G.S. sử dụng trong nghiên cứu**

Nhóm tác giả Emil S. và các cộng sự [11] đã tiến hành nghiên cứu ảnh hưởng của hiệu số mớn nước đến sự thay đổi sức cản tàu tại tốc độ khác nhau bằng phương pháp thử mô hình trong bể thử và phương pháp số CFD. Đối tượng nghiên cứu của nhóm tác giả ở đây là mô hình tàu container KCS với tỷ lệ mô hình 1/75m so với tàu thực. Các thông số hình học của mô hình tàu container KCS được thể hiện trong Bảng 1.1.



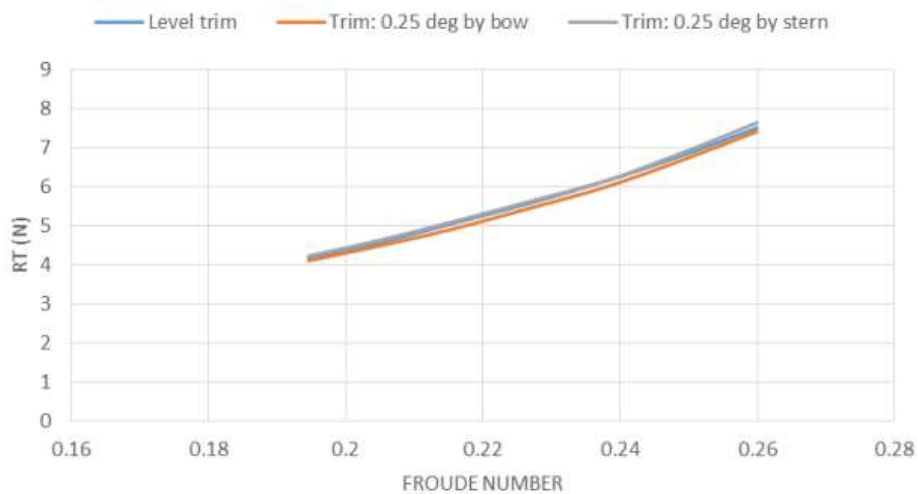
**Hình 1.11. So sánh sự thay đổi sức cản tàu container KCS khi chạy ở các hiệu số mớn nước và tốc độ khác nhau**



Kết quả nghiên cứu của nhóm tác giả chỉ ra rằng, sức cản tàu phụ thuộc khá lớn vào hiệu số mớn nước và tốc độ tàu. Kết quả kết quả tính bằng phương pháp số rất gần với kết quả thử trong bể thử. Một số kết quả nghiên cứu của nhóm tác giả được thể hiện trên các Hình 1.12 và 1.2. Trên đó biểu diễn kết quả thử mô hình trong bể thử tại các hiệu số mớn nước và tốc độ khác nhau.

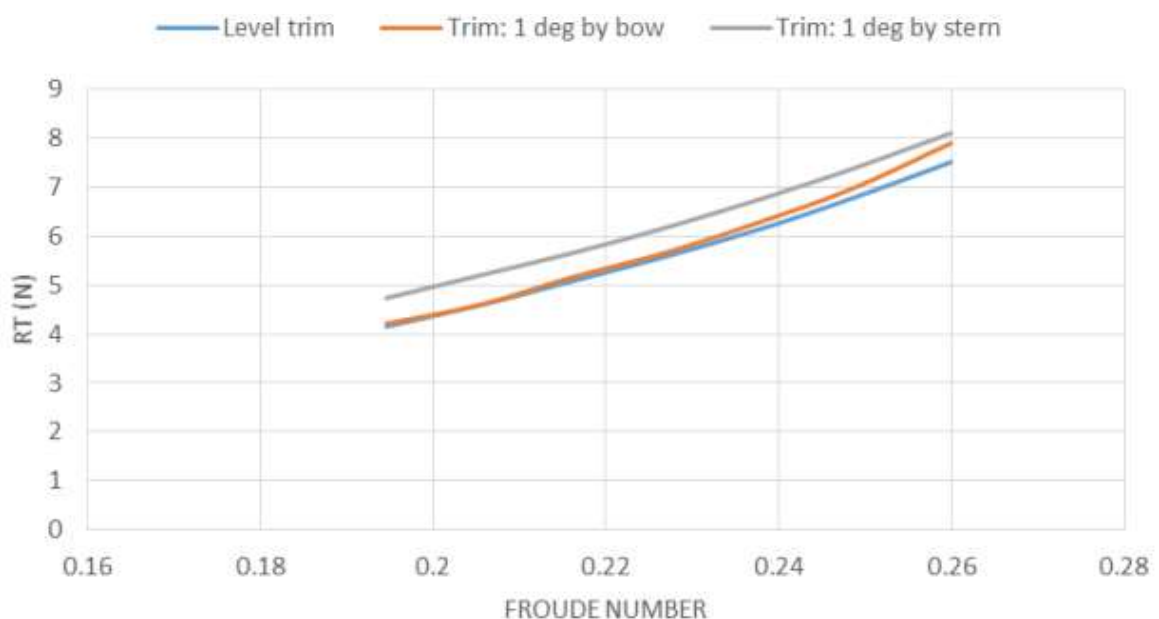
**Bảng 1.1. Thông số kỹ thuật của tàu container KCS**

Các thông số		Đơn vị	Giá trị	
			Tàu thực	Tàu mô hình
Tỉ lệ mô hình	$\lambda$	-	1	75
Thể tích chiếm nước	$\Delta$	m <sup>3</sup>	52030	0.1203
Mớn nước	d	m	10.8	0.144
Chiều dài hai trụ	$L_{pp}$	m	230.0	3.0667
Chiều rộng	B	m	32.2	0.4293
Chiều cao mạn	H	m	19.0	0.2533
Hệ số béo thể tích	$C_B$	-	0.651	0.651
Hệ số béo sườn giữa	$C_M$	-	0.985	0.985
Tốc độ	$V_s$	knots	24	1.426
Tốc độ tương đối	Fr	%	0.26	



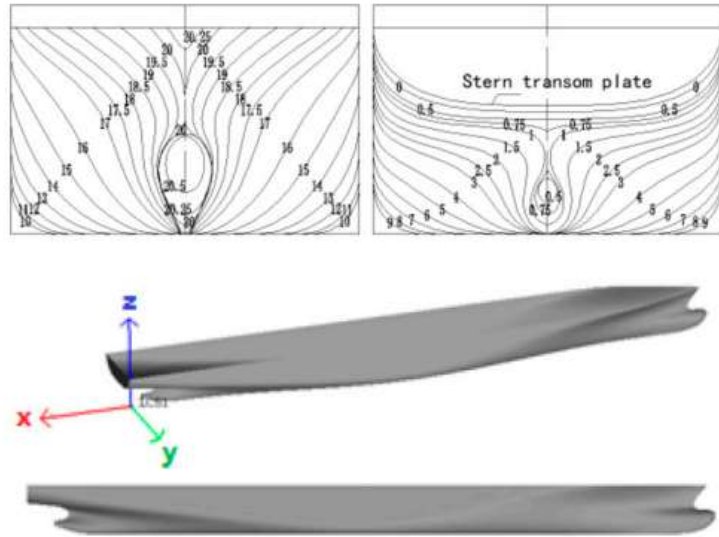
**Hình 1.12. Quan hệ giữa sức cản với tốc độ tàu tại độ chúi 0.25 độ**

Nhóm tác giả Jianglong Sun và các cộng sự [21] đã tiến hành nghiên cứu tối ưu hóa hiệu số mớn nước cho tàu container 4250 TEU (xem Hình 1.14) dựa trên việc nghiên cứu ảnh hưởng của hiệu số mớn nước đến sự thay đổi sức cản tàu bằng phương pháp thử mô hình trong bể thử và phương pháp số CFD, sau đó kiểm tra thực nghiệm trên tàu thực để đánh giá độ tin cậy của phương pháp tính. Kết quả thực nghiệm trên tàu thực chỉ ra rằng, với việc áp dụng giải pháp tối ưu hóa hiệu số mớn nước của tàu trong khai thác, có thể tiết kiệm được 9.2% lượng nhiên liệu tiêu thụ. Các kết quả chính của nghiên cứu này được trình bày trên Hình 1.17.

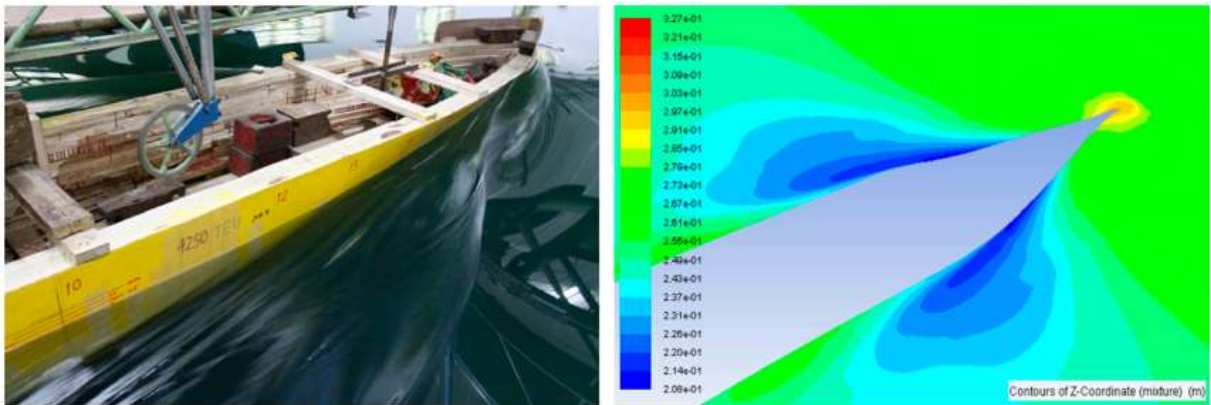


**Hình 1.13. Quan hệ giữa sức cản với tốc độ tàu tại độ chúi 1.0 độ**

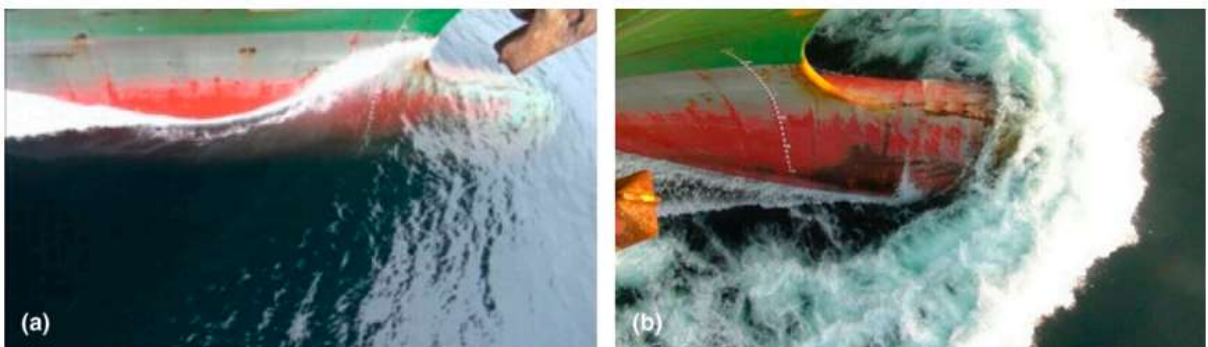




**Hình 1.14. Mô hình tàu container 4500 TEU được sử dụng trong nghiên cứu**

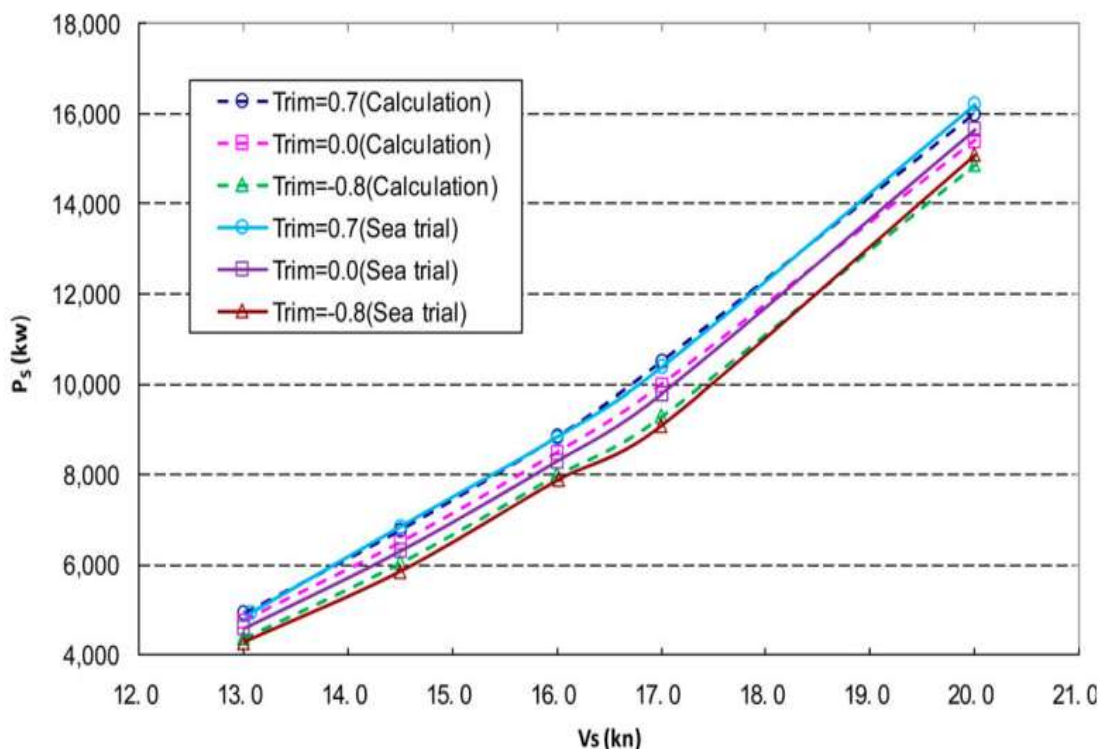


**Hình 1.15. So sánh hình dáng sóng do tàu tạo ra giữa bề thử và mô phỏng**



**Hình 1.16. Hình dáng sóng tại mũi tàu trong thử thực**

*a) Tàu chúi mũi, b) tàu chúi lái*

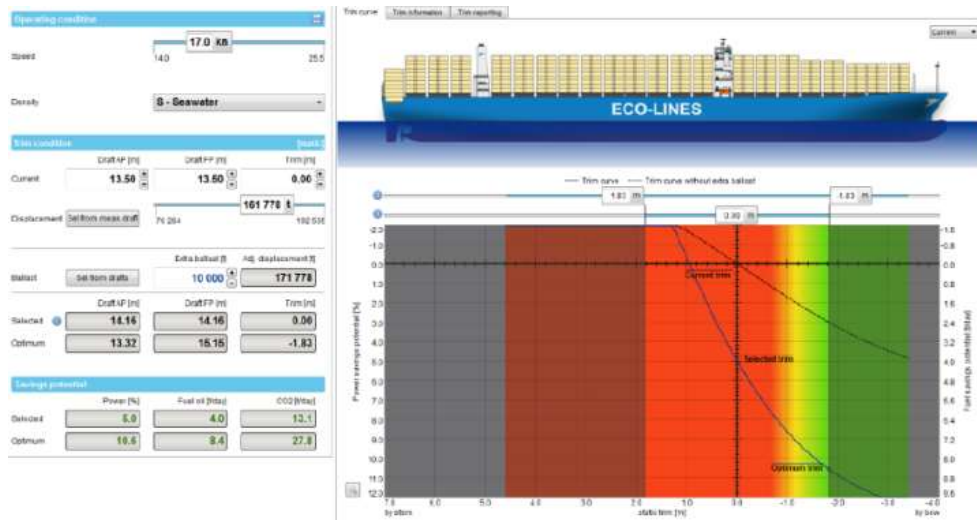


**Hình 1.17. Quan hệ giữa tốc độ và công suất máy của tàu tại các hiệu số mớn nước khác nhau**

Dưới góc độ nghiên cứu ứng dụng vào trong thực tế khai thác tàu. Viện nghiên cứu “FORCE Technology” của Đan Mạch và Đăng kiểm DNV-GL là một trong hai nhà tư vấn nổi tiếng thế giới trong lĩnh vực tối ưu hóa hiệu số mớn nước của tàu trong khai thác nhằm nâng cao hiệu quả sử dụng năng lượng trên tàu.

**Viện nghiên cứu “FORCE Technology”** đã tiến hành nghiên cứu tối ưu hóa hiệu số mớn nước cho hơn 300 tàu các loại gồm: tàu dầu, tàu hàng rời, tàu container, tàu LNG, Ro-Ro và phà. Theo các kết quả nghiên cứu mà công ty công bố, mức tiết kiệm nhiên liệu có thể đạt được lên tới 15% ở một số điều kiện khai thác đặc biệt. Mức tiết kiệm nhiên liệu bình quân cho cả đội tàu ở vào khoảng từ 2 đến 3% khi chạy tàu ở hiệu số mớn nước tối ưu [27].

“**Đăng kiểm DNV-GL** đang giới thiệu và thương mại hóa phần mềm ECO Assistant 4. Đây là phần mềm tối ưu hóa hiệu số mớn nước của tàu trong khai thác nhằm nâng cao hiệu quả sử dụng năng lượng trên tàu.”[30]



**Hình 1.18. Giao diện của chương trình ECO Assistant 4**

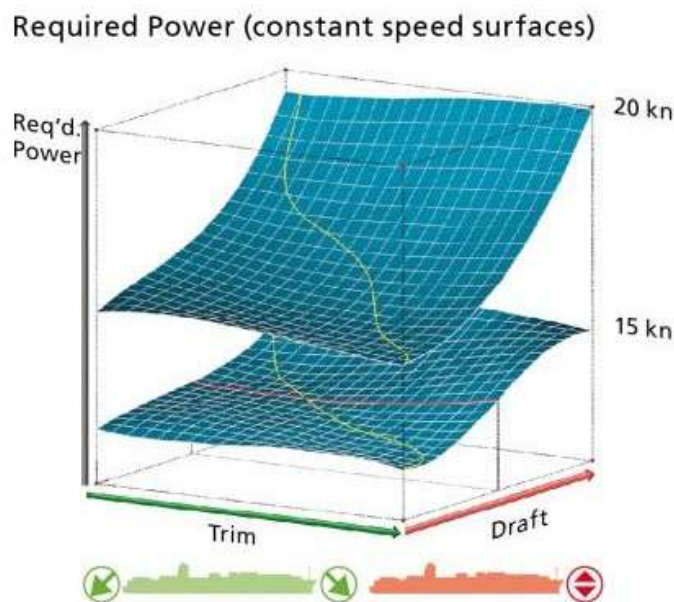
Phần mềm ECO Assistant được xây dựng cho từng tàu cụ thể. Trên hình 1.18 là giao diện phần mềm tối ưu hóa hiệu số mớn nước cho tàu container 13000TEU. Trong phần mềm này, thông số đầu vào là: tốc độ tàu, mớn nước, hiệu số mớn nước ban đầu; thông số đầu ra của phần mềm là: hiệu số mớn nước tối ưu, lượng nhiên liệu tiết kiệm được so với tư thế hiện thời của tàu, mức giảm CO2.

“Dựa trên kết quả tính toán, đo đạc thực tế mà DNV-GL công bố và đã được xác nhận bởi các chủ tàu đang khai thác tàu 13000 TEU, thì giá trị mà phần mềm ECO Assistant 4 mang lại cho tàu container sức chở 13000 TEU như sau:”[30]

- Với trạng thái chở 13000 TEU + 10000 tấn nước dằn bổ sung thì tàu:
  - + Tiết kiệm 5 % nhiên liệu hay 4 tấn nhiên liệu mỗi ngày;
  - + Trên hành trình 14 ngày, tàu tiết kiệm được 36000 USD (với vận tốc tàu 17 knots, mớn nước 13.5m với độ chúi không đổi và giá dầu dự kiến là 650 usd/tấn).
- Với trạng thái 4100 TEU +5000 tấn nước dằn bổ sung thì tàu: Tiết kiệm được 5% nhiên liệu hay 1.9 tấn dầu nhiên liệu mỗi ngày (vận tốc 16 knots; mớn nước 11m với độ chúi không đổi).

“Trung tâm bề thử mô hình tàu SSPA của Thụy Điển cũng đã thực hiện rất nhiều các nghiên cứu về tối ưu hóa hiệu số mớn nước của tàu trong khai thác trên các tàu hàng rời và tàu chở dầu cỡ lớn. Kết quả nghiên cứu chỉ ra rằng, có thể giảm công suất máy xuống từ 10%-15% khi tàu chạy ở chế độ ballast và 5%-8% khi tàu chạy ở chế độ toàn tải” [14]

“Hiệp hội sử dụng năng lượng hiệu quả toàn cầu (Global Maritime Energy Efficiency Partnerships GLOMEEP) đánh giá, việc tối ưu hóa hiệu số mớn nước của tàu có thể giảm mức tiêu hao nhiên liệu của tàu xuống từ 0.5%-3% đối với phần lớn các loại tàu vận tải biển, đối với các tàu với chế độ tải đặc thù như tàu container, tàu Ro-Ro mức tiết kiệm nhiên liệu có thể đạt được là trên 5%” [13]



**Hình 1.19. Kết quả của phần mềm tối ưu hóa hiệu số mớn nước**

### ***1.2.2. Tình hình nghiên cứu trong nước***

“Về tình hình nghiên cứu trong nước liên quan đến giải pháp chạy tàu ở hiệu số mớn nước tối ưu nhằm nâng cao hiệu quả sử dụng năng lượng trên tàu còn khá mới mẻ và chưa được đề cập đến nhiều trong các bài báo khoa học và tài liệu chuyên ngành. Cụ thể, ở đây, trên cơ sở tham khảo các tạp chí chuyên ngành hàng hải gồm: Tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải, thuộc trường Đại học Hàng hải Việt Nam; Tạp chí Khoa học Công nghệ Giao thông vận tải, thuộc trường Đại học Giao thông Vận tải Thành Phố Hồ Chí Minh; Tạp chí Giao

thông Vận tải, thuộc Bộ Giao thông; tạp chí Môi trường của Tổng cục môi trường, và các giáo trình, tài liệu tham khảo đang giảng dạy cho sinh viên chuyên ngành đi biển, chuyên ngành thiết kế tàu đang được giảng dạy tại Trường Đại học Hàng hải Việt Nam, Đại học Giao thông Vận tải Thành phố Hồ Chí Minh, chỉ tìm thấy duy nhất bài viết về giải pháp này, đó là bài báo “*Hệ thống cung cấp giải pháp kỹ thuật nhằm sử dụng hiệu quả nhiên liệu trong vận hành tàu biển*” của nhóm tác giả PGS.TS. Nguyễn Công Vịnh và PGS.TS. Nguyễn Kim Phương trên tạp chí Môi trường của Tổng cục môi trường” [2].

Trong bài viết này nhóm tác giả đã đề cập đến 03 giải pháp nhằm nâng cao hiệu quả sử dụng năng lượng trên tàu trong quá trình khai thác gồm: Lựa chọn tốc độ tối ưu cho tàu; Lựa chọn phương án nước dằn khi tàu nhẹ tải và lựa chọn hiệu số mớn nước tối ưu cho tàu. Trong đó nhóm tác giả đã tiến hành thực nghiệm kiểm tra ảnh hưởng của sự thay đổi hiệu số mớn nước, tốc độ tàu đến sự thay đổi mức tiêu thụ nhiên liệu trên tàu FORTUNE NAVIGATOR chạy chuyên tuyến từ Hòn Dấu đến Vũng Tàu và ngược lại với quãng đường 738 hải lý. Kết quả nghiên cứu của nhóm tác giả đưa ra là với việc thay đổi hiệu số mớn nước và tốc độ tàu một cách hợp lý, tàu sẽ tiết kiệm được 70 tấn dầu/năm (khoảng 26000 USD) và giảm phát thải được 210 tấn CO<sub>2</sub>/năm vào môi trường. Như vậy, với hơn 1400 tàu biển của Việt Nam hiện đang khai thác thì con số tiết giảm được sẽ là rất lớn.

Dưới góc độ nghiên cứu ứng dụng giải pháp chạy tàu ở hiệu số mớn nước tối ưu vào trong thực tế khai thác tàu ở các công ty vận tải biển của Việt Nam. Theo khảo sát của NCS được tiến hành ở Tổng công ty Hàng hải Việt Nam, Công ty Cổ phần Vận tải Biển Việt Nam (VOSCO), Công ty Cổ phần Hàng hải Liên Minh...thì hiện tại chưa có đơn vị nào ứng dụng giải pháp chạy tàu ở hiệu số mớn nước tối ưu trong khai thác tàu.

### ***1.2.3. Nhận xét đánh giá về các nghiên cứu đi trước***

Qua tổng hợp, phân tích, thống kê ở trên về tình hình nghiên cứu trên thế giới và trong nước liên quan đến giải pháp chạy tàu ở hiệu số mớn nước tối ưu

nhằm nâng cao hiệu quả sử dụng năng lượng trên tàu, có thể đưa ra một số nhận xét sau:

Về tình hình nghiên cứu trong nước. Việc nghiên cứu về giải pháp chạy tàu ở hiệu số mớn nước tối ưu nhằm nâng cao hiệu quả sử dụng năng lượng trên tàu là còn khá mới mẻ và chưa được đề cập đến nhiều trong các bài báo khoa học và tài liệu chuyên ngành ở trong nước. Dưới góc độ nghiên cứu ứng dụng thì giải pháp này hiện vẫn còn là giải pháp rất mới mẻ và chưa được các công ty Vận tải biển ở trong nước áp dụng.

Liên quan đến các nghiên cứu ở nước ngoài có thể rút ra một số kết luận sau:

+ Về mặt tổng quan, các nghiên cứu của các tác giả trên thế giới về ảnh hưởng của hiệu số mớn nước đến lực cản tàu cũng như hiệu suất của thiết bị đẩy hay nhìn rộng ra là mức tiêu hao nhiên liệu của tàu đã cung cấp cho chúng ta một cái nhìn tổng thể về mối quan hệ giữa hiệu số mớn nước của tàu với hiệu quả sử dụng năng lượng trên tàu tại từng tốc độ và chế độ tải.

+ Về đối tượng nghiên cứu. Đối tượng nghiên cứu mà các tác giả trên thế giới hướng đến là các mẫu tàu vận tải biển khác nhau (tàu dầu, tàu container, tàu hàng rời,...). Đa phần các nghiên cứu sử dụng tàu mô hình để tính toán và sau đó so sánh với kết quả thử trong bể thử.

+ Về phương pháp nghiên cứu: Phương pháp mà các tác giả sử dụng trong nghiên cứu là thử mô hình trong bể thử và mô phỏng số CFD.

+ Về giới hạn nghiên cứu: tất cả các nghiên cứu của các tác giả trên thế giới đều giới hạn ở việc nghiên cứu ảnh hưởng của hiệu số mớn nước đến sức cản tàu trong điều kiện nước tĩnh.

+ Về kết quả nghiên cứu thu được: Đã chỉ rõ mức độ ảnh hưởng của hiệu số mớn nước đến sự thay đổi sức cản tàu. Kết quả tính toán bằng CFD khá gần với kết quả thử mô hình trong bể thử. Ứng với mỗi loại tàu khác nhau, ở tốc độ



và chế độ tải khác nhau thì mức giảm sức cản tàu hay mức tiết kiệm nhiên liệu thu được là khác nhau, mức giảm trung bình vào khoảng từ 1-5%.

+ Về tồn tại của các nghiên cứu: Mặt tồn tại lớn nhất của các nghiên cứu nêu trên của các tác giả đó là phần lớn sử dụng mô hình tàu để nghiên cứu và so sánh với kết quả thử mô hình trong bể thử. Việc tính toán trên tàu thực và so sánh với kết quả thử thực ở ngoài biển còn chưa được đề cập đến nhiều. Trong khi đó, như chúng ta đã biết việc thử mô hình trong bể thử có một số điều kiện không thể đảm bảo được so với khi đo đạc trên tàu thực khi chạy thực tế ngoài biển, chính vì vậy để tính chuyển sang tàu thực người ta phải sử dụng một số các giả thiết, từ đó sẽ ảnh hưởng đến độ chính xác về kết quả thu được trên tàu thực. Chính vì vậy, trên thực tế, khi đóng xong tàu bao giờ người ta cũng tiến hành thử trên biển (sea trial) trước khi đưa nó vào khai thác để kiểm tra độ tin cậy của các kết quả tính toán trong thiết kế. Tuy nhiên, hầu như các đơn vị thiết kế tàu, các hãng Đăng kiểm không công bố rộng rãi các kết quả thử thực này bởi nó liên quan đến bí mật trong thiết kế và trong tính toán của họ cũng như phương pháp đo mà họ triển khai trong quá trình thử tàu.

Tồn tại thứ hai của các nghiên cứu này đó là đa phần các nghiên cứu mới chỉ tập chung vào nghiên cứu ảnh hưởng của hiệu số mớn nước đến sức cản tàu. Việc nghiên cứu ảnh hưởng đồng thời của hiệu số mớn nước đến sức cản và hiệu suất của chân vịt sau vỏ tàu còn khá hạn chế.

### **1.3. Phân tích lựa chọn hướng nghiên cứu, phương pháp nghiên cứu và giới hạn nghiên cứu**

#### ***1.3.1. Lựa chọn hướng và mục tiêu nghiên cứu***

Dựa trên việc tổng hợp phân tích thống kê các kết quả nghiên cứu trên thế giới và Việt Nam liên quan đến giải pháp chạy tàu ở hiệu số mớn nước tối ưu nhằm nâng cao hiệu quả sử dụng năng lượng trên tàu ở trên. NCS xin đề xuất hướng và mục tiêu nghiên cứu trong luận án như sau:

*Mục đích nghiên cứu của luận án:* đi vào giải quyết tồn tại thứ 2 của các nghiên cứu đi trước đã được chỉ ra ở trên đó là luận án sẽ đi vào xây dựng mô hình bài toán mô phỏng tính đến ảnh hưởng của hiệu số mớn nước đến đồng thời hai thành phần đó là sức cản và hiệu suất của chân vịt sau vỏ tàu ứng với từng chế độ tải và tốc độ tàu. Trên cơ sở đó có đưa ra các khuyến cáo khi triển khai lập kế hoạch xếp hàng nhằm giảm đảm bảo an toàn và tiết kiệm nhiên liệu cho tàu trong quá trình khai thác. Áp dụng mô hình tính đưa ra vào trong tính toán xác định hiệu số mớn nước tối ưu cho Series tàu hàng trọng tải 12500 DWT được đóng tại Việt Nam từ năm 2000 đến nay, hiện đang được khai thác tại nhiều công ty vận tải tàu ở trong nước.

### ***1.3.2. Phân tích lựa chọn phương pháp nghiên cứu***

Để đạt được mục tiêu nghiên cứu đặt ra, luận án sẽ sử dụng các phương pháp nghiên cứu gồm: phương pháp tổng hợp, phân tích thống kê để nghiên cứu tổng quan; sử dụng lý thuyết chung về thủy động lực học tàu thủy để nghiên cứu cơ sở lý thuyết; phương pháp số CFD để xây dựng mô hình bài toán tính toán ảnh hưởng của hiệu số mớn nước đến sự thay đổi công suất máy và áp dụng chúng vào trong thực hiện hiện tính toán cho Series tàu hàng trọng tải 12500 DWT; phương pháp thực nghiệm để kiểm tra kết quả mô phỏng tính toán.

Cơ sở để NCS lựa chọn phương pháp số CFD để xây dựng mô hình bài toán tính toán ảnh hưởng của hiệu số mớn nước đến sự thay đổi công suất máy và áp dụng chúng vào trong thực hiện tính toán cho Series tàu hàng trọng tải 12500 DWT đó là như trong mục 1.2.3 ở trên đã trình bày, hiện chỉ có 2 phương pháp cho phép ta tính toán được ảnh hưởng của hiệu số mớn nước đến sự thay đổi công suất máy chính đó là:

- + Phương pháp thực nghiệm;
- + Phương pháp số CFD.

- Đối với phương pháp thực nghiệm gồm có hai phương pháp là: thử mô hình trong bể thử (xem Hình 1.20) sau đó tính chuyển sang tàu thực và phương pháp thử thực ở ngoài biển (sea trial) (xem Hình 1.21).

*Ưu điểm:* Đây là phương pháp cho kết quả tin cậy nhất.

*Nhược điểm:* phương pháp này có giá thành rất cao, mất nhiều thời gian do phải chế tạo mô hình (nếu thử mô hình), khó khăn khi tiến hành thử thực ngoài biển (đối với thử thực).

Hiện tại, phương pháp được áp dụng phổ biến nhất trong nhóm này là thử mô hình trong bể thử còn thử thực ngoài biển chỉ sử dụng để khẳng định lại độ tin cậy của kết quả thử mô hình trong bể thử. Do việc thử thực ngoài biển rất phức tạp (liên quan đến thiết bị đo, điều kiện môi trường) và tốn kém nên trên thực tế việc thử thực ngoài biển chỉ được tiến hành sau khi tàu được đóng xong và được thử tại chế độ chạy ballast.



**Hình 1.20. Phương pháp thử mô hình trong bể thử**



**Hình 1.21. Phương pháp thử thực ngoài biển (sea trial)**

- Đối với phương pháp số CFD. Đây là phương pháp đã và đang được rất nhiều các tác giả trên thế giới sử dụng (như đã đề cập trong phần tổng quan) trong

việc giải quyết các bài toán thủy động lực học nói chung và bài toán tối ưu hóa hiệu số mớn nước của tàu nói riêng bởi phương pháp này có các ưu điểm sau:

+ *Ưu điểm*: Phương pháp số CFD mang lại kết quả khá chính xác, tiết kiệm thời gian và chi phí hơn so với việc thử nghiệm mô hình trong bể thử. Thêm vào đó, một lợi thế khác của CFD là khả năng tính toán cho cả mô hình tỷ lệ và tàu thực tế. Hơn nữa, việc xử lý sau khi tính toán CFD cung cấp một lượng lớn thông tin chi tiết về dòng chảy xung quanh vỏ tàu, phục vụ cho việc quan sát các hiện tượng vật lý xảy ra khi tàu chuyển động, phục vụ cho nhiều bài toán khác nhau trong lĩnh vực hàng hải và thiết kế tàu.

+ Tuy nhiên, phương pháp CFD cũng tồn tại *nhược điểm* đó là: Độ chính xác của kết quả từ các tính toán sử dụng phương pháp CFD rất lớn phụ thuộc vào nhiều yếu tố khác nhau. Đầu tiên và quan trọng nhất, là cách chia lưới cũng như việc lựa chọn số lượng lưới phù hợp. Thêm vào đó, việc chọn lựa mô hình vật lý cũng ảnh hưởng không nhỏ tới kết quả cuối cùng. Điều kiện biên cũng là một yếu tố cần được cân nhắc cẩn thận. Những yếu tố này đều đòi hỏi một hiểu biết sâu rộng và kỹ năng vững chắc từ người tiến hành các phép tính này. Do đó, năng lực và kỹ năng của người thực hiện các phép tính CFD đóng một vai trò quan trọng trong việc đảm bảo độ chính xác của kết quả thu được.

Chính vì vậy, để chứng minh kết quả tính toán bằng CFD là chính xác thì người ta sẽ so sánh kết quả tính toán ra với kết quả thử mô hình, sau đó sẽ áp dụng mô hình tính bằng CFD này vào tính toán cho đối tượng tàu nghiên cứu. Đây cũng là một trong những hướng giải quyết vấn đề mà các tác giả trên thế giới đã và đang áp dụng như đã được NCS chỉ ra ở Mục 1.2.

### ***1.3.3. Cơ sở giới hạn đối tượng và phạm vi nghiên cứu***

- Cơ sở của việc giới hạn đối tượng nghiên cứu áp dụng vào trong việc tính toán (ra con số định lượng) ảnh hưởng của hiệu số mớn nước đến sự thay đổi công suất máy chỉ là Series tàu hàng trọng tải 12500 DWT, đó là đây chỉ là ví dụ minh họa tính cho một đối tượng tàu cụ thể để khẳng định mô hình tính toán mà NCS đề xuất là đúng và tin cậy. Thứ nữa Series tàu hàng trọng tải

12500 DWT đã có kết quả thử thực ngoài biển (sea trial) với sự tham gia của 3 bên gồm: Chủ tàu – Đăng kiểm – nhà máy. Do vậy NCS có thể kiểm tra, đối sánh được kết quả mô phỏng tính toán với kết quả thử để khẳng định độ tin cậy của mô hình tính.

Cơ sở lựa chọn phạm vi nghiên cứu của luận án là: tính toán ảnh hưởng của hiệu số mớn nước đến sự thay đổi công suất máy hoạt động trong điều kiện biển êm ở vùng biển hỏ có độ sâu không hạn chế, đó là:

+Thứ nhất đối với tàu biển thì thời gian chạy ở vùng biển hỏ có độ sâu không hạn chế là chủ yếu;

+ Điều kiện biển êm là thích hợp nhất cho việc áp dụng giải pháp chạy tàu ở hiệu số mớn nước tối ưu, các nghiên cứu đi trước trên thế giới và các phần mềm tối ưu hóa hiệu số mớn nước trên tàu cũng đang chỉ dừng lại ở việc áp dụng khi chạy trong điều kiện biển êm.

#### **1.4. Kết luận chương 1**

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

- Tổng hợp được các Quy định của IMO liên quan đến việc sử dụng năng lượng hiệu quả trên tàu.

- Tổng hợp, phân tích được các giải pháp nâng cao hiệu quả sử dụng năng lượng trên các tàu đang khai thác.

- Tổng hợp, phân tích và đánh giá được các công trình nghiên cứu đi trước có liên quan. Trong đó chỉ ra những vấn đề còn tồn tại của các nghiên cứu đi trước gồm:

+ Đa phần sử dụng tàu ở dạng tỷ lệ mô hình để nghiên cứu;

+ Đa phần các nghiên cứu mới chỉ tập chung vào nghiên cứu ảnh hưởng của hiệu số mớn nước đến sức cản tàu. Việc nghiên cứu ảnh hưởng đồng thời của hiệu số mớn nước đến sức cản và hiệu suất của chân vịt sau vỏ tàu còn khá hạn chế;

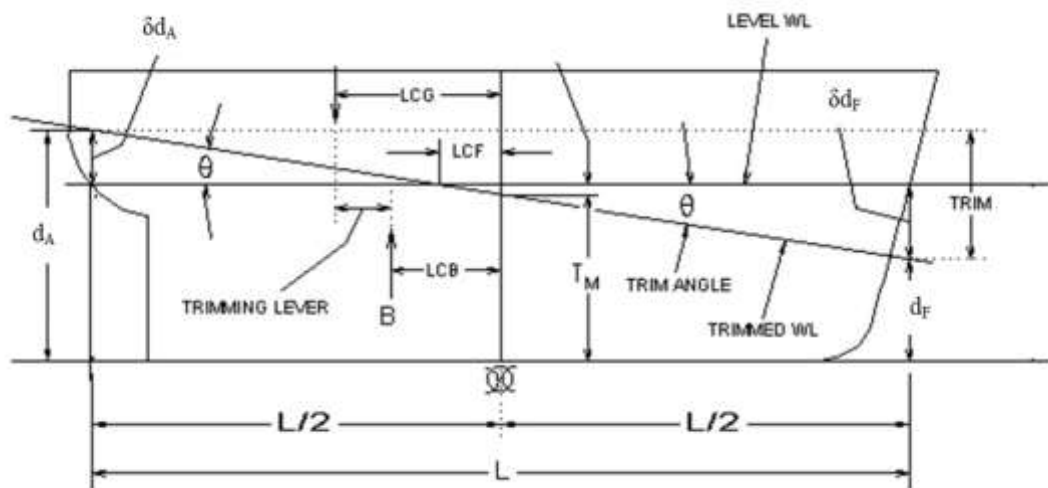
+ Các nghiên cứu trong nước liên quan còn rất hạn chế.

## CHƯƠNG 2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT PHỤC VỤ LỰA CHỌN PHƯƠNG PHÁP MÔ PHỎNG

### 2.1. Cơ sở phương pháp luận trong nghiên cứu ảnh hưởng của hiệu số mớn nước đến sự thay đổi suất công suất máy chính

#### 2.1.1. Khái niệm về hiệu số mớn nước

Trong quá trình khai thác tàu, hoành độ trọng tâm tàu LCG liên tục thay đổi do việc xây dựng và điều chỉnh kế hoạch xếp hàng trên tàu, do sự tiêu hao nhiên liệu dự trữ trong các két nhiên liệu, do việc nhận dẫn vào các két... từ đó dẫn đến hiện tượng tàu có thể bị chúi (chúi mũi hoặc chúi lái tùy thuộc vào mối tương quan giữa hoành độ tâm nổi LCB và hoành độ trọng tâm của tàu LCG (xem Hình 2.1)



**Hình 2.1. Đồ thị xác định hiệu số mớn nước trên tàu**

Hiệu số mớn nước của tàu là hiệu số giữa mớn nước lái và mớn nước mũi.

Hiệu số mớn nước của tàu được xác định theo công thức sau:

$$Trim = d_A - d_F \quad (2.1)$$

Trong đó:  $d_A$  – là mớn nước của tàu đo tại đường vuông góc lái;  $d_F$  – là mớn nước của tàu đo tại đường vuông góc mũi. Theo quy ước, hiệu số mớn nước là dương khi tàu chúi lái và âm khi tàu chúi mũi.

Như ta có thể quan sát thấy trên hình 2.1, khi tàu chạy với hiệu số mớn nước khác nhau, các thông số hình học sau của tàu sẽ thay đổi so với trạng thái chạy ở tư thế cân bằng mũi lái [36]:

- Diện tích mặt ướt vỏ tàu;
- Chiều dài đường nước của tàu (length of waterline);
- Hình dáng phần ngâm nước của tàu, đặc biệt là tại phần phía mũi và phía lái tàu.

Khi các thông số hình học của tàu thay đổi, sẽ dẫn đến sự thay đổi về sức cản cũng như hiệu suất của chân vịt sau vỏ tàu [27], từ đó dẫn đến sự thay đổi về công suất máy và cuối cùng là mức tiêu hao nhiên liệu tại từng tốc độ và chế độ tải của tàu.

### ***2.1.2. Ảnh hưởng của hiệu số mớn nước đến sự thay đổi suất công suất máy chính***

Quan hệ giữa công suất máy chính của tàu với sức cản và hiệu suất của chân vịt sau vỏ tàu, vòng quay và mô men của chân vịt được xác định qua biểu thức sau [7]:

$$P_s = \frac{R_T V}{\eta_T} = 2\pi n Q \quad (2.2)$$

Ở đây:  $P_s$  – là công suất máy chính [kW];  $V$  – tốc độ tàu [m/s],  $R_T$  – là sức cản tàu [kN];  $\eta_T$  hiệu suất của chân vịt sau vỏ tàu [-];  $n$  – là vòng quay của chân vịt [rps];  $Q$  – là mô men của chân vịt [kN.m].

Theo công thức (2.2) ta thấy rằng, khi tàu chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau sẽ dẫn đến sự thay đổi công suất máy do có sự thay đổi về sức cản và hiệu suất của chân vịt sau vỏ tàu. Phần trăm thay đổi sức cản tàu và hiệu suất của chân vịt khi chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau cũng chính là % thay đổi công suất máy chính của tàu.

Dưới đây là cơ sở phương pháp luận trong nghiên cứu ảnh hưởng của hiệu số mớn nước đến sự thay đổi suất công suất máy chính thông qua việc sử dụng

các lý thuyết chung về thủy động lực học tàu thủy để giải thích sự thay đổi về sức cản tàu và hiệu suất của thiết bị đẩy khi tàu chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau.

### 2.1.2.1. Ảnh hưởng của hiệu số mớn nước đến sự thay đổi sức cản tàu

Theo lý thuyết về thủy động lực học tàu thủy, công thức tổng quát trong tính toán sức cản tàu có dạng như sau [7], [23]:

$$R_T = 1/2 \cdot \rho \cdot C_T \cdot V^2 \cdot S \quad (2.3)$$

Ở đây:  $R_T$  – là sức cản toàn bộ của tàu, kN;  $\rho$  - là trọng lượng riêng của nước, t/m<sup>3</sup>;  $V$  – là vận tốc tàu, m/s;  $C_T$  – Hệ số lực cản tổng của tàu;  $S$  – là diện tích mặt ướt của vỏ tàu, m<sup>2</sup>.

Theo công thức (2.3) ta thấy rằng, khi trọng lượng riêng nước ( $\rho$ ) và tốc độ tàu ( $V$ ) không đổi thì sức cản toàn bộ  $R_T$  của tàu là một hàm số phụ thuộc vào diện tích mặt ướt ( $S$ ) của vỏ tàu và hệ số sức cản toàn bộ của tàu ( $C_T$ ).

“Khi tàu chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau sẽ dẫn đến sự thay đổi chiều dài đường nước, diện tích mặt ướt vỏ tàu, cũng như các thông số hình dáng phần ngâm nước của tàu từ đó dẫn đến sự thay đổi hệ số sức cản tổng ( $C_T$ ) của tàu và cuối cùng là sức cản tổng của tàu.”[14]

Để nghiên cứu định tính kết hợp nghiên cứu định lượng về ảnh hưởng của hiệu số mớn nước đến sự thay đổi sức cản vỏ tàu bằng lý thuyết chung về thủy động lực học tàu thủy nêu trên, Serries tàu hàng trọng tải 12500 DWT đóng tại Việt Nam từ năm 2000 đến nay do công ty KITADA của Nhật Bản thiết kế được lựa chọn [1]. Các thông số về kích thước và hình dáng của Serries tàu hàng 12500 DWT được thể hiện trên Hình 2.2 và trên Bảng 2.1.

Ở đây sự thay đổi về sức cản tàu tại các hiệu số mớn nước khác nhau so với ở tư thế cân bằng mũi lái được xác định theo biểu thức:

$$\Delta R, \% = \frac{(R_0 - R_{Trim})}{R_0} \cdot 100\% \quad (2.4)$$



ở đây:  $R_0$  – là sức cản vỏ tàu tại tư thế cân bằng mũi lái;  $R_{trim}$  – là sức cản vỏ tàu tại các hiệu số mớn nước khác nhau.



**Hình 2.2. Hình dáng Serries tàu hàng trọng tải 12500 DWT [24]**

**Bảng 2.1. Các thông số hình học của Serries tàu hàng trọng tải 12500 DWT**

Thông số hình học		Đơn vị	Giá trị
Chiều dài hai đường vuông góc của tàu	$L_{PP}$	m	126.00
Chiều dài đường nước của tàu	$L_{WL}$	m	130.51
Chiều rộng tàu	B	m	20.20
Chiều cao mạn	H	m	11.30
Mớn nước theo thiết kế	d	m	8.30
Thể tích chiếm nước	$\nabla$	$m^3$	16050
Hệ số béo thể tích	CB	-	0.742
Diện tích mặt ướt vỏ tàu	S	$m^2$	3857

Để khảo sát ảnh hưởng của hiệu số mớn nước đến sự thay đổi sức cản tàu theo lý thuyết thủy động lực học tàu thủy, NCS tiến hành khảo sát tại 3 mớn nước khác nhau của tàu gồm:

- Tại mớn nước thiết kế ( $d_{design} = 8.3$  m) với hiệu số mớn nước dao động trong dải  $\pm 1.5$  m;

- Tại mớn nước bằng 75% mớn nước thiết kế ( $d = 0.75 d_{design}$ ) với hiệu số mớn nước dao động trong dải -1.0 m đến +2.0 m;

- Tại mớn nước bằng 50% mớn nước thiết kế ( $d = 0.5 d_{design}$ ) với hiệu số mớn nước dao động trong dải -0.5 m đến +3.0 m.

Các dải dao động về hiệu số môn nước ứng với từng môn nước khác nhau ở trên được xác định trên cơ sở khả năng khai thác thực tế có thể có của tàu.

**a) Ảnh hưởng của sự thay đổi diện tích mặt ướt đến sức cản tàu khi chạy ở các hiệu số môn nước khác nhau**

Ảnh hưởng của sự thay đổi diện tích mặt ướt đến sức cản tàu khi chạy ở các hiệu số môn nước khác nhau trên Series tàu hàng 12500 DWT ứng với 3 trạng thái tải trọng khác nhau được thể hiện trên Bảng 2.2. (với giả thiết hệ số sức cản tàu là không đổi).

**Bảng 2.2.** Ảnh hưởng của sự thay đổi diện tích mặt ướt đến sức cản tàu khi chạy ở các hiệu số môn nước khác nhau

Tại môn nước thiết kế $d_{\text{design}} = 8.3\text{m}$			
Hiệu số môn nước, m	-1,5	0	1,5
Diện tích mặt ướt: S, m <sup>2</sup>	3837	3857	3873
Sự thay đổi diện tích mặt ướt $\Delta S$ , %	+0.52	0.00	-0.41
% thay đổi sức cản tàu $\Delta R$	+0.52	0.00	-0.41
Tại môn nước $d = 0.75d_{\text{design}} = 6.15\text{m}$			
Hiệu số môn nước, m	-1.0	0	2.0
Diện tích mặt ướt: S, m <sup>2</sup>	3231	3239	3275
Sự thay đổi diện tích mặt ướt $\Delta S$ , %	+0.25	0.00	-1.11
% thay đổi sức cản tàu $\Delta R$	+0.25	0.00	-1.11
Tại môn nước $d = 0.5d_{\text{design}} = 4.10\text{m}$			
Hiệu số môn nước, m	-0.5	0	3.0
Diện tích mặt ướt: S, m <sup>2</sup>	2684	2681	2669
Sự thay đổi diện tích mặt ướt $\Delta S$ , %	-0.11	0.00	+0.45
% thay đổi sức cản tàu $\Delta R$	-0.11	0.00	+0.45

Từ kết quả thu được trên Bảng 2.2, ta thấy rằng sự thay đổi của diện tích mặt ướt do hiệu số môn nước gây ra ứng với mỗi trạng thái tải, dao động trong

dải từ -1.11% đến +0.52% ở tất cả 3 môn nước xem xét và sự thay đổi này phụ thuộc vào từng môn nước cụ thể của tàu. Ở đây, nếu bỏ qua sự thay đổi về hệ số lực cản tổng của tàu ở các hiệu số môn nước khác nhau, thì sự thay đổi về diện tích mặt ướt của tàu cũng chính bằng sự thay đổi về lực cản tàu (xem công thức 2.3). Nghĩa là ảnh hưởng của diện tích mặt ướt khi tàu chạy ở các hiệu số môn nước khác nhau đến sức cản tàu ở vào khoảng từ 1.11% đến +0.52%.

**b) Ảnh hưởng của hiệu số môn nước đến sự thay đổi đến sự thay hệ số lực cản thân tàu**

Đối với các tàu vận tải biển thông thường, hệ số sức cản tổng của tàu có thể chia ra thành các hệ số sức cản thành phần như sau [7]:

$$C_T = C_F + C_{VP} + C_W + C_A + C_{AP} + C_{AA} \quad (2.5)$$

Trong đó:  $C_F$  – là hệ số thành phần sức cản ma sát;  $C_{VP}$  – hệ số thành phần sức cản hình dáng;  $C_W$  – hệ số thành phần sức cản sóng;  $C_A$  – hệ số thành phần sức cản nhám;  $C_{AP}$  – hệ số thành phần sức cản phần nhô;  $C_{AA}$  – hệ số thành phần sức cản không khí.

*- Hệ số thành phần sức cản ma sát*

“Đối với tàu vận tải biển, hệ số thành phần lực cản ma sát là thành phần đóng vai trò chủ yếu. Nó chiếm tỷ trọng xấp xỉ 50-70% tổng hệ số lực cản tàu  $C_T$  khi tàu chạy ở tốc độ tương đối với số Froude dao động trong dải từ 0.19-0.25”[14]

Dựa trên công thức do Hiệp hội bể thử quốc tế ITTC-57 [7] đưa ra, Hệ số thành phần sức cản ma sát của tàu áp dụng cho bản phẳng được xác định theo công thức sau:

$$C_F = \frac{0,075}{(\log_{10} Re - 2)^2} \quad (2.5)$$

Trong đó,  $Re$  là số Reynolds được xác định theo công thức:

$$Re = \frac{V \cdot L_{WL}}{\nu} \quad (2.6)$$

Ở đây:  $L_{WL}$  - là chiều dài đường nước của tàu;  $V$ - là vận tốc tàu,  $\nu$  - là độ nhớt động học của chất lỏng (nước).

Trong công thức 2.6 ta thấy rằng, độ nhớt động học của chất lỏng (nước biển)  $\nu$  là đại lượng chỉ phụ thuộc vào nhiệt độ của nước. Như vậy, từ công thức 2.6 và 2.7 ta thấy rằng, với vận tốc tàu cho trước, hệ số sức cản ma sát của tàu sẽ là một hàm số phụ thuộc vào chiều dài đường nước của tàu.

Kết quả tính toán định lượng ảnh hưởng của hiệu số mớn nước đến sự thay đổi sức cản tàu do sự thay đổi chiều dài đường nước áp dụng đối với Serries tàu hàng 12500 DWT được trình bày trên Bảng 2.3. Ở đây sự thay đổi về chiều dài đường nước tại các hiệu số mớn nước khác nhau so với ở tư thế even keel được xác định theo biểu thức:

$$\Delta L_{WL}, \% = \frac{(L_{WL0} - L_{WLTrim})}{L_{WL0}} \cdot 100\% \quad (2.7)$$

ở đây:  $L_{WL0}$  - là diện tích chiều dài đường nước của tàu đo tại even keel;  $L_{WLtrim}$  - là chiều dài đường nước của tàu tại các hiệu số mớn nước khác nhau.

**Bảng 2.3.** Ảnh hưởng của hiệu số mớn nước đến sự thay đổi sức cản tàu do thay đổi thành phần sức cản ma sát

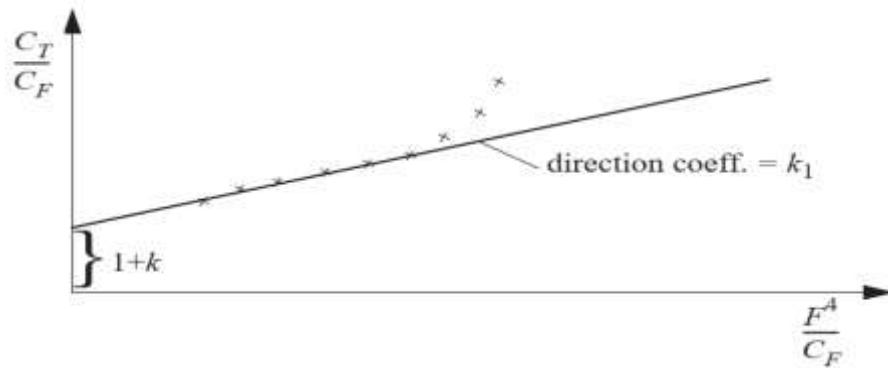
Tại mớn nước thiết kế $d_{design} = 8.3m$			
Hiệu số mớn nước, m	-1,5	0	1,5
Chiều dài đường nước: $L_{WL}$ , m	130.68	130.51	131.54
% thay đổi chiều dài đường nước $\Delta L_{WL}$ , %	-0.13	0.00	-0.79
% thay đổi hệ số sức cản ma sát $\Delta C_F$ , %	<b>0.02</b>	<b>0.00</b>	<b>0.10</b>
% thay đổi sức cản tàu $\Delta R$	<b>0.02</b>	<b>0.00</b>	<b>0.10</b>
Tại mớn nước $d = 0.75d_{design} = 6.15 m$			

<b>Hiệu số mớn nước, m</b>	<b>-1.0</b>	<b>0</b>	<b>2.0</b>
Chiều dài đường nước: $L_{WL}$ , m	128.13	130.99	134.17
% thay đổi chiều dài đường nước $\Delta L_{WL}$ , %	2.18	0.00	-2.43
% thay đổi hệ số sức cản ma sát $\Delta C_F$ , %	<b>-0.28</b>	<b>0.00</b>	<b>0.30</b>
% thay đổi sức cản tàu $\Delta R$	<b>-0.28</b>	<b>0.00</b>	<b>0.30</b>
Tại mớn nước $d = 0.5d_{design} = 4.10m$			
<b>Hiệu số mớn nước, m</b>	<b>-0.5</b>	<b>0</b>	<b>3.0</b>
Chiều dài đường nước: $L_{WL}$ , m	126.74	126.75	127.72
% thay đổi chiều dài đường nước $\Delta L_{WL}$ , %	0.01	0.00	-0.77
% thay đổi hệ số sức cản ma sát $\Delta C_F$ , %	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.1</b>
% thay đổi sức cản tàu $\Delta R$	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.1</b>

Từ kết quả thu được trên Bảng 2.3, ta thấy rằng sự thay đổi sức cản tàu do sự thay đổi thành phần hệ số sức cản ma sát khi tàu chạy ở các hiệu số mớn nước ở vào khoảng  $\pm 0.28\%$  đây cũng chính là % thay đổi sức cản tàu. Như vậy, có thể thấy rằng ảnh hưởng của hiệu số mớn nước đến hệ số sức cản ma sát của bản phẳng là không đáng kể.

*- Hệ số sức cản hình dáng*

“Hệ số thành phần lực cản hình dáng  $C_{VP}$  là hệ số tính đến sự khác nhau giữa lực cản vỏ tàu có hình dáng 3D và lực cản của bản phẳng tương đương. Trong thử mô hình tàu trong bể thử, để tính chuyển ra tàu thực sự khác nhau này được gọi là “form factor”. Hệ số Form factor được xác định bằng cách đo lực cản tàu khi cho nó chạy ở các tốc độ nhỏ bởi tại các tốc độ này thì thành phần lực cản sóng của tàu tiến đến 0 [24]. Dựa trên các giá trị lực cản thu được tại các giá trị vận tốc nhỏ, người sẽ sử dụng các phương pháp gần đúng của PROHASKA [24] để xác định Form factor. Hiện tại không có công thức giải tích để xác định hệ số này. Việc xác định hệ số này ở các hiệu số mớn nước khác nhau chỉ có thể được thực hiện bằng phương pháp thử mô hình trong bể thử hoặc bằng phương pháp số CFD.”[11]



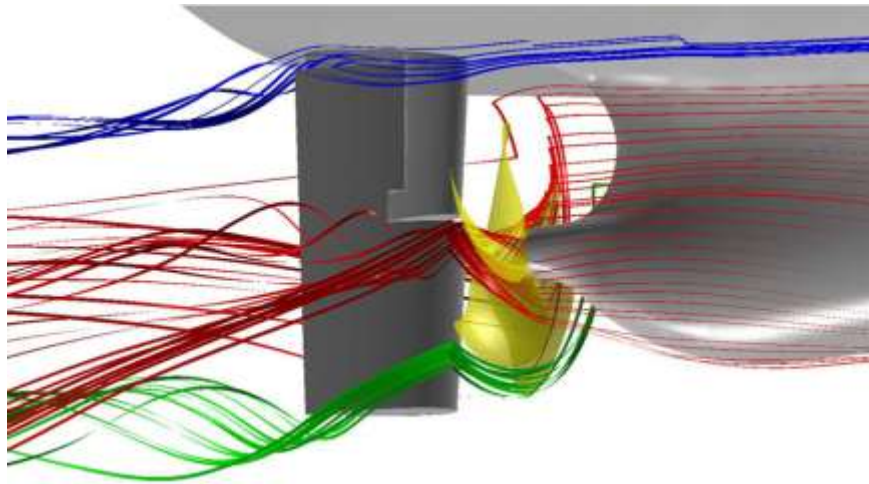
**Hình 2.3. Phương pháp Prohaska [26]**

- *Hệ số sức cản sóng*

Hệ số sức cản sóng của tàu phụ thuộc vào vận tốc tàu và đặc điểm hình dáng vỏ tàu, đặc biệt là hình dáng phần mũi và lái. Sự thay đổi hiệu số mớn nước của tàu sẽ có ảnh hưởng đáng kể đến hệ số sức cản sóng. Hiện chưa có bất kỳ công thức giải tích hay bán thực nghiệm nào có thể xác định hệ số sức cản sóng của tàu khi tàu vận hành ở các hiệu số mớn nước khác nhau. Việc xác định sự thay đổi hệ số sức cản sóng của tàu khi hoạt động ở các hiệu số mớn nước khác nhau chỉ có thể thực hiện thông qua thử nghiệm mô hình trong bể thử hoặc dựa trên phương pháp số CFD. [7].

- *Hệ số sức cản phần nhô*

Phần nhô của tàu là các bộ phận gồm: bánh lái, ky giảm chành... Hệ số này tương đối nhỏ, nó chiếm từ 3 đến 7% sức cản tàu [7]. Khi tàu chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau sẽ làm thay đổi dòng chảy bao quanh các phần nhô này từ đó dẫn đến sự thay đổi sức cản tàu. Đặc biệt nếu các phần nhô của tàu nằm gần mặt nước khi đó nó sẽ tương tác với bề mặt thoáng tự do và dẫn đến sự thay đổi đáng kể thành phần sức cản này ở các hiệu số mớn nước khác nhau. Hiện nay, chỉ có hai phương pháp để đánh giá sự biến đổi của hệ số sức cản khi tàu vận hành ở các hiệu số mớn nước khác nhau, đó là thực hiện thử nghiệm mô hình trong bể thí nghiệm hoặc sử dụng phương pháp số CFD. Vì không có công thức giải tích nào cho phép xác định sự biến đổi này.



**Hình 2.4. Sự thay đổi dòng chảy khí đi qua bánh lái của tàu**

- *Hệ số sức cản nhám và gió*

Hệ số sức cản kể đến độ nhám vỏ tàu liên quan đến độ nhám bề mặt vỏ tàu và chiều dài đường nước thiết kế. Độ nhám này có thể xác định bằng cách sử dụng công thức gần đúng của ITTC-57:

$$C_A = \left[ 105 \left( \frac{k_S}{L_{WL}} \right)^{1/3} - 0.64 \right] \cdot 10^{-3} \quad (2.8)$$

Trong đó:  $k_S$  – độ nhám bề mặt vỏ tàu, m;

$L_{WL}$  – chiều dài đường nước của tàu, m.

Trong quá trình khai thác tàu, do rong rêu hà bám, độ nhám bề mặt vỏ tàu sẽ tăng sẽ làm tăng sức cản tàu. Sức cản tàu có thể tăng lên từ 30 đến 40% nếu tàu bị hà bám lớn [3].

Mặc dù chiều dài đường nước của tàu thay đổi khi tàu hoạt động ở các hiệu số mớn nước khác nhau, độ nhám bề mặt vỏ tàu vẫn giữ nguyên. Sự biến đổi của chiều dài đường nước khi tàu hoạt động ở các độ chúi khác nhau chỉ rơi vào mức thấp hơn 2.5%. Điều này dẫn đến việc thay đổi phần tử của hệ số sức cản nhám chỉ nằm dưới một phần nghìn (tham khảo Bảng 2.4).



**Hình 2.5. Bề mặt vỏ tàu sau một thời gian khai thác**

**Bảng 2.4. Ảnh hưởng của hiệu số môn nước đến sự thay đổi sức cản tàu do thay đổi độ nhám vỏ tàu**

Tại môn nước thiết kế $d_{\text{design}} = 8.3 \text{ m}$			
<b>Hiệu số môn nước, m</b>	<b>-1,5</b>	<b>0</b>	<b>1,5</b>
Chiều dài đường nước: $L_{\text{WL}}$ , m	130.68	130.51	131.54
% thay đổi chiều dài đường nước $\Delta L_{\text{WL}}$ , %	-0.13	0.00	-0.79
% thay đổi hệ số sức cản nhám $\Delta C_A$ , %	$4,2 \cdot 10^{-5}$	<b>0</b>	$1,2 \cdot 10^{-4}$
% thay đổi sức cản tàu $\Delta R$	$4,2 \cdot 10^{-5}$	<b>0</b>	$1,2 \cdot 10^{-4}$
Tại môn nước $d = 0.75d_{\text{design}} = 6.15 \text{ m}$			
<b>Hiệu số môn nước, m</b>	<b>-1.0</b>	<b>0</b>	<b>2.0</b>
Chiều dài đường nước: $L_{\text{WL}}$ , m	128.13	130.99	134.17
% thay đổi chiều dài đường nước $\Delta L_{\text{WL}}$ , %	2.18	0.00	-2.43
% thay đổi hệ số sức cản nhám $\Delta C_A$ , %	$3,8 \cdot 10^{-4}$	<b>0.00</b>	$4,1 \cdot 10^{-4}$
% thay đổi sức cản tàu $\Delta R$	$3,8 \cdot 10^{-4}$	<b>0.00</b>	$4,1 \cdot 10^{-4}$
Tại môn nước $d = 0.5d_{\text{design}} = 4.10 \text{ m}$			
<b>Hiệu số môn nước, m</b>	<b>-0.5</b>	<b>0</b>	<b>3.0</b>
Chiều dài đường nước: $L_{\text{WL}}$ , m	126.74	126.75	127.72
% thay đổi chiều dài đường nước $\Delta L_{\text{WL}}$ , %	0.01	0.00	-0.77
% thay đổi hệ số sức cản nhám $\Delta C_A$ , %	$6,5 \cdot 10^{-6}$	<b>0.00</b>	$2,9 \cdot 10^{-5}$
% thay đổi sức cản tàu $\Delta R$	$6,5 \cdot 10^{-6}$	<b>0.00</b>	$2,9 \cdot 10^{-5}$



- *Hệ số sức cản không khí*

Hệ số sức cản không khí dựa trên diện tích bề mặt ướt  $S$  và diện tích phía trên mặt nước của tàu. Ta có thể xác định hệ số này thông qua công thức gần đúng theo ITTC-57:

$$C_{AA} = 0.001 \frac{A_T}{S} \quad (2.9)$$

Trong đó:  $S$ : là diện tích mặt ướt,  $A_T$  – diện tích hình chiếu ngang của tàu phía trên đường nước.

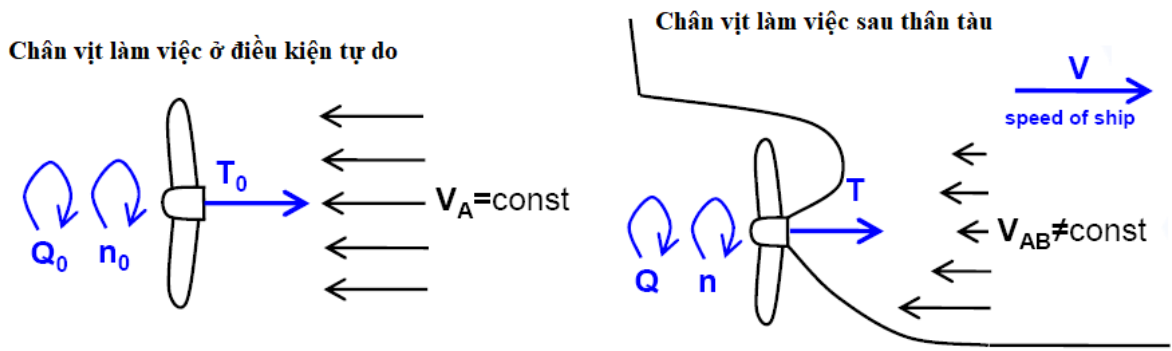
Khi tàu hoạt động ở các hiệu số mớn nước khác nhau với lượng chiếm nước không thay đổi, sự thay đổi diện tích mặt ướt của tàu rất nhỏ (chỉ lớn nhất là 0.45% theo bảng 2.1). Diện tích hình chiếu ngang của tàu nằm trên mặt nước được xem là không thay đổi. Từ công thức (2.11), ta có thể thấy sự thay đổi hệ số sức cản không khí của tàu khi hoạt động ở các hiệu số mớn nước khác nhau cũng rất nhỏ và có thể không cần xem xét.

**2.1.2.2. Ảnh hưởng của hiệu số mớn nước đến sự thay đổi hiệu suất của chân vịt sau vỏ tàu**

Hiệu suất của chân vịt sau vỏ tàu được cấu thành bởi các thành phần sau [7, 27]:

$$\eta_T = \eta_H \cdot \eta_0 \cdot \eta_R \quad (2.10)$$

Trong đó:  $\eta_T$  là hiệu suất của chân vịt sau vỏ tàu;  $\eta_H$  là hiệu suất của vỏ tàu;  $\eta_0$  là hiệu suất của chân vịt khi làm việc ở điều kiện tự do (open water condition);  $\eta_R$  là hệ số kể đến ảnh hưởng của dòng theo không đều đến mô men thủy động của chân vịt.



**Hình 2.6. Minh họa dòng đến chân vịt khi làm việc ở điều kiện tự do và làm việc sau vỏ tàu**

**- Hiệu suất vỏ tàu**

Hiệu suất vỏ tàu  $\eta_H$  được xác định theo công thức sau [7, 27]:

$$\eta_H = \frac{1-t}{1-w} \quad (2.11)$$

Trong đó:  $t$  – là hệ số lực hút,  $w$  – là hệ số dòng theo.

Hệ số lực hút và hệ số lực đẩy được xác định theo công thức (2.12) và (2.13):

$$t = \frac{T - R_T}{T} \quad (2.12)$$

$$w = 1 - \frac{V_A}{V} \quad (2.13)$$

ở đây:  $T$  – là lực đẩy của chân vịt sau vỏ tàu,  $R_T$  là sức cản toàn bộ của tàu;  $V_A$  – là vận tốc dòng chảy đến chân vịt;  $V$  – là tốc độ tàu.

**- Hệ số kể đến ảnh hưởng của dòng theo không đều đến mô men thủy động của chân vịt**

Hệ số kể đến ảnh hưởng của dòng theo không đều đến mô men thủy động của chân vịt được xác định theo biểu thức:

$$\eta_R = \frac{K_Q}{K_{Q_{ship}}} \quad (2.14)$$

Trong đó:  $K_Q$  - là hệ số mô men của chân vịt khi làm việc ở chế độ tự do (open water condition);  $K_{Q_{ship}}$  - là hệ số mô men của chân vịt khi làm việc sau vỏ tàu.

Hiện tại không có các công thức giải tích để xác định các đại lượng trong các công thức (2.13), (2.14) và (2.15). Việc xác định các đại lượng này chỉ có thể thực hiện được thông qua việc thử mô hình tàu hoặc tính toán bằng phương pháp số CFD.

- ***Hiệu suất của chân vịt làm việc trong điều kiện tự do***

Hiệu suất của chân vịt làm việc trong điều kiện tự do được xác định theo công thức [7]:

$$\eta_0 = \frac{J}{2\pi} \frac{K_T}{K_Q} \quad (2.15)$$

ở đây:  $K_T$ ,  $K_Q$  lần lượt là hệ số lực đẩy và hệ số mô men của chân vịt;  $J$  – là bước tiến tương đối của chân vịt. Các hệ số này được xác định theo các công thức (2.17), (2.18) và (2.19) như sau:

$$K_T = \frac{T}{\rho n^2 D^4} \quad (2.16)$$

$$K_Q = \frac{Q}{\rho n^2 D^5} \quad (2.17)$$

$$J = \frac{V_A}{nD} \quad (2.18)$$

Trong đó:  $T$ ,  $Q$  – lần lượt là lực đẩy và mô men của chân vịt;  $n$  – là số vòng quay của chân vịt;  $\rho$  – là khối lượng riêng của nước;  $V_A$  – vận tốc dòng chảy đến chân vịt;  $D$  – là đường kính chân vịt.

Như vậy để xác định được hiệu suất của chân vịt làm việc trong điều kiện tự do, ta cần phải xác định được lực đẩy và mô men của chân vịt tại các vòng quay và tốc độ dòng chảy đến chân vịt. Hiện tại để xác định được hai đại lượng

này thì ta cần phải tiến hành thử nghiệm trong bể thử hoặc tính toán bằng phương pháp số CFD.

## 2.2. Cơ sở lý thuyết phương pháp số CFD

“Mô phỏng số CFD (computational fluid dynamic) là một nhánh của cơ học chất lưu, sử dụng phương pháp số để giải các bài toán liên quan đến chuyển động của dòng chảy cũng như tương tác giữa dòng chảy với vật thể (tàu).”[21]

Trong phương pháp số CFD có một số cách tiếp cận trong việc tính toán các bài toán thủy động lực học gồm: Phương pháp dòng chảy thể, phương pháp số Reynold trung bình RANSE (Averaged Navier-Stokes Equations); phương pháp LES (Large Eddy Simulation). Ở thời điểm hiện tại, phương pháp RANSE vẫn là phương pháp được áp dụng phổ biến nhất trong tính toán thủy động lực học tàu thủy dưới góc độ độ tin cậy của kết quả tính toán và thời gian tính toán. Chính vì vậy tất cả các nghiên cứu về tối ưu hóa hiệu số mớn được đều sử dụng phương pháp này trong nghiên cứu [14, 21, 36]. Dưới đây, NCS sẽ trình bày về cơ sở lý thuyết của phương pháp RANSE.

### 2.2.1. Hệ phương trình Navier-Stokes

Hệ phương trình liên tục và động lượng của phần tử chất lỏng không nén được chuyển động trong hệ tọa độ Descartes ba chiều dưới dạng chỉ số được viết như sau [5]:

$$\frac{\partial(\rho\bar{u}_i)}{\partial x_i} = 0 \quad (2.19)$$

$$\frac{\partial(\rho\bar{u}_i)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_j}(\rho\bar{u}_i\bar{u}_j + \rho\overline{u'_i u'_j}) = -\frac{\partial\bar{p}}{\partial x_i} + \frac{\partial\bar{\tau}_{ij}}{\partial x_j} \quad (2.20)$$

Trong đó:  $\bar{u}_i$  - là vector vận tốc trong hệ tọa độ Descartes theo 3 phương x, y, z;  $x_i$  - là vị trí; t - là thời gian;  $\rho\overline{u'_i u'_j}$  là ứng suất rối Reynolds;  $\bar{p}$  - là áp suất trung bình;  $\rho$  là khối lượng riêng của chất lỏng  $\bar{\tau}_{ij}$  là ứng suất nhớt trung bình, được xác định theo biểu thức (2.3).

$$\bar{\tau}_{ij} = \mu \left( \frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} + \frac{\partial \bar{u}_j}{\partial x_i} \right) \quad (2.21)$$

Trong đó  $\mu$  – là độ nhớt động học của chất lỏng.

Hai phương trình (2.20) và (2.21) kết hợp thành hệ phương trình RANSE mô phỏng chuyển động rối của phần tử chất lỏng không nén được phụ thuộc cả không gian và thời gian. Để giải phương trình trên, ta cần phải sử dụng mô hình dòng chảy rối.

Hiện tại vẫn chưa có mô hình rối chung áp dụng cho việc giải quyết tất cả các bài toán thủy động lực học [17]. Ở đây, trong luận án này sẽ sử dụng mô hình dòng rối SST K-  $\omega$  bởi việc sử dụng mô hình dòng rối này cho kết quả tương đối chính xác (80% các tính toán thủy động lực học tàu thủy trên hội nghị quốc tế về CFD được tổ chức ở Gothenburg là sử dụng mô hình dòng rối này [44]).

### 2.2.2. Mô hình dòng rối SST K- $\omega$

Mô hình dòng rối SST K-  $\omega$  là mô hình dòng rối hai phương trình với việc giải phương trình vận chuyển đối với năng lượng động năng rối k và tỷ lệ suy giảm  $\omega$  để xác định độ rối nhớt  $\mu_t$  được xác định qua biểu thức [34]:

$$\mu_t = \rho k T \quad (2.22)$$

ở đây: T là tỷ lệ thời gian rối (turbulent time scale), được xác định theo công thức (2.5):

$$T = \min \left( \frac{a^*}{\omega}, \frac{a_1}{SF_2} \right) \quad (2.23)$$

Trong đó:  $a^*$ ,  $a_1$  - là các hệ số mô hình,  $F_2$  là hàm hỗn hợp; S là tỷ lệ biến dạng trung bình.

Các phương trình vận chuyển đối với năng lượng động năng k và tỷ lệ suy giảm  $\omega$  được xác định định theo biểu thức sau:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho k) + \nabla \cdot (\rho k \bar{v}) = \nabla \cdot [(\mu + \sigma_k \mu_t) \nabla k] + P_k - \rho \beta^* f_{\beta^*} (k \omega - k_0 \omega_0) + S_k \quad (2.24)$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho \omega) + \nabla \cdot (\rho \omega \bar{v}) = \nabla \cdot [(\mu + \sigma_\omega \mu_t) \nabla \omega] + P_\omega - \rho \beta f_\beta (\omega^2 - \omega_0^2) + S_\omega \quad (2.25)$$

ở đây:  $\sigma_\omega$  là hệ số mô hình;  $P_k$  và  $P_\omega$  là số hạng sản phẩm,  $f_{\beta^*}, f_\beta$  là các thông số ứng suất kéo tự do và xoáy kéo dài,  $S_\omega$  là số hạng nguồn lý thuyết,  $k_0$  và  $\omega_0$  là giá trị dòng rối bao quanh tại nguồn.

Các số hạng sản phẩm  $P_k$  và  $P_\omega$  được xác định qua phương trình sau:

$$\rho \gamma \left[ \left( S^2 - \frac{2}{3} (\nabla \cdot \bar{v})^2 \right) - \frac{2}{3} \omega \nabla \cdot \bar{v} \right] \quad (2.26)$$

ở đây  $\alpha, \alpha^*$  và  $\gamma$  là các hệ số mô hình.

### 2.2.3. Cơ sở lý thuyết trong kiểm tra đánh giá kết quả mô phỏng

Trong quá trình mô phỏng CFD, rất nhiều thông số thiết lập tác động đến kết quả tính toán. Đầu tiên, kích thước không gian tính toán, một yếu tố quan trọng, có thể ảnh hưởng đến độ chính xác của mô phỏng. Tiếp theo, mô hình vật lý được chọn cũng quyết định cách mô phỏng tương tác giữa các yếu tố trong mô phỏng. Điều kiện biên, loại lưới, cách chia lưới, mật độ lưới và các thiết lập ban đầu cũng đều góp phần quan trọng trong kết quả cuối cùng.

Bên cạnh đó, bước thời gian cũng là một yếu tố không thể bỏ qua. Nó quyết định tốc độ và độ chi tiết của mô phỏng. Vì tất cả những yếu tố trên, để đảm bảo độ tin cậy của kết quả tính toán CFD, người thực hiện cần thực hiện kiểm tra (Verification) và xác nhận (Validation) kết quả theo các chỉ dẫn của Hiệp hội bể thử quốc tế ITTC.

Bằng cách tuân thủ các hướng dẫn này, người thực hiện có thể đảm bảo rằng kết quả của mình cung cấp mức độ độ tin cậy cần thiết, đặc biệt khi mô phỏng CFD được sử dụng trong các ứng dụng quan trọng như thiết kế tàu biển tiết kiệm năng lượng [18].

Theo hướng dẫn của ITTC [18] đối với quá trình kiểm tra và xác nhận kết quả mô phỏng bằng CFD, sai số trong mô phỏng  $\delta_s$  được định nghĩa là sự khác nhau giữa giá trị thực tế  $T$  và giá trị mô phỏng  $S$ . Sai số trong mô phỏng gồm hai thành phần: tập hợp các sai số do mô hình hóa  $\delta_{SM}$  và tập hợp các sai số do số hóa  $\delta_{SN}$ . Sai số do mô hình hóa là các sai số do các giả định toán học (mathematical assumption) và việc xấp xỉ hóa các vấn đề vật lý (thông số hình học, các phương trình toán học, các điều kiện biên, tương tác giữa nước và không khí, mô hình dòng rối) và sự kết hợp của các số liệu trước (các tính chất của chất lỏng) trong mô hình. Sai số do số hóa là các sai số do việc rời rạc hóa, các phép lặp và sự hội tụ của lưới...

$$E = \delta_s = S - T = \delta_{SM} + \delta_{SN} \quad (2.27)$$

Tính không chắc chắn (uncertainty) trong mô phỏng được xác định theo công thức:

$$U_s^2 = U_{SM}^2 + U_{SN}^2 \quad (2.28)$$

Trong đó  $U_s$  - là tính không chắc chắn trong mô phỏng;  $U_{SM}$  và  $U_{SN}$  tương ứng là tính không chắc chắn trong mô phỏng do việc mô hình hóa và số hóa gây ra.

Giá trị của  $U_{SN}$  được xác định bằng quá trình kiểm tra nghiệm thu được.

Các sai số do việc thiết lập các thông số đầu vào gồm: số vòng lặp  $\delta_I$ , kích thước lưới  $\delta_G$ , bước thời gian  $\delta_T$  và các tham số khác, chúng được biểu diễn bởi phương trình (2.30) và (2.31) biểu diễn tính không chắc chắn trong mô phỏng.

$$\delta_{SN} = \delta_I + \delta_G + \delta_T + \delta_p \quad (2.29)$$

$$U_{SN} = U_I + U_G + U_T + U_p \quad (2.30)$$

Tính không chắc chắn trong mô phỏng do việc mô hình hóa gây ra  $U_{SM}$  và sai số do việc mô hình hóa nằm trong thuật giải của phần mềm mô phỏng CFD.

Do vậy hai thành phần này không được xét đến trong quá trình kiểm tra kết quả mô phỏng.

### - Quy trình kiểm tra

Quá trình kiểm tra đối với các tham số đầu vào (ví dụ kích thước lưới và bước thời gian) được tiến hành với việc sử dụng cách tiếp cận đa nghiệm ( $m$ ). Để làm được điều này, chúng ta cần sử dụng tối thiểu 3 nghiệm ( $m=3$ ) được tinh chỉnh đồng nhất với mức tăng dần  $\Delta x_k$ , trong đó hệ số tỷ lệ làm mịn được xác định theo biểu thức:

$$r_i = \Delta x_{k_m} / \Delta x_{k_{m-1}} \quad (2.31)$$

Theo khuyến nghị của ITTC [18] hệ số tỷ lệ làm mịn có giá trị là  $\sqrt{2}$  hoặc 2. Tiếp đến tỷ lệ hội tụ ( $R_k$ ) được định nghĩa để cung cấp các thông tin về sự hội tụ hoặc phân kỳ của nghiệm theo biểu thức:

$$R_k = \frac{\varepsilon_{i,21}}{\varepsilon_{i,32}} \quad (2.32)$$

Trong công thức (2.33),  $\varepsilon_{i,21}$  và  $\varepsilon_{i,31}$  là sự khác nhau về kết quả mô phỏng với việc sử dụng tham số đầu vào là mịn, trung và mảnh.  $\varepsilon_{i,21} = S_{i,2} - S_{i,1}$  là sự khác nhau giữa kết quả khi sử dụng tham số đầu vào là mịn (lưới mịn) và trung (lưới cỡ trung).  $\varepsilon_{i,32} = S_{i,3} - S_{i,2}$  là sự khác nhau giữa kết quả khi sử dụng tham số đầu vào là trung (lưới lưới cỡ trung) và mảnh (lưới mảnh).

Tùy thuộc vào dấu và biên độ của  $R_k$ , sẽ có 3 trường hợp xảy ra gồm:

- Hội tụ đơn điệu  $0 < R_k < 1$ ;
- Hội tụ phân kỳ  $R_k < 0$ ;
- Không hội tụ  $R_k > 1$ .

Đối với hội tụ phân kỳ, tính không chắc chắn của nghiệm được xác định qua biểu thức:

$$U_i = \frac{1}{2}(S_U + S_L) \quad (2.33)$$



Trong đó:  $S_U$  là giá trị lớn nhất của sự phân kỳ;

$S_L$  là giá trị nhỏ nhất của sự phân kỳ.

Đối với trường hợp không hội tụ, sai số và tính không chắc chắn của nghiệm sẽ không thể xác định được.

Đối với trường hợp hội tụ đơn điệu, việc ngoại suy theo Richardson sẽ được sử dụng để xác định tính mức độ chính xác  $p_i$ , sai số  $\delta_{RE}$  và thông số hiệu chỉnh  $C_i$  theo các công thức sau:

$$p_i = \frac{\ln(\varepsilon_{i,32} / \varepsilon_{i,21})}{\ln(r_i)} \quad (2.34)$$

$$\delta_{RE_{i,1}} = \frac{\varepsilon_{i,21}}{r_i^{p_i} - 1} \quad (2.35)$$

$$C_i = \frac{r_i^{p_i} - 1}{r_i^{p_{iest}} - 1} \quad (2.36)$$

ở đây  $p_{iest}$  là mức độ chính xác giới hạn có giá trị là 2 [12].

Tính không chắc chắn trong mô phỏng theo cách tiếp cận đúng ( $U_{ic}$ ) và sai ( $U_i$ ) được xác định như sau:

$$U_i = \begin{cases} [9.6(1 - C_i)^2 + 1.1] |\delta_{RE_{i,1}}|, & |1 - C_i| < 0.125 \\ [2|1 - C_i| + 1] |\delta_{RE_{i,1}}|, & |1 - C_i| \geq 0.125 \end{cases} \quad (2.37)$$

$$U_{ic} = \begin{cases} [2.4(1 - C_i)^2 + 0.1] |\delta_{RE_{i,1}}|, & |1 - C_i| < 0.25 \\ [|1 - C_i|] |\delta_{RE_{i,1}}|, & |1 - C_i| \geq 0.25 \end{cases} \quad (2.38)$$

#### - Quy trình xác nhận

Tổng của tính không chắc chắn trong mô phỏng theo cách tiếp cận đúng và sai được xác định dựa trên biểu thức:

$$U_V^2 = U_D^2 + U_{SN}^2 \quad (2.39)$$

$$U_{SN}^2 = U_G^2 + U_T^2 + U_I^2 + U_P^2 \quad (2.40)$$

ở đây:  $U_D$  – là tính không chắc chắn của kết quả thực nghiệm (thông thường giá trị này bằng 0);  $U_G$  – tính không chắc chắn của lưới;  $U_T$  – tính không chắc chắn của bước thời gian;  $U_I$  – tính không chắc chắn của vòng lặp;  $U_P$  – tính không chắc chắn của các yếu tố khác.

Sau khi có được các kết quả tính toán tính không chắc chắn của kết quả mô phỏng thu được, người ta sẽ đi tiến hành xác nhận kết quả mô phỏng (kết quả mô phỏng đạt được đầy đủ độ tin cậy) bằng việc so sánh tính không chắc chắn UV với sai số  $|E|$  và yêu cầu về mức độ không chắc chắn của kết quả mô phỏng.

Khi đó sẽ có 6 khả năng sau ra như sau:

1.  $|E| < U_V < U_{reqd}$
2.  $|E| < U_{reqd} < U_V$
3.  $U_{reqd} < |E| < U_V$
4.  $U_V < |E| < U_{reqd}$
5.  $U_V < U_{reqd} < |E|$
6.  $U_{reqd} < U_V < |E|$

Trường hợp 1, 2 và 3  $|E| < U_V$  ứng với trường hợp quá trình xác nhận là đạt được ở mức UV; Trường hợp 4,5 và 6  $U_V < |E|$  ứng với trường hợp quá trình xác nhận là không đạt.

### 2.3. Phương pháp mô phỏng chân vịt sau vỏ tàu

Để mô phỏng chân vịt làm việc sau vỏ tàu bằng phương pháp RANSE hiện có hai phương pháp gồm:

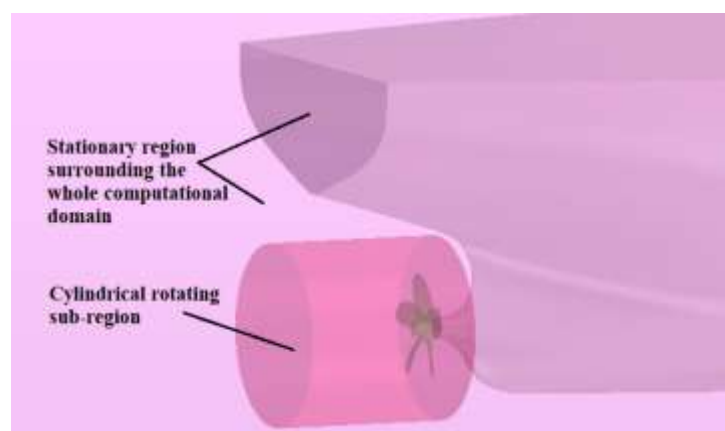
- Mô phỏng trực tiếp dựa trên chân vịt thực [29, 37, 45] (xem Hình 2.7).
- Mô phỏng gián tiếp bằng phương pháp lực khối với chân vịt được thay thế bằng đĩa ảo [25, 42, 43] (xem Hình 2.8).

**Đối với phương pháp mô phỏng trực tiếp.** Phương pháp mô phỏng này dựa trên chân vịt thực. Đây là một phương pháp tương tự như việc tiến hành các thí nghiệm trong một môi trường kiểm soát như bể thử, hoặc tiến hành thử nghiệm thực tế ngoài biển. Khi sử dụng phương pháp mô phỏng trực tiếp này, có một yêu cầu quan trọng là phải chia miền chất lỏng cần tính toán thành hai phần riêng biệt.

Phần đầu tiên là miền chất lỏng tĩnh, bao quanh toàn bộ miền cần tính toán. Miền này bao gồm tàu và chân vịt. Phần thứ hai là miền chất lỏng quay, đặt ngay bên trong miền chất lỏng tĩnh và bao quanh chân vịt. Điều quan trọng là cả hai miền chất lỏng này phải có sự liên kết với nhau.

Trong quá trình mô phỏng, lưới trượt được áp dụng nhằm mô phỏng chuyển động quay của chân vịt sau phần vỏ tàu. Một trong những ưu điểm của phương pháp mô phỏng trực tiếp là nó mang lại kết quả rất đáng tin cậy, so sánh với kết quả thu được từ các thí nghiệm thực tế. Thêm vào đó, việc sử dụng phương pháp này còn có thể cung cấp cho người dùng hình ảnh chi tiết về dòng chảy xung quanh chân vịt.

Tuy nhiên, mặc dù có nhiều ưu điểm, phương pháp mô phỏng trực tiếp này cũng có nhược điểm của riêng mình, đó là thời gian tính toán tăng lên đáng kể. Điều này có thể tạo ra một số khó khăn với việc áp dụng phương pháp này trong một số tình huống cụ thể.



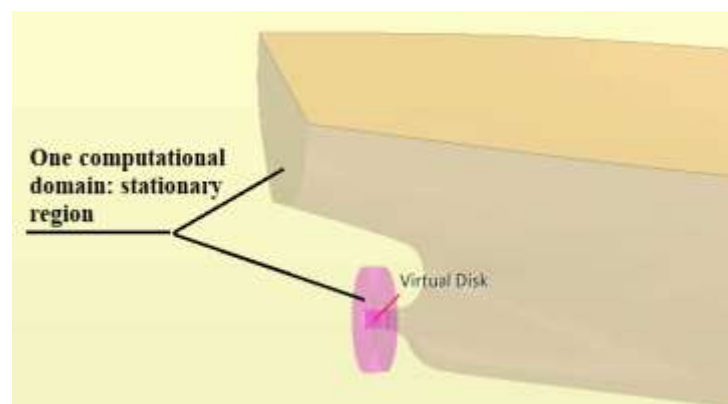
**Hình 2.7. Phương pháp mô phỏng trực tiếp dựa trên chân vịt thực**

**Đối với Phương pháp mô phỏng gián tiếp.** Phương pháp mô phỏng gián tiếp được sử dụng trong nghiên cứu này là một phương pháp mô phỏng sử dụng lực khối để thay thế chân vịt thực tế đang hoạt động phía sau vỏ tàu bằng một đĩa ảo. Lợi ích đáng kể của việc sử dụng phương pháp này là không cần thiết phải xây dựng mô hình 3D của chân vịt, tiết kiệm được thời gian và công sức. Hơn nữa, nó cũng cho phép thu được kết quả mô phỏng nhanh hơn rất nhiều so với phương pháp mô phỏng trực tiếp, giúp tăng hiệu suất công việc.

Tuy nhiên, cũng như bất kỳ phương pháp nào, phương pháp mô phỏng gián tiếp cũng có nhược điểm của nó. Cụ thể là nó không thể cung cấp thông tin chi tiết và chính xác về dòng chảy bao quanh chân vịt sau vỏ tàu. Điều này rất quan trọng trong quá trình thiết kế tàu, khi mà việc tối ưu hóa tương tác giữa chân vịt và vỏ tàu có thể mang lại nhiều lợi ích.

Tuy nhiên, nếu nhìn từ góc độ của người khai thác tàu, việc quan sát dòng chảy bao quanh vỏ tàu không thực sự quan trọng bằng độ tin cậy của kết quả tính toán và thời gian tính toán. Điều này có nghĩa là người điều hành tàu thường coi trọng việc có kết quả tính toán nhanh và chính xác hơn là việc nắm bắt được tất cả chi tiết của dòng chảy xung quanh vỏ tàu.

Chính vì vậy, trong nghiên cứu này, phương pháp mô phỏng gián tiếp được sử dụng. Mục tiêu chính là khám phá và nghiên cứu sâu hơn về tương tác giữa chân vịt và vỏ tàu, đồng thời tìm kiếm cách tối ưu hóa tương tác này.



**Hình 2.8. Phương pháp mô phỏng gián tiếp dựa trên phương pháp lực khối**

## 2.4. Cơ sở lý thuyết phương pháp mô phỏng gián tiếp

Để mô phỏng chân vịt làm việc sau vỏ tàu bằng phương pháp pháp lực khối, chân vịt sẽ được thay thế bằng ổ đĩa ảo, ở đây lực khối sẽ được tạo ra trên đĩa ảo, lực này sẽ thay đổi theo hướng xuyên tâm (radial direction).

Sự phân bố xuyên tâm các thành phần lực theo phương dọc trục và phương tiếp tuyến được xác định như sau [35]:

$$f_{bx} = A_x r^* \sqrt{1 - r^*} \quad (2.41)$$

$$f_{b\theta} = A_\theta \times \frac{r^* \sqrt{1 - r^*}}{r^* (1 - r'_h) + r'_h} \quad (2.42)$$

$$r^* = \frac{r' - r'_h}{1 - r'_h} \quad (2.43)$$

$$r'_h = \frac{R_H}{R_P} \text{ and } r' = \frac{r}{R_P} \quad (2.44)$$

ở đây:  $f_{bx}$  là lực khối thành phần theo phương dọc trục;  $f_{b\theta}$  là lực khối thành phần theo phương tiếp tuyến;  $r$  là tọa độ xuyên tâm  $R_H$  là bán kính của củ chân vịt;  $R_P$  is là bán kính của chân vịt.

Các hằng số  $A_x$  và  $A_\theta$  được xác định qua biểu thức sau:

$$A_x = \frac{105}{8} \cdot \frac{T}{\pi \Delta (3R_H + 4R_P)(R_P - R_H)} \quad (2.45)$$

$$A_\theta = \frac{105}{8} \cdot \frac{Q}{\pi \Delta R_P (3R_H + 4R_P)(R_P - R_H)} \quad (2.46)$$

Ở đây:  $T$  là lực đẩy,  $Q$  là mô men;  $\Delta$  là chiều dày của đĩa ảo.

Để sử dụng đĩa ảo thay thế cho chân vịt thực, chúng ta cần phải xác định được các yếu tố sau:

- Cần xác định được vị trí và chiều quay của đĩa ảo (chính là vị trí của chiều quay của chân vịt thực sau vỏ tàu);

- Cần có được các thông số thủy động của chân vịt làm việc trong điều kiện tự do gồm: hệ số lực đẩy  $K_T$ , hệ số mô men  $K_Q$ , hiệu suất chân vịt  $\eta_0$  dưới dạng hàm số phụ thuộc vào bước tiến tương đối  $J$ .
- Vận tốc quay của đĩa ảo (chính là giá trị vận tốc quay của chân vịt).

## 2.5. Kết luận chương 2

Trên cơ sở nghiên cứu cơ sở lý thuyết, Chương 2 này đã đạt được các kết quả sau đây:

- Hệ thống hóa cơ sở phương pháp luận trong nghiên cứu ảnh hưởng của hiệu số môn nước đến sự thay đổi công suất máy và cuối cùng là suất tiêu hao nhiên liệu trên tàu.

- Phân tích, lựa chọn được phương pháp tính toán ảnh hưởng của hiệu số môn nước đến sự thay đổi các thông số thủy động của tàu (gồm sức cản và hiệu suất của chân vịt).

- Hệ thống hóa cơ sở lý thuyết trong mô phỏng tính toán các thông số thủy động của tàu bằng phương pháp số CFD.

- Hệ thống hóa cơ sở lý thuyết của phương pháp kiểm tra và xác nhận kết quả tính toán bằng CFD.

- Phân tích, lựa chọn được phương pháp mô phỏng chân vịt sau vỏ tàu phục vụ cho bài toán xác định hiệu số môn nước tối ưu cho tàu.

### CHƯƠNG 3. XÂY DỰNG MÔ HÌNH BÀI TOÁN VÀ MÔ PHỎNG TÍNH TOÁN ẢNH HƯỞNG CỦA HIỆU SỐ MÓN NƯỚC ĐẾN SỰ THAY ĐỔI CÔNG SUẤT MÁY CHÍNH

#### 3.1. Xây dựng mô hình bài toán tính toán ảnh hưởng của hiệu số món nước đến sự thay đổi công suất máy chính

Như đã trình bày ở Chương 2 phần cơ sở lý thuyết. Khi tàu chạy ở các hiệu số món nước khác nhau tại cùng một món nước trung bình và tốc độ sẽ dẫn đến sự thay đổi không những về sức cản tàu mà còn dẫn đến cả sự thay đổi về hiệu suất của chân vịt sau vỏ tàu. Chính vì vậy, để đánh giá được đầy đủ ảnh hưởng của hiệu số món nước đến sự thay đổi công suất máy của tàu, ta cần phải tính toán được sự thay đổi sức cản tàu cũng như hiệu suất của chân vịt sau vỏ tàu khi thay đổi hiệu số món nước. Nghĩa là cần phải thực hiện bài toán mô phỏng tự đẩy cho tàu (self-propulsion) hay mô phỏng chân vịt làm việc sau vỏ tàu ở các hiệu số món nước khác nhau. Để thực hiện mô phỏng này, như đã phân tích ở chuyên đề 1, nghiên cứu sinh sử dụng phương pháp mô phỏng gián tiếp (chân vịt được thay thế bằng ổ đĩa ảo). Theo phương pháp này, ta cần phải thực hiện 2 bước mô phỏng:

**Bước 1.** Mô phỏng chân vịt hoạt động trong nước tự do để xác định các thông số thủy động của chân vịt làm việc trong điều kiện tự do gồm: hệ số lực đẩy  $K_T$ , hệ số mô men  $K_Q$ , hiệu suất chân vịt  $\eta_0$  dưới dạng hàm số phụ thuộc vào bước tiến tương đối  $J$ . Đây là các thông số đầu vào trong mô phỏng chân vịt sau vỏ tàu bằng phương pháp mô phỏng gián tiếp.

**Bước 2.** Mô phỏng, tính toán sự thay đổi công suất máy của tàu khi tàu chạy ở các hiệu số món nước khác nhau.

Sơ đồ khối mô hình bài toán tính toán ảnh hưởng của hiệu số món nước đến sự thay đổi công suất máy chính được trình bày trên Hình 3.1, bao gồm 4 mục với nội dung chi tiết ở các mục như sau:



**Hình 3.1. Sơ đồ khối mô hình bài toán tính toán ảnh hưởng của hiệu số mớn nước đến sự thay đổi công suất máy chính**

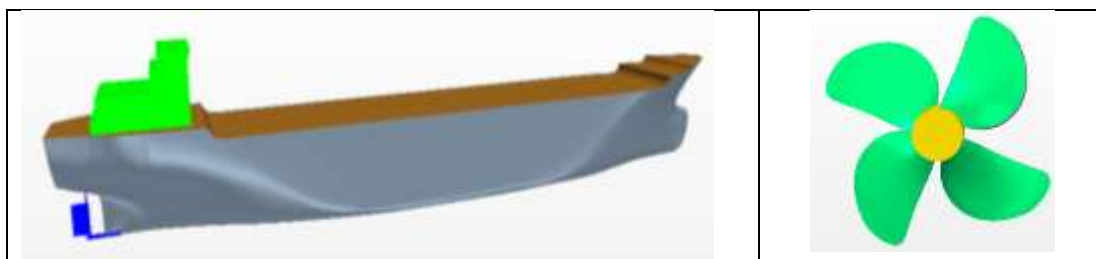


### 3.1.1. Các dữ liệu đầu vào

Các dữ liệu đầu vào trong mô hình bài toán tính toán ảnh hưởng của hiệu số món nước đến sự thay đổi công suất máy chính gồm:

+ Hồ sơ tàu với các thông số kỹ thuật của tàu gồm dải tốc độ khai thác của tàu; các trạng thái tải mà tàu thường xuyên khai thác. Các thông số này là thông số đầu vào phục vụ cho việc lựa chọn số lượng các phương án cần tính để sao cho sát với điều kiện khai thác thực tế của tàu.

+ Bản vẽ tuyến hình tàu và bản vẽ chân vịt. Hai bản vẽ này phục vụ cho việc xây dựng mô hình 3D cho tàu và chân vịt (xem Hình 3.2) để đưa vào trong chương trình tính toán. Trong trường hợp không có các bản vẽ trên thì có thể sử dụng phương pháp quét 3D tàu và chân vịt để dựng lại mô hình tàu và chân vịt. Việc xây dựng mô hình 3D cho tàu và chân vịt với độ chính xác cao là hết sức quan trọng bởi nó sẽ ảnh hưởng đến kết quả mô phỏng tính toán.



**Hình 3.2. Mô hình 3D của tàu và chân vịt được xây dựng dựa trên hồ sơ bản vẽ tuyến hình và chân vịt của series tàu 12500 DWT**

+ Các thông số của môi trường tàu khai thác gồm: tỷ trọng của nước và không khí, độ nhớt động học của nước và không khí (được lấy theo vùng hoạt động của tàu).

### 3.1.2. Thiết lập các trường hợp tính

Dựa vào điều kiện khai thác thực tế của tàu ở phần dữ liệu đầu vào, ở bước này ta sẽ đi tiến hành thiết lập các trường hợp tính toán bao gồm lựa chọn dải hiệu số món nước tính toán ứng với từng món nước trung bình và tốc độ khai thác ở từng món nước, từ đó thiết lập được ma trận các phương án tính “Món nước – Tốc độ - Hiệu số món nước” sau: “ $a_i - b_j - c_k$ ”. Trong đó  $a$  – là món nước trung bình của tàu,  $b$  – là tốc độ,  $c$  – là hiệu số món nước của tàu. Các chỉ

số  $i, j, k$  – lần lượt là số lượng các món nước, tốc độ và hiệu số mướn nước sẽ triển khai tính toán.

### ***3.1.3. Tính toán các thông số thủy động của chân vịt ở điều kiện tự do và Mô phỏng chân vịt hoạt động sau vỏ tàu để xác định mối quan hệ “Trim – Ps” ứng với từng món nước và tốc độ khai thác của tàu***

Việc tính toán các thông số thủy động của chân vịt ở điều kiện tự do và Mô phỏng chân vịt hoạt động sau vỏ tàu để xác định mối quan hệ “Trim – Ps” ứng với từng món nước và tốc độ khai thác của tàu bằng CFD sẽ được tiến hành theo quy trình tính bao gồm 4 bước chung như trên Hình 3.3 đó là [7], [22]:

- + Thiết lập tính toán;
- + Lựa chọn phép giải;
- + Diễn giải kết quả;
- + Phân tích và đánh giá kết quả thu được.

Ở đây nội hàm của từng bước ứng với hai bài toán ở trên là khác nhau cụ thể:

Phần **Thiết lập tính toán**. Thiết lập tính toán là bước đầu tiên cần phải triển khai khi mô phỏng tính toán các thông số thủy động của tàu bằng CFD. Ở bước này ta sẽ đưa vào các thông số gồm:

**Đối với mô phỏng chân vịt làm việc ở chế độ tự do** gồm: Điều kiện về môi trường; các thông số hình học của chân vịt (đường kính chân vịt), vòng quay chân vịt; kích thước bể thử ảo; lựa chọn điều kiện biên; lựa chọn lưới và chia lưới; lựa chọn mô hình vật lý.

Điều kiện về môi trường; các thông số hình học của chân vịt (đường kính chân vịt), vòng quay chân vịt được lấy từ các dữ liệu đầu vào có trong hồ sơ tàu.

Trong mô phỏng chân vịt làm việc ở chế độ tự do, hình dáng và kích thước bể thử ảo theo hướng dẫn của Hiệp hội bể thử quốc tế (ITTC), sẽ được xác định như sau [19]: bể thử ảo có dạng hình lăng trụ với đường kính gấp 8 lần đường kính chân vịt, biên phía trước cách chân vịt một khoảng bằng 4 lần đường kính

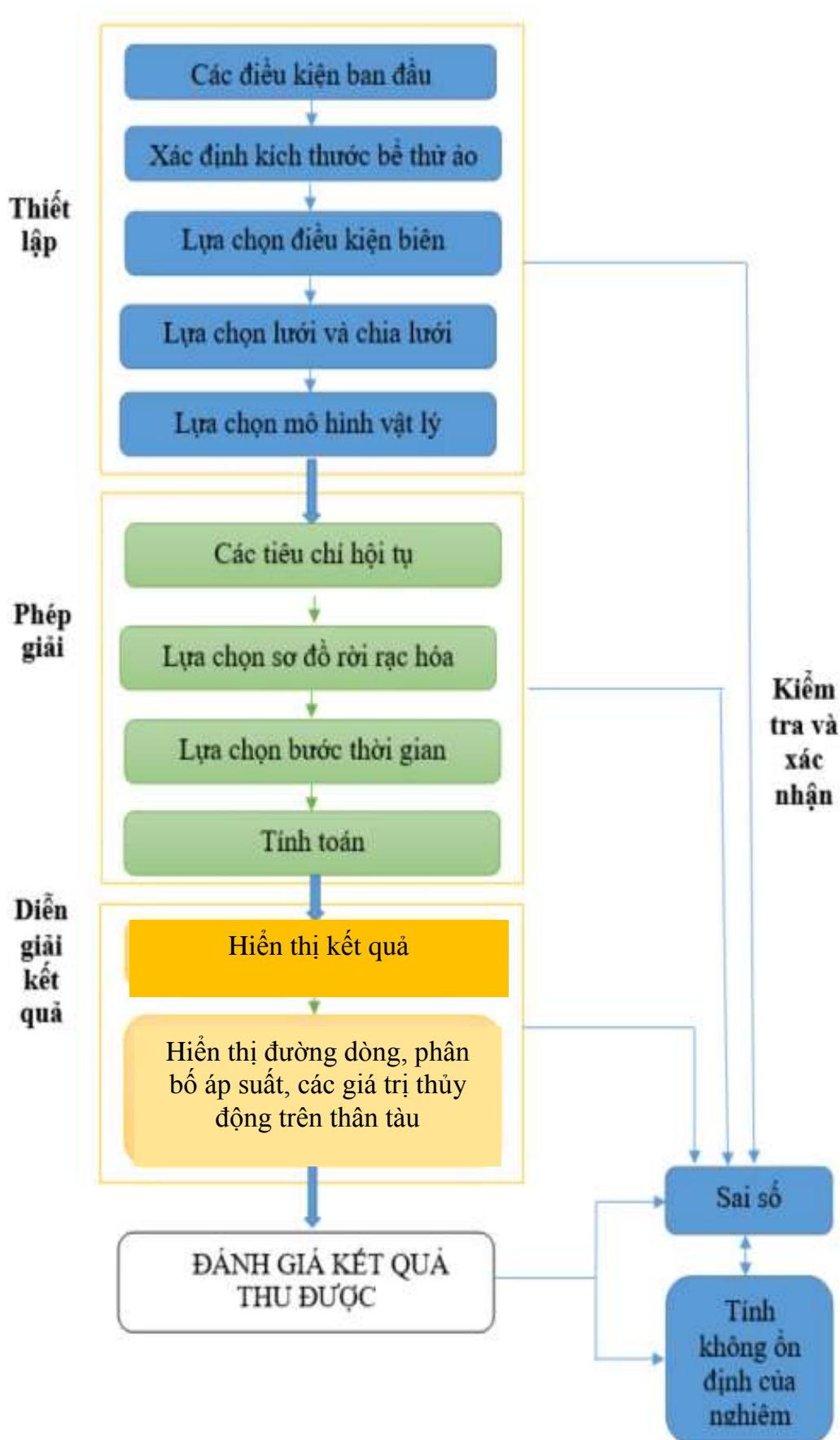
chân vịt, phía sau cách chân vịt một khoảng bằng 6 lần đường kính chân vịt. Điều kiện biên được thiết lập như sau: tốc độ dòng đến (velocity inlet) được áp dụng tại mặt phía trước (inlet); áp suất đầu ra (pressure outlet) được áp dụng tại mặt phía sau; mặt đối xứng (symmetry plane) được áp dụng tại mặt hông (outer boundary); tường không trượt (No-slip wall) được áp dụng cho chân vịt (xem Hình 3.4).

Loại lưới khối được sử dụng trong mô phỏng chân vịt hoạt động tự do lưới lục diện và lưới lăng trụ. Đây là hai loại lưới cho kết quả mô phỏng tin cậy nhất so với kết quả thử mô hình [39]. Để số lượng lưới sử dụng là ít nhất trong khi vẫn duy trì được độ chính xác cần thiết về kết quả tính toán, lưới sẽ được làm mịn tại các khu vực gần chân vịt đặc biệt là tại các khu vực có đường cong phức tạp (cánh và mép cánh). Các khu vực cách xa chân vịt lưới sẽ có kích thước lớn hơn.

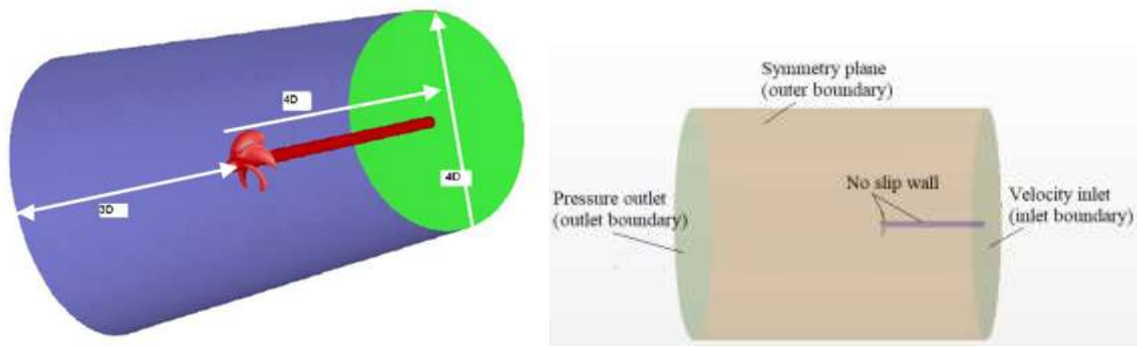
Mô hình vật lý được sử dụng trong mô phỏng chân vịt hoạt động ở chế độ tự do được trình bày trên Bảng 3.1.

**Bảng 3.1.** Mô hình vật lý được sử dụng trong mô phỏng chân vịt hoạt động ở chế độ tự do

Các tham số	Lựa chọn, thiết lập
Hình thức mô phỏng	Three demensional
Mô hình dòng chảy	Steady RANSE
Mô hình dòng rối	SST K-Omega
Hàm tường	All Y+ Wall Treatment
Hình thái dòng chảy	Segregated flow



Hình 3.3. Quy trình tính toán thủy động lực học tàu thủy bằng CFD



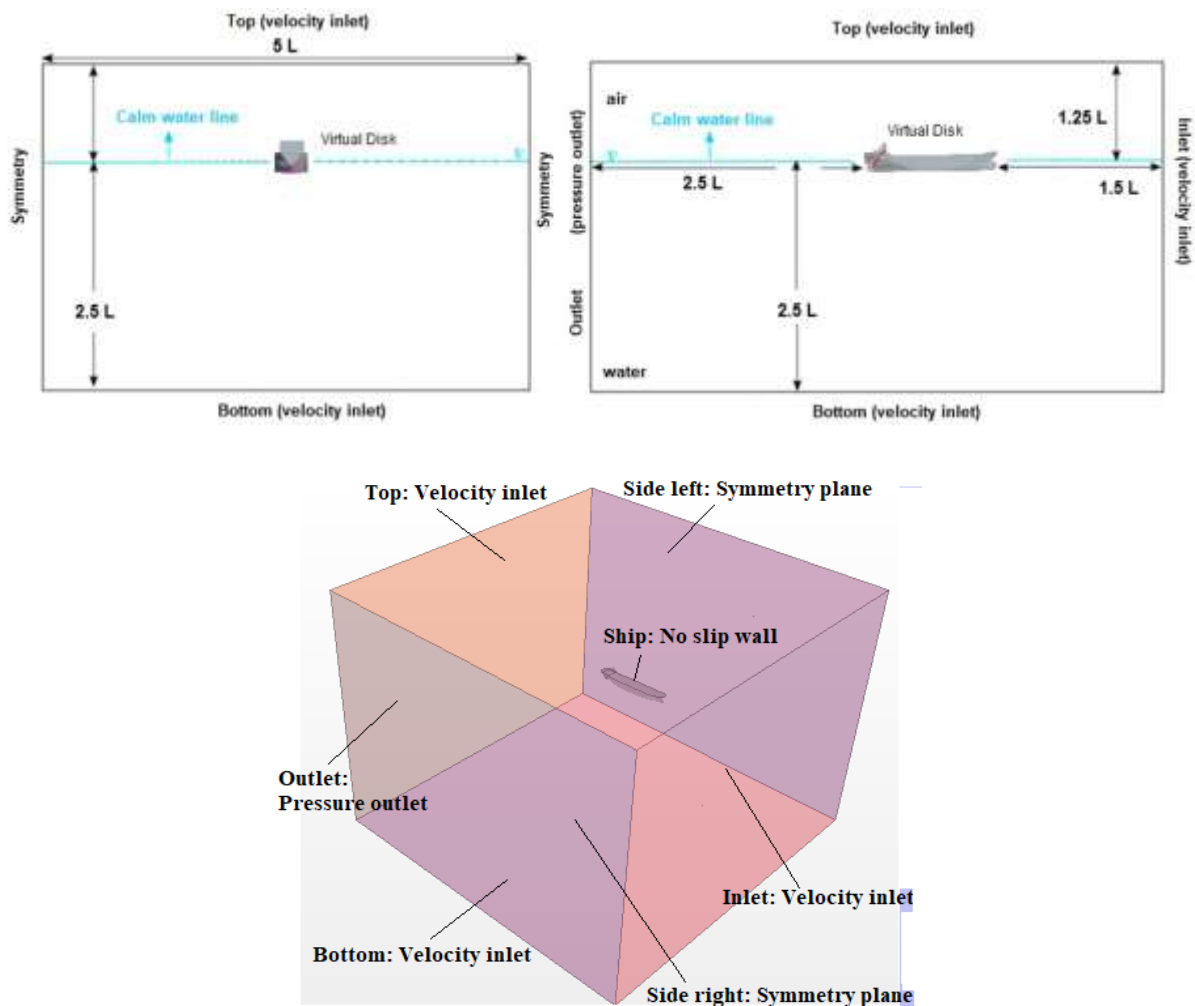
**Hình 3.4. Bể thử ảo và điều kiện biên được sử dụng trong mô phỏng chân vịt hoạt động tự do**

**Đối với bài toán mô phỏng chân vịt hoạt động sau vỏ tàu để xác định mối quan hệ “Trim – Ps” ứng với từng mức nước và tốc độ khai thác của tàu** gồm: Điều kiện về môi trường; Ma trận các phương án tính “Mức nước - Tốc độ - Hiệu số mức nước”, vòng quay chân vịt sơ bộ; các thông số về khối lượng và trọng tâm của tàu; kích thước bể thử ảo; lựa chọn điều kiện biên; thiết lập các tham số cho ổ đĩa ảo; lựa chọn lưới và chia lưới; lựa chọn mô hình vật lý.

Điều kiện về môi trường; Ma trận các phương án tính “Mức nước – Tốc độ - Hiệu số mức nước”, vòng quay chân vịt; các thông số về khối lượng và trọng tâm của tàu được xác định dựa trên thông số đầu vào và dựa trên việc tính toán từ mô hình 3D của tàu.

Trong bài toán mô phỏng chân vịt hoạt động sau vỏ tàu, hình dáng và kích thước bể thử ảo theo hướng dẫn của Hiệp hội bể thử quốc tế (ITTC), được xác định như sau [40, 41]: Biên phía trước (inlet boundary) và biên phía sau (outlet boundary) nằm cách phía mũi và lái tàu một đoạn lần lượt bằng 1.5 và 2.5 lần chiều dài tàu; biên hai bên hông của bể thử ảo (lateral boundaries) nằm cách mặt phẳng dọc tâm của tàu một đoạn bằng 2.5 lần chiều dài tàu; biên phía trên (top boundary) và biên phía dưới (bottom boundary) của bể thử ảo nằm cách tàu một đoạn lần lượt là 2.5 và 1.25 lần chiều dài tàu. Điều kiện biên được thiết lập như sau: dòng đến (velocity inlet) được áp dụng tại biên trước, biên trên và biên dưới của bể thử ảo; áp suất đầu ra (pressure outlet) được áp dụng tại biên sau; hai

biên hông sử dụng điều kiện biên mặt đối xứng (symmetry plane); tường không trượt (No-slip wall) được áp dụng cho vỏ tàu (xem Hình 3.5).



**Hình 3.5. Kích thước bể thử ảo và điều kiện biên trong mô phỏng chân vịt sau vỏ tàu bằng phương pháp mô phỏng gián tiếp**

Loại lưới được sử dụng trong mô phỏng chân vịt hoạt động sau vỏ tàu bằng phương pháp mô phỏng gián tiếp là lưới lục diện và lưới lăng trụ [40]. Để số lượng lưới sử dụng là ít nhất trong khi vẫn duy trì được độ chính xác cần thiết về kết quả tính toán, lưới sẽ được làm mịn tại các khu vực gần tàu, tại mặt thoáng chất lỏng và tại khu vực ổ đĩa ảo.

Mô hình vật lý được sử dụng trong mô phỏng chân vịt hoạt động sau vỏ tàu bằng phương pháp mô phỏng gián tiếp được trình bày trên Bảng 3.2.

**Bảng 3.2.** Mô hình vật lý được sử dụng trong mô phỏng chân vịt hoạt động hoạt động sau vỏ tàu bằng phương pháp mô phỏng gián tiếp

<b>Các tham số</b>	<b>Lựa chọn, thiết lập</b>
Hình thức mô phỏng	Three demensional
Mô hình dòng chảy	Unsteady RANSE
Mô hình dòng rối	SST K-Omega
Hàm tường	All Y+ Wall Treatment
Hình thái dòng chảy	Segregated flow
Mô hình đa pha	The volume of fluid (VoF) method
Mô hình đĩa ảo	Virtual disk

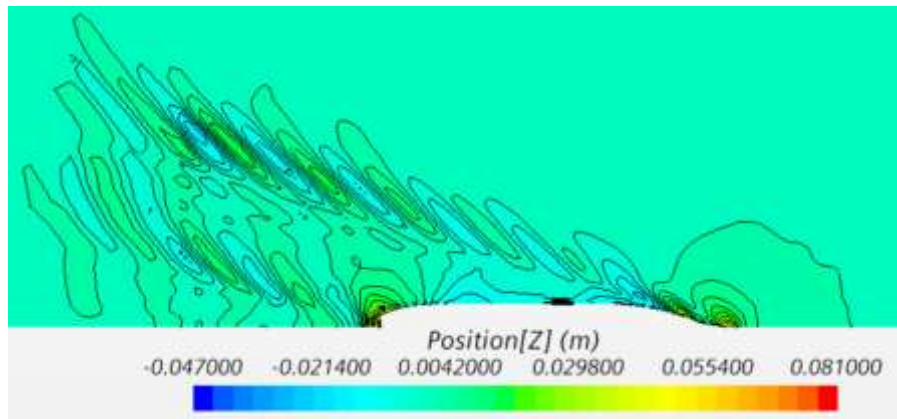
**Lựa chọn phép giải** là công đoạn thứ hai cần phải triển khai khi mô phỏng tính toán các thông số thủy động của tàu bằng CFD. Ở bước này ta sẽ thực hiện các công việc sau:

*Đánh giá tiêu chí hội tụ:* Đối với cả 2 bài toán “mô phỏng chân vịt hoạt động ở chế độ tự do” và “mô phỏng chân vịt sau vỏ tàu bằng phương pháp mô phỏng gián tiếp” người tính toán cần xét đến sự hội tụ về lưới, nghĩa là phải loại trừ được sai số do lưới gây ra đến kết quả mô phỏng, lưới được coi là hội tụ nếu việc giảm tiếp kích thước lưới xuống không làm thay đổi kết quả thu được. Chi tiết cách xác định sự hội tụ của lưới đã được trình bày ở mục 2.3.3 ở trên.

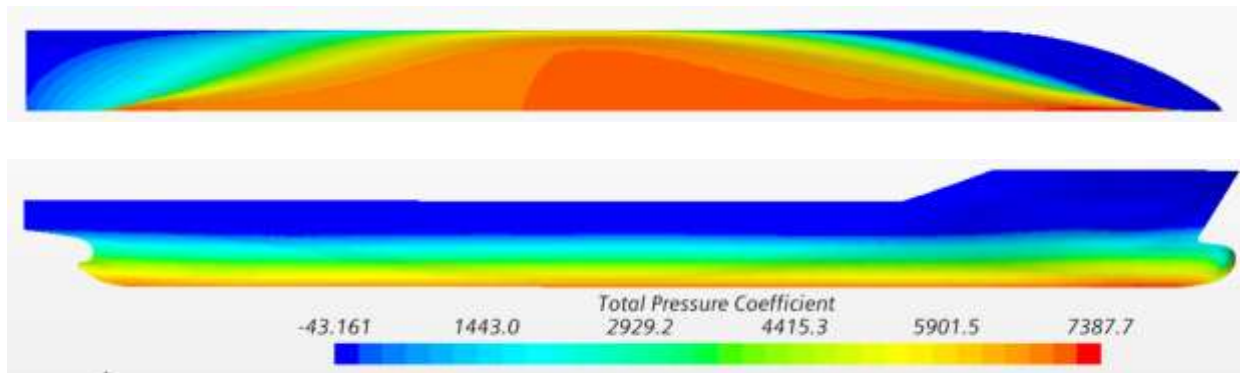
*Sơ đồ rời rạc hóa:* Sơ đồ rời rạc hóa cũng là một trong các yếu tố ảnh hưởng đến kết quả mô phỏng. Đối với bài toán mô phỏng chân vịt hoạt động ở chế độ tự do, bài toán mô phỏng chân vịt sau vỏ tàu bằng phương pháp mô phỏng gián tiếp sơ đồ rời rạc hóa được sử dụng là first order.

### **Diễn giải kết quả**

Theo khuyến nghị của ITTC sau khi kết quả tính CFD đã hội tụ, người tính toán cần hiểm thị đường dòng bao quanh vỏ tàu như: hình dạng sóng do tàu tạo ra khi chuyển động, phân bố áp suất tĩnh và áp suất động trên vỏ tàu... Trên cơ sở đó ta có thể đánh giá được sơ bộ kết quả thu được thông qua việc quan sát đường dòng bao quanh vỏ tàu (xem Hình 3.6, 3.7).



**Hình 3.6. Hình dạng sóng do tàu tạo ra khi chuyển động**



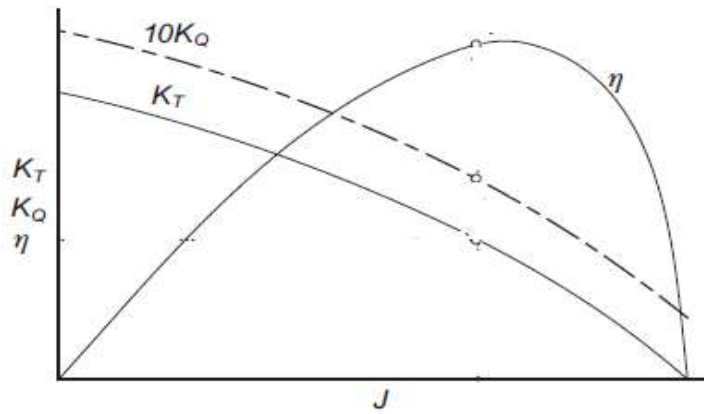
**Hình 3.7. Phân bố áp suất trên bề mặt vỏ tàu**

### **Đánh giá kết quả thu được**

Đánh giá kết quả thu được là bước cuối cùng của việc tính toán các thông số thủy động của tàu bằng CFD. Tại bước này chúng ta sẽ đi đánh giá sai số của kết quả mô phỏng so với kết quả thực nghiệm sau đó sẽ tiến hành đánh giá tính không ổn định của nghiệm thu được theo quy trình nêu ở Mục 2.3.3 (quy trình xác nhận). Căn cứ trên mối tương quan giữa sai số với tính không ổn định của nghiệm ta sẽ đánh giá được mô hình tính toán bằng CFD của ta là đúng hay cần điều chỉnh.

Kết quả mô phỏng tính toán chân vịt làm việc ở chế độ tự do sẽ là các thông số thủy động của chân vịt gồm hệ số lực đẩy ( $K_T$ ), hệ số mô men ( $K_Q$ ), hiệu suất của chân vịt ( $\eta$ ) ứng với từng bước tiến tương đối (J) khác nhau (xem Hình 3.8).





**Hình 3.8. Đường cong các thông số thủy động của chân vịt hoạt động ở chế độ tự do**

Kết quả mô phỏng chân vịt sau vỏ tàu bằng phương pháp mô phỏng gián tiếp ứng với các phương án án tính “Mớn nước trung bình - Tốc độ - Hiệu số mớn nước” sẽ là mối quan hệ giữa “hiệu số mớn nước với công suất máy của tàu” ứng với từng mớn nước trung bình và tốc độ tàu.

### ***3.1.4. Xác định hiệu số mớn nước tối ưu cho tàu ứng với từng mớn nước và tốc độ tàu***

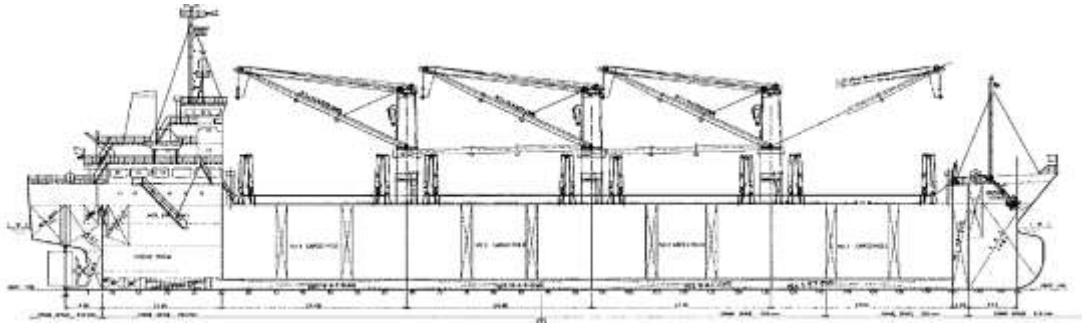
Trên cơ sở kết quả mô phỏng tính toán thu được về mối quan hệ giữa “hiệu số mớn nước với công suất máy của tàu” ứng với từng mớn nước trung bình và tốc độ tàu, ta sẽ tiến hành xây dựng đồ thị quan hệ giữa hiệu số mớn nước với sự thay đổi công suất máy của tàu. Ở đây sẽ lấy phương án mà tàu thường xuyên khai thác làm phương án để so sánh với các phương án hiệu số mớn nước khác nhau, trên cơ sở đó sẽ xác định được phương án hiệu số mớn nước tối ưu cho tàu.

## **3.2. Mô phỏng tính toán hiệu số mớn nước tối ưu cho Serries tàu hàng 12500 DWT**

### ***3.2.1. Giới thiệu về Serries tàu hàng 12500 DWT***

Để nghiên cứu ảnh hưởng của hiệu số mớn nước đến sự thay đổi công suất máy chính và cuối cùng là xuất tiêu hao nhiên liệu cho tàu ở từng chế độ tải và tốc độ khác nhau của tàu, Serries tàu hàng trọng tải 12500 DWT được đóng tại

Việt Nam từ năm 2000 đến nay được lựa chọn. Đây là Series tàu được thiết kế bởi Viện thiết kế KITADA của Nhật Bản [1]. Cụ thể trong nghiên cứu này là tàu hàng Trường Minh Ocean thuộc Series 12500 DWT. Các thông số về kích thước và hình dáng của tàu hàng Trường Minh Ocean cũng như chân vịt của tàu này được thể hiện trên Bảng 3.3 và Hình 3.9 [1].



**Hình 3.9. Hình dáng tàu hàng Trường Minh Ocean trọng tải 12500 DWT**

**Bảng 3.3. Các thông số hình học của tàu hàng Trường Minh Ocean và chân vịt của tàu**

Thông số hình học		Đơn vị	Giá trị
Chiều dài hai trụ của tàu	$L_{PP}$	m	126.00
Chiều dài đường nước của tàu	$L_{WL}$	m	130.51
Chiều rộng tàu	B	m	20.20
Chiều cao mạn	H	m	11.30
Mớn nước theo thiết kế	d	m	8.30
Thể tích chiếm nước	$\nabla$	$m^3$	16050
Hệ số béo thể tích	CB	-	0.742
Diện tích mặt ướt vỏ tàu	S(m <sup>2</sup> )	$m^2$	3857
Hoành độ tâm nổi của tàu (tính từ mặt phẳng sườn giữa)	LCB (%LPP), fwd+	%L <sub>PP</sub> , fwd+	+0.804
Thông số hình học của chân vịt			
Đường kính chân vịt	$D_P$	m	3.60
Tỷ số đĩa	$A_E/A_0$	-	0.622
Đường kính củ/đường kính chân vịt	$D_h/D_P$	-	0.175
Số cánh chân vịt	Z	-	4
Tỷ số bước	$P_{0.7}/D$	-	0.618
Góc nghiêng cánh	-	Độ	25
Chiều quay của chân vịt	-	-	Quay phải

### 3.2.2. Thiết lập các trường hợp và điều kiện tính toán

Đối với bài toán thứ nhất “*mô phỏng chân vịt hoạt động ở chế độ tự do*”. Việc tính toán được thực hiện với các bước tương đối J khác nhau thay đổi trong dải từ 0.4 đến 0.6 (dải hoạt động của chân vịt) với bước là 0.05. Chân vịt quay với tốc độ không đổi là 215 vòng/phút. Độ nhám của cánh chân vịt là 30  $\mu\text{m}$ .

Đối với bài toán thứ 2 “*Mô phỏng, tính toán sự thay đổi công suất máy của tàu khi tàu chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau*”. Việc tính toán sẽ được tiến hành tại các hiệu số mớn nước như sau ứng với từng mớn nước trung bình và tốc độ tàu như sau:

- Tại mớn nước thiết kế ( $d_{\text{design}} = 8.30 \text{ m}$ ) sẽ tính toán sự thay đổi công suất máy của tàu khi tàu chạy ở các hiệu số mớn nước dao động trong dải  $\pm 1.5 \text{ m}$  tại 3 tốc độ là 9.5 knots, 10.5 knots và 11.5 knots.

- Tại mớn nước bằng 75% mớn nước thiết kế ( $d = 0.75 d_{\text{design}}$ ) với hiệu số mớn nước dao động trong dải -1.0 m đến +2.0 m tại 2 tốc độ tàu gồm 10.5 knots, và 12 knots.

- Tại mớn nước khi tàu chạy ballast ( $d_{\text{ballast}} = 3.76 \text{ m}$ ) với hiệu số mớn nước dao động trong dải từ +2.2 m đến + 4.2 m, tại 2 tốc độ tàu là 11.05 knots, 12.75 knots.

Các dải dao động về hiệu số mớn nước ứng với từng mớn nước khác nhau ở trên được xác định trên cơ sở khả năng khai thác thực tế có thể có của tàu. Tổng số phương án cần mô phỏng là 51 phương án.

Điều kiện môi trường được thiết lập trong mô phỏng giống như điều kiện tàu tiến hành thử thực (sea trial) ngoài biển như sau:

- Trạng thái biển êm (sóng không đáng kể);
- Tàu dao động tự do theo phương thẳng đứng (Heave motion) và chòng chành sóng chính (pitch motion);
- Độ nhám bề mặt vỏ tàu là 150  $\mu\text{m}$ ;

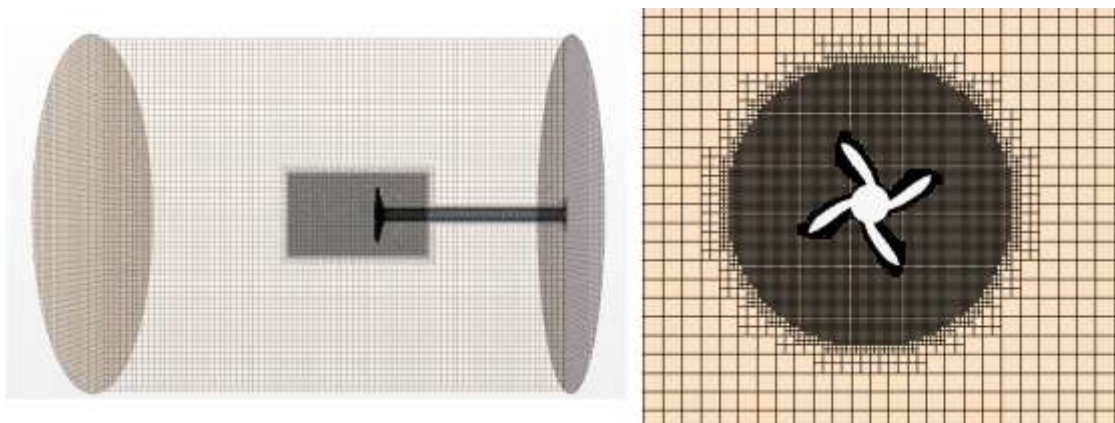
- Khối lượng riêng của nước biển  $1.025 \text{ t/m}^3$ ;
- Nhiệt độ môi trường nước  $25^{\circ}\text{C}$ .

### 3.2.3. Thiết lập mô phỏng

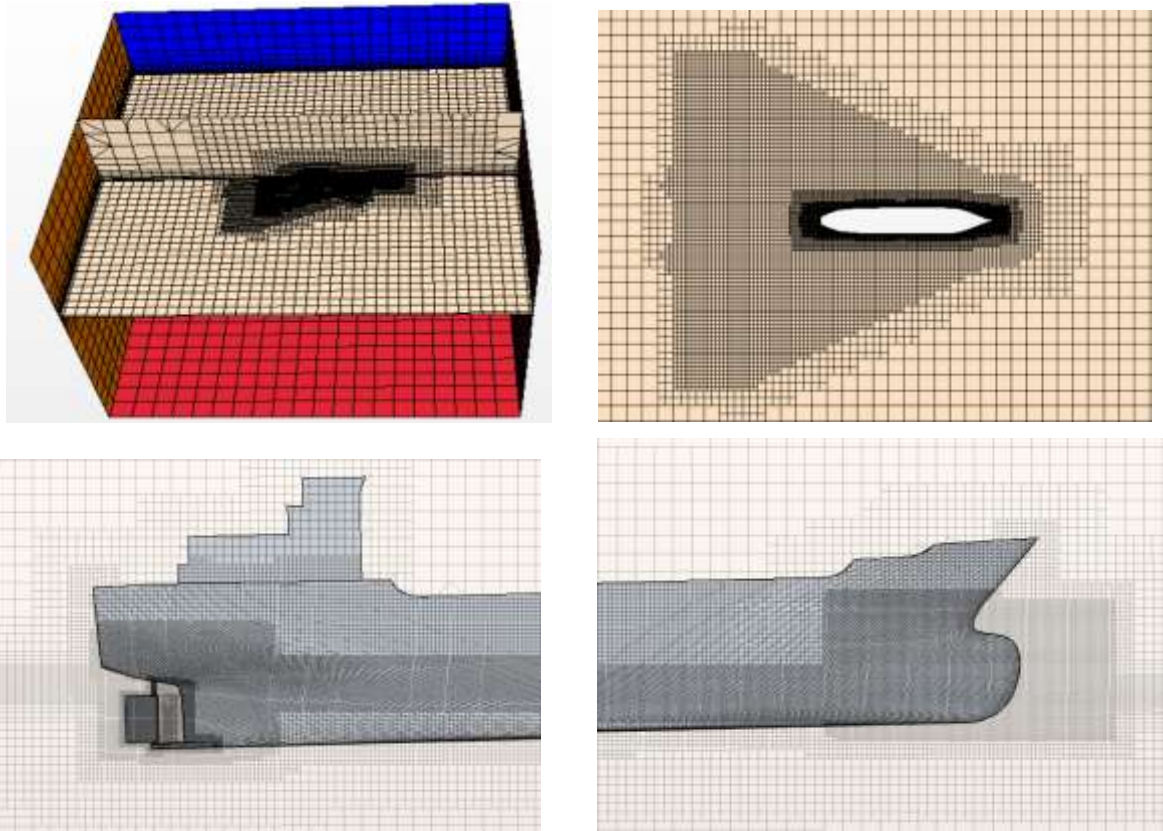
Đối với việc mô phỏng chân vịt hoạt động ở chế độ tự do, kích thước bể thử ảo được lựa chọn như sau: Bể thử ảo có dạng hình lăng trụ với đường kính 30m, phía trước (inlet) cách chân vịt một khoảng bằng 15m, phía sau (outlet) bể thử ảo cách chân vịt một khoảng bằng 22m. Loại điều kiện biên được lựa chọn như trên Hình 3.4.

Đối với việc mô phỏng chân vịt sau vỏ tàu bằng phương pháp mô phỏng gián tiếp, bể thử ảo bao gồm 1 miền chất lỏng trong đó chứa tàu và ổ đĩa ảo. Bể thử ảo có kích thước như sau: Biên phía trước (inlet boundary) và biên phía sau (outlet boundary) nằm cách phía mũi và lái tàu một đoạn lần lượt bằng 190m và 315m; biên hai bên hông của bể thử ảo (lateral boundaries) nằm cách mặt phẳng dọc tâm của tàu một đoạn bằng 315m; biên phía trên (top boundary) và biên phía dưới (bottom boundary) của bể thử ảo nằm cách tàu một đoạn lần lượt là 315m và 158m. Loại điều kiện biên được lựa chọn như trên Hình 3.5.

Kết quả chia lưới đối với bài toán mô phỏng chân vịt hoạt động ở chế độ tự do và mô phỏng chân vịt sau vỏ tàu bằng phương pháp mô phỏng gián tiếp được trình bày lần lượt trên Hình 3.10 và 3.11.



**Hình 3.10. Kết quả chia lưới đối với bài toán mô phỏng chân vịt hoạt động tự do**



**Hình 3.11. Kết quả chia lưới đối với bài toán mô phỏng chân vịt hoạt động sau vỏ tàu bằng phương pháp sử dụng ổ đĩa ảo**

“Mô hình vật lý được lựa chọn như Bảng 3.1 và 3.2 cho hai bài toán mô phỏng. Mô hình chất lỏng được sử dụng trong mô phỏng tính toán là mô hình chất lỏng thực RANSE (Reynolds-Averaged Navier-Stokes Equations). Mô hình dòng rối được sử dụng để đóng phương trình RANSE ở đây được lựa chọn là mô hình dòng rối SST  $K-\omega$ . Đây là mô hình dòng rối thường được sử dụng trong mô phỏng các thông số thủy động học của tàu nói chung và của chân vịt nói riêng bởi nó cho kết quả tin cậy hơn so với các mô hình dòng rối khác”. [39]

Đối với bài toán mô phỏng chân vịt hoạt động tự do, do dòng chảy đến chân vịt là dòng chảy đều nên sẽ sử dụng mô hình steady RANSE để mô phỏng [39].

Đối với bài toán mô phỏng chân vịt sau vỏ tàu bằng phương pháp ổ đĩa ảo, do dòng chảy đến tàu là dòng chảy phụ thuộc vào thời gian nên sẽ sử dụng mô hình unsteady RANSE, phương pháp thể tích chất lỏng (VOF) được sử dụng để mô phỏng mặt thoáng chất lỏng, tàu sẽ dao động với 2 bậc tự do (tịnh tiến theo

phương thẳng đứng Heave và chòng chành sóng chính Pitch). Các thông số của ổ đĩa ảo (thay thế cho chân vịt) được thiết lập dựa trên các khuyến nghị của tài liệu [34] được thiết lập như trên Bảng 3.4.

**Bảng 3.4.** Thiết lập các thông số của ổ đĩa ảo

Các thông số của ổ đĩa ảo cần thiết lập		Đơn vị	Giá trị
Bán kính trong	$R_h$	m	0.315
Bán kính ngoài	$R_p$	m	1.800
Độ dày của ổ đĩa ảo	t	m	0.3 $R_p$
Mặt phẳng bán kính dòng chảy đến	$R_I$	m	1.1 $R_p$
Vị trí theo chiều dài của ổ đĩa ảo tính từ đường vuông góc lái của tàu	$X_{VD}$	m	3.25
Vị trí theo chiều cao của ổ đĩa ảo so với mặt phẳng cơ bản của tàu	$X_{VD}$	m	2.80

#### **3.2.4. Xác định sự hội tụ của lưới và kiểm tra độ tin cậy của kết quả mô phỏng tính toán**

Như đã đề cập trong phần cơ sở lý thuyết về CFD, bước đầu tiên trong tính toán mô phỏng bằng CFD là ta cần phải xác định sự hội tụ của lưới để triệt tiêu các sai số có thể có do lưới gây ra. Lưới được coi là hội tụ khi việc tăng tiếp số lượng lưới lên vẫn không làm thay đổi kết quả mô phỏng hoặc thay đổi trong dải rất nhỏ cho phép.

Đối với việc mô phỏng chân vịt hoạt động tự do, việc nghiên cứu sự hội tụ của lưới được tiến hành tại bước tương đối  $J = 0.5$  với việc sử dụng 3 kích thước lưới (lưới thô, lưới cỡ trung và lưới mịn) khác nhau với sự thay đổi độ mịn là  $\sqrt{2}$  tương ứng với số lượng lưới lần lượt là 0.721, 1.405, 2.984 triệu lưới. Kết quả nghiên cứu sự hội tụ của lưới được trình bày trên Bảng 3.5. Từ kết quả thu được trên Bảng 3.5 ta thấy rằng kết quả đã hội tụ đơn điệu. Do vậy, trong tính toán tiếp theo sẽ sử dụng lưới mịn để tính toán các thông số thủy động của chân vịt hoạt động trong nước tự do ở các bước tiến tương đối khác. Kết quả tính toán

các thông số thủy động của chân vịt hoạt động ở chế độ tự do ở các bước tương đối khác nhau khi sử dụng lưới mịn được trình bày trên Bảng 3.6 và Hình 3.12.

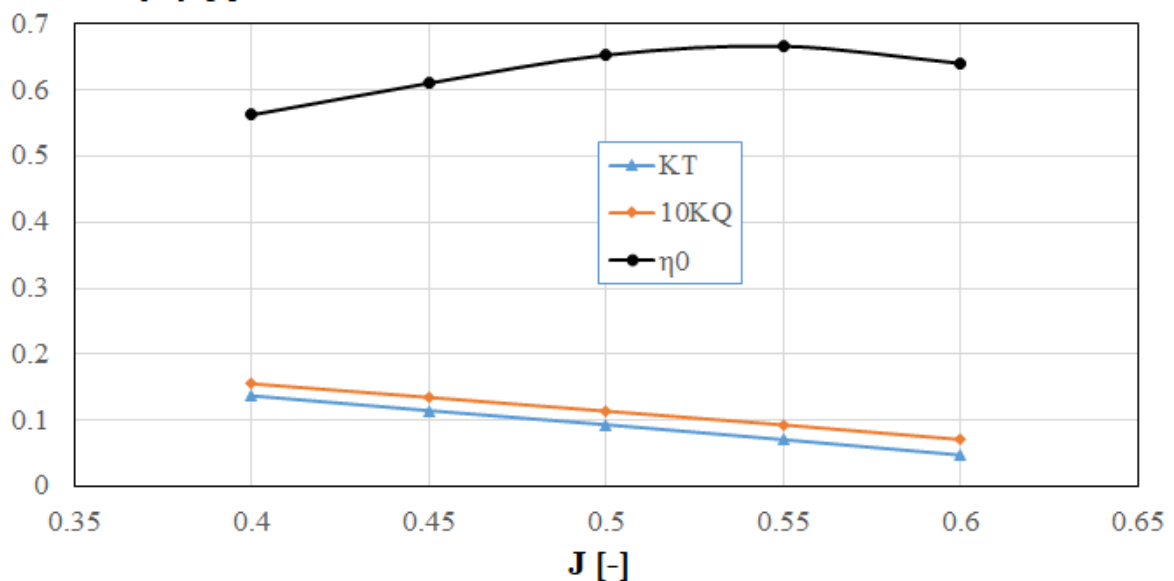
**Bảng 3.5.** Kết quả nghiên cứu sự hội tụ của lưới tại bước tiến tương đối  $J=0.5$

Các thông số		Mật độ lưới			$\epsilon_{32}, \%$	$\epsilon_{12}, \%$	$R_G$
		Lưới thô	Lưới cỡ trung	Lưới mịn			
Hệ số lực đẩy	$K_T$	0.099	0.0952	0.0936	0.0038	0.0016	0.421
Hệ số mô men	$10 \cdot K_Q$	0.117	0.1154	0.1141	0.0016	0.0013	0.813
Hiệu suất chân vịt	$\eta_0$	0.673	0.65648	0.653	0.0169	0.0163	0.965

**Bảng 3.6.** Kết quả tính toán các thông số thủy động của chân vịt tại các  $J$  khác nhau

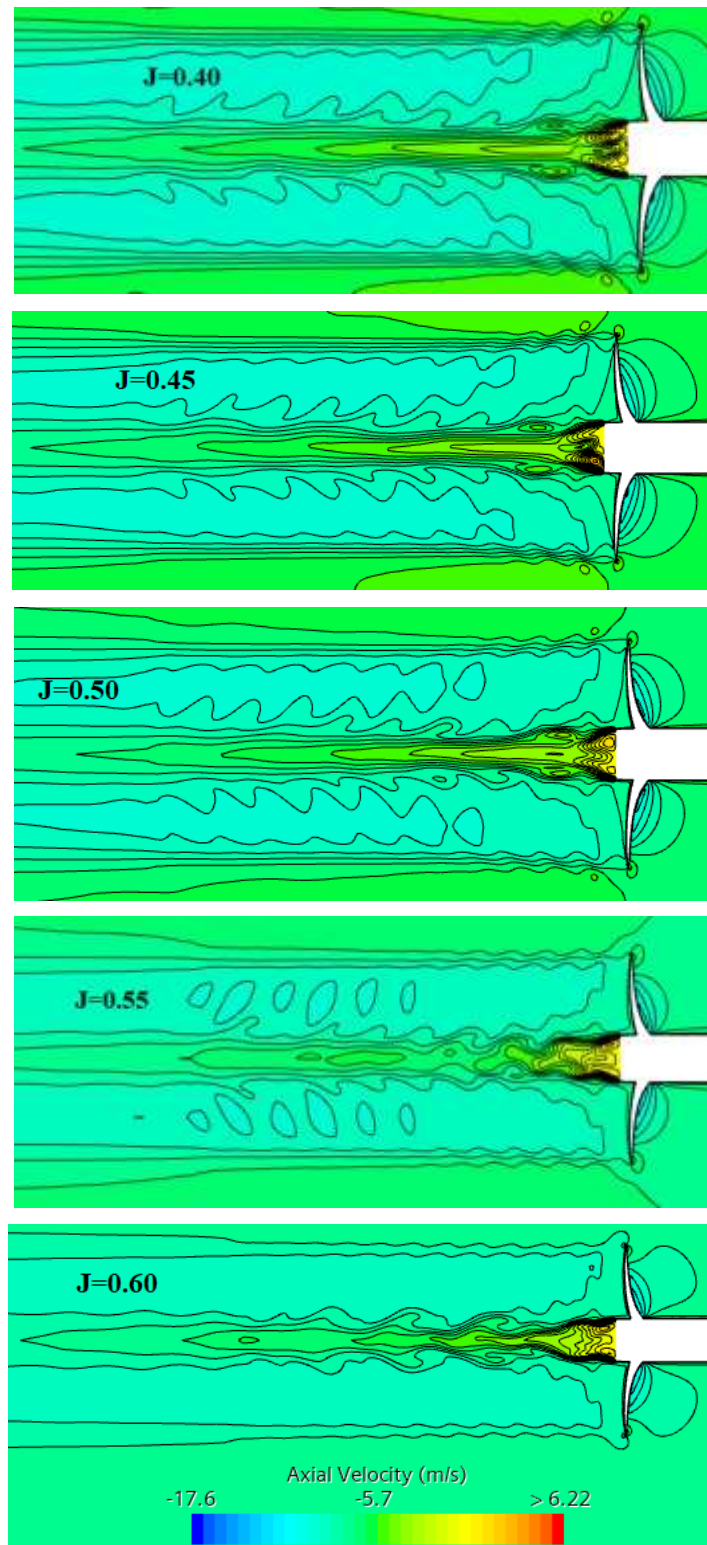
$J$	$K_T$	$10 \cdot K_Q$	$\eta_0$
0.40	0.1374	0.1556	0.562
0.45	0.1150	0.135	0.610
0.50	0.0936	0.1141	0.653
0.55	0.0710	0.0933	0.666
0.60	0.0477	0.07115	0.640

$K_T, 10K_Q, \eta_0 [-]$



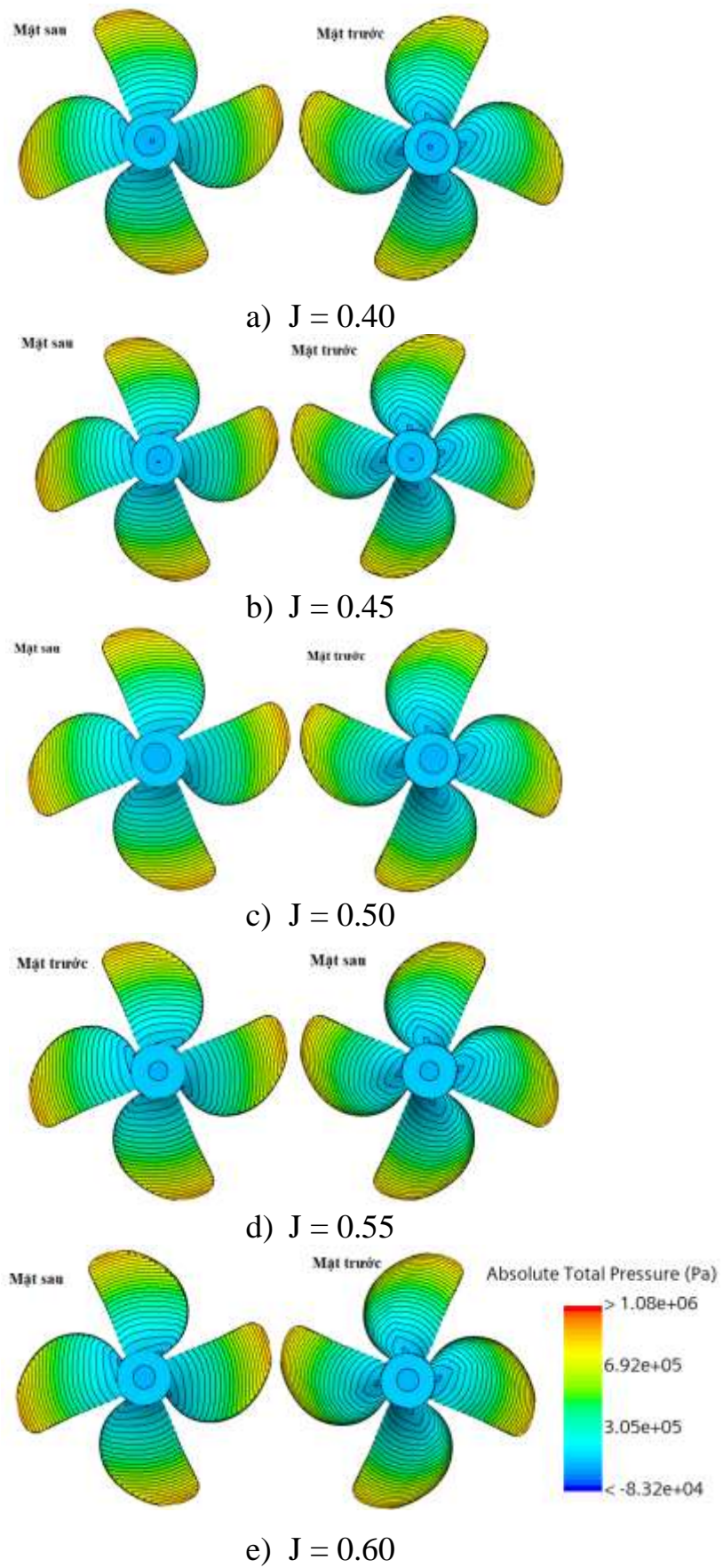
**Hình 3.12.** Kết quả mô phỏng các thông số thủy động của chân vịt tại các  $J$  khác nhau

Các hình ảnh về phân bố vận tốc dọc trục phía sau chân vịt, phân bố áp suất trên bề mặt cánh phía trước và sau chân vịt tại các J khác nhau khi hoạt động ở chế độ tự do được trình bày trên Hình 3.13 và 3.14.



**Hình 3.13. Hình ảnh về phân bố vận tốc dọc trục phía sau chân vịt tại các J khác nhau khi làm việc ở chế độ tự do**





**Hình 3.14. Phân bố áp suất trên bề mặt cánh chân vịt tại các J khác nhau khi hoạt động ở điều kiện tự do**

Đối với việc mô phỏng chân vịt hoạt động sau vỏ tàu bằng phương pháp sử dụng ổ đĩa ảo, việc nghiên cứu sự hội tụ của lưới được tiến hành tại tốc độ  $V_s = 11.05$  knots và vòng quay chân vịt là 171 v/p ứng với trạng thái chạy ballast của tàu (món nước trung bình  $d = 3.76$ m, món nước lái  $d_A = 5.36$  m, món nước mũi  $d_F = 2.16$  m) với việc sử dụng 3 kích thước lưới (lưới thô, lưới cỡ trung và lưới mịn) khác nhau với sự thay đổi độ mịn là  $\sqrt{2}$  tương ứng với số lượng lưới lần lượt là 1.812, 3.725, 6.838 triệu lưới. Kết quả nghiên cứu sự hội tụ của lưới được trình bày trên Bảng 2.3. Từ kết quả thu được trên Bảng 3.6 ta thấy rằng kết quả đã hội tụ đơn điệu. Do vậy, trong tính toán tiếp theo sẽ sử dụng lưới mịn để mô phỏng tính toán quá trình tự đẩy của tàu ở các trạng thái tải trọng và tốc độ khác nhau của tàu.

**Bảng 3.7.** Kết quả tính toán sự hội tụ của lưới trong bài toán tự đẩy của tàu tại  $V=11.05$ knots và vòng quay chân vịt  $n_p=171$  rpm

Các thông số		Mật độ lưới			$\epsilon_{32}, \%$	$\epsilon_{12}, \%$	$R_G$
		Lưới thô	Lưới cỡ trung	Lưới mịn			
Sức cản tàu	$R_T$ [kN]	161.47	160.80	160.50	0.67	0.30	0.448
Lực đẩy của chân vịt	$T$ [kN]	158.70	157.50	157.20	1.20	0.30	0.250

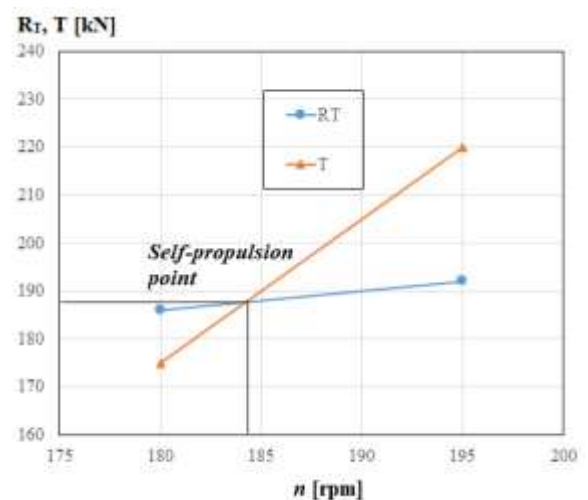
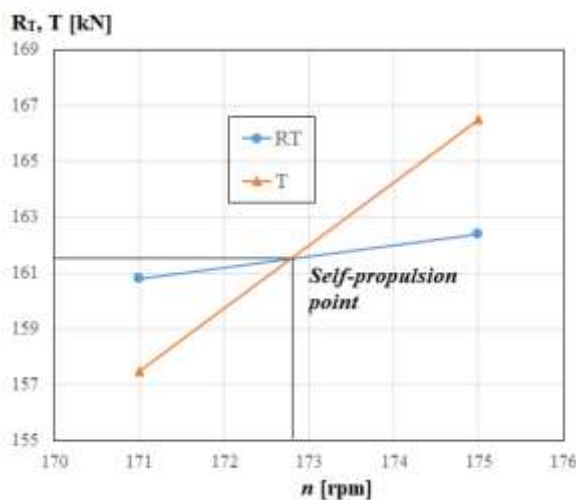
Để khẳng định kết quả tính toán mô phỏng bằng CFD là đúng, NCS ở đây sẽ so sánh kết quả tính toán mô phỏng với kết quả sea trial (là kết quả thử tàu được thực hiện bởi Đăng kiểm, chủ tàu và nhà máy đóng tàu khi tàu đóng xong, đây là kết quả đo có thể nói là tin cậy). Việc so sánh sẽ được thực hiện dưới cùng một điều kiện giống nhau tại trạng thái chạy ballast của tàu ở 2 tốc độ khác nhau (món nước trung bình  $d = 3.76$  m, món nước lái  $d_A = 5.36$  m, món nước mũi  $d_F = 2.16$  m, tốc độ tàu lần lượt là 11.05 và 12.75 knots). Trạng thái biển giống với điều kiện thử.

Trong tính toán CFD, việc xác định điểm tự đẩy của tàu (tức là xác định vòng quay chân vịt để tàu đạt được tốc độ đề ra) được xác định bằng cách xác

định vòng quay của chân vịt mà tại đó lực đẩy của chân vịt bằng với sức cản của tàu. Trong thực tế tại bể thử tàu người ta cần phải thực hiện ít nhất hai lần chạy tàu với tốc độ vòng quay chân vịt thay đổi khi vẫn giữ nguyên tốc độ tàu, sau đó sẽ dùng phương pháp nội suy để xác định được vòng quay chân vịt mà tại đó lực đẩy bằng với sức cản tàu. Quy trình xác định điểm tự đẩy của tàu bằng CFD cũng tương tự như trong bể thử ảo [37]. Bảng 3.8 và Hình 3.15 trình bày quy trình và kết quả xác định điểm tự đẩy cho tàu ứng với trạng thái chạy ballast tại hai tốc độ khác nhau.

**Bảng 3.8.** Kết quả mô phỏng số hai trường hợp vòng quay chân vịt ứng với 2 tốc độ tàu

Vòng quay chân vịt $n$ [rpm]	Sức cản tàu $R_T$ [kN]	Lực đẩy của chân vịt [kN]
<i>Trường hợp 1: Tại tốc độ tàu <math>V_s = 11.05</math> knots</i>		
171	160.80	157.50
175	162.40	166.50
<i>Trường hợp 2: Tại tốc độ tàu <math>V_s = 12.75</math> knots</i>		
195	192.10	220.05
180	186.02	175.16



a) Trường hợp 1

b) Trường hợp 2

**Hình 3.15.** Quy trình xác định điểm tự đẩy của tàu

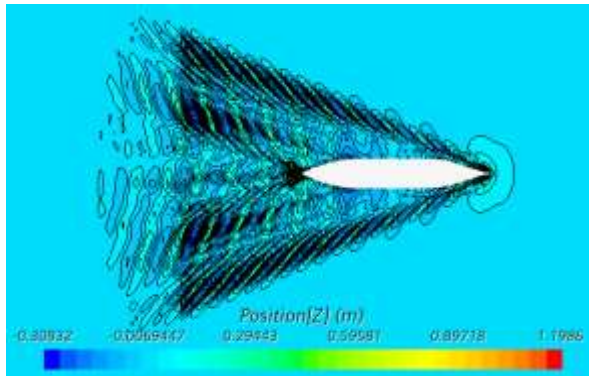
Điểm tự đẩy của tàu được xác định dựa trên việc nội suy tuyến tính như trên Hình 3.15. Ở đây điểm tự đẩy của tàu ứng với 2 trường hợp tính toán là  $n = 172.8$  rpm và  $184.2$  rpm.

Bảng 3.9 trình bày so sánh giữa kết quả mô phỏng tính toán (CFD) với kết quả sea trial (EFD). Từ kết quả thu được tại Bảng 3.9, ta thấy rằng kết quả mô phỏng thu được rất gần với kết quả sea trial, sai số là từ 1.05% đến 5.53% đây là sai số có thể chấp nhận được. Sai số này xuất phát từ nhiều nguyên nhân như sai số về kết quả mô phỏng số (sai số do lưới, do mô hình dòng rôi...gây ra) sai số xuất phát từ thiết bị đo trong quá trình sea trial, sai số do sự khác nhau về mô hình tàu trong thiết kế với thực tế chế tạo vỏ tàu...Khi sử dụng mô hình tính như nhau thì sai số sẽ là sai số tương đối giữa các phương án.

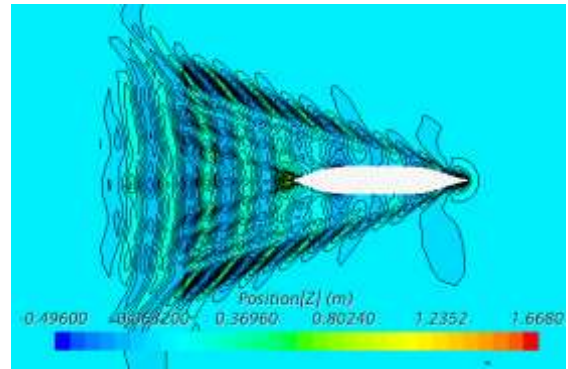
Các hình ảnh về phân bố đường dòng bao quanh vỏ tàu trong quá trình tàu chuyển động như: Hình dáng sóng; mặt thoáng chất lỏng; trường tốc độ tại mặt phẳng dọc tâm tàu; trường tốc độ tại đường vuông góc lái và tại đĩa chân vịt được trình bày trên các Hình từ 3.16 đến Hình 3.20. Hình ảnh về các đường dòng bao quanh vỏ tàu phục vụ cho việc quan sát, giải thích các hiện tượng vật lý xuất hiện khi tàu chuyển động, giải thích sự khác nhau về sức cản cũng như điểm tự đẩy của tàu khi tàu chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau, kiểm tra định tính tính đúng đắn của kết quả mô phỏng số...

**Bảng 3.9.** So sánh giữa kết quả mô phỏng và kết quả sea trial

<b>Trường hợp tính</b>	<b>EFD [47]</b>	<b>CFD</b>	<b>E%D</b>
Trường hợp tính thứ nhất, n [rpm]	171.0	172.8	1.05%
Trường hợp tính thứ hai, n [rpm]	195.0	184.2	5.53%

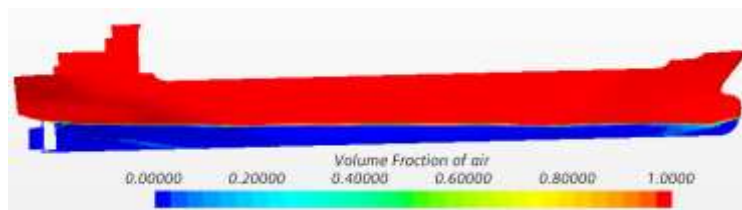


a)  $V=11.05\text{knots}$

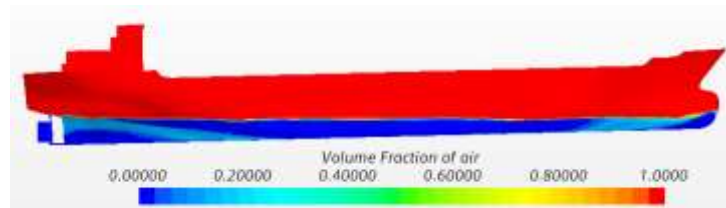


b)  $V=12.75\text{knots}$

**Hình 3.16. Hình dáng sóng do tàu tạo ra khi chuyển động ở các tốc độ khác nhau**

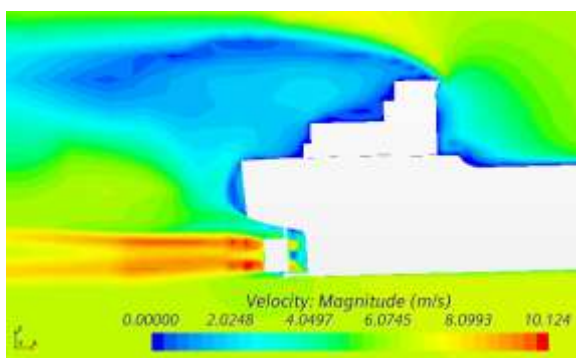


a)  $V_s = 11.05\text{ knots}$

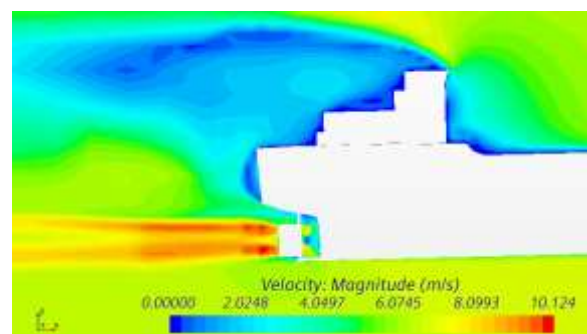


b)  $V_s = 12.75\text{ knots}$

**Hình 3.17. Hình ảnh mặt thoáng**

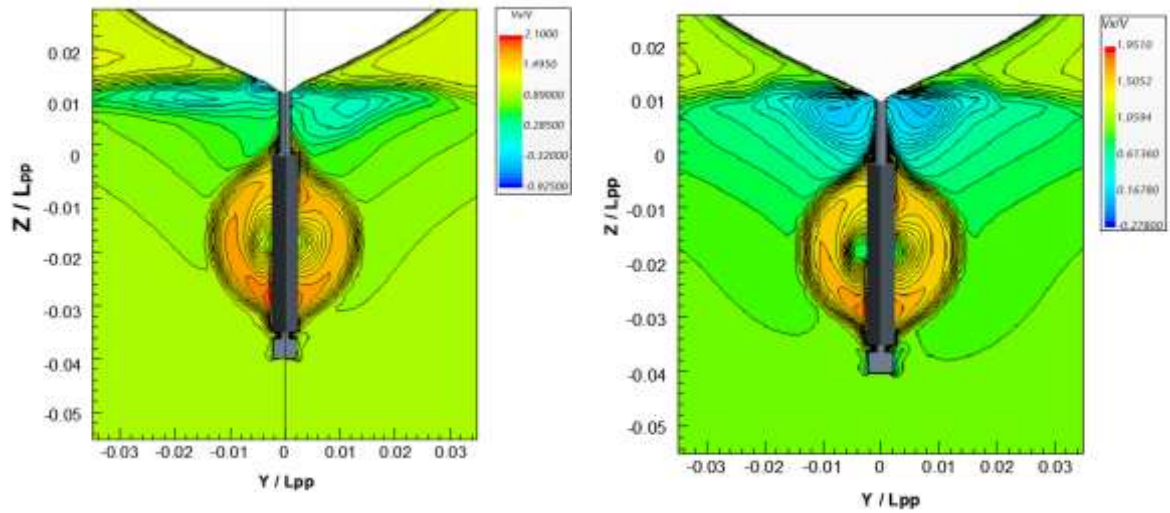


a)  $V_s = 11.05\text{ knots}$



b)  $V_s = 12.75\text{ knots}$

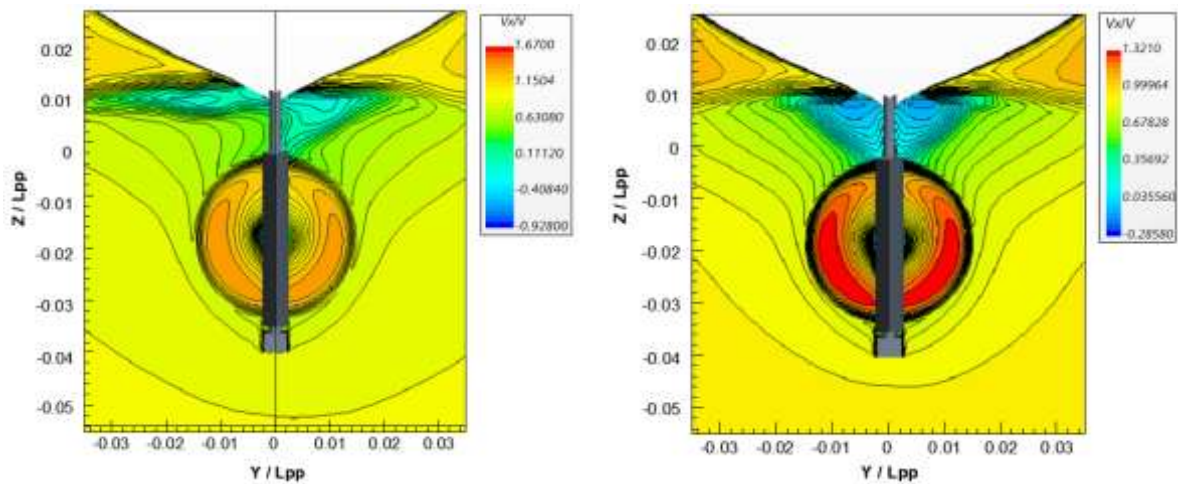
**Hình 3.18. Hình ảnh phân bố trường tốc độ tại mặt phẳng dọc tâm tàu**



a)  $V_s = 11.05 \text{ knots}$

b)  $V_s = 12.75 \text{ knots}$

**Hình 3.19. Hình ảnh phân bố trường tốc độ tại mặt phẳng hai đường vuông góc lái tàu**



a)  $V_s = 11.05 \text{ knots}$

b)  $V_s = 12.75 \text{ knots}$

**Hình 3.20. Hình ảnh phân bố trường tốc độ tại đĩa ổ đĩa ảo**

### 3.2.5. Kết quả tính toán ảnh hưởng của hiệu số mớn nước đến sự thay đổi công suất máy chính

Kết quả mô phỏng tính toán ảnh hưởng của hiệu số mớn nước khác nhau đến sự thay đổi công suất của máy chính tại 3 mớn nước và tốc độ khác nhau của tàu được trình bày trên các Bảng 3.10, 3.11 và 3.12 và các Hình từ 3.21 đến 3.23. Ở đây sự thay đổi công suất máy chính khi tàu chạy ở các hiệu số

món nước khác nhau được so sánh với trạng thái even keel (xem công thức 3.1). Còn đối với trạng thái tàu chạy ballast, sự thay đổi công suất máy chính sẽ được so sánh với trạng thái hiệu số mớn nước Trim = 3.2 m (đây là trạng thái thử sea trial sau khi tàu đóng xong).

$$\Delta P_s, \% = \frac{(P_s^0 - P_s^{Trim})}{P_s^0} \times 100\% \quad (3.1)$$

ở đây:  $P_s^0$  – là công suất máy của tàu khi chạy ở even keel hoặc tại hiệu số mớn nước Trim = 3.2m;  $P_s^{Trim}$  - là công suất máy của tàu khi chạy ở các hiệu số mớn nước khác.

Công suất máy tàu trong công thức (3.1) được xác định theo công thức sau:

$$P_s = 2\pi nQ \quad (3.2)$$

Trong đó: Q – là mô men xoắn của chân vịt sau vỏ tàu, kN.m; n – là vòng quay của chân vịt [rps].

**Bảng 3.10.** Kết quả mô phỏng tính toán ảnh hưởng của hiệu số mớn nước đến sự thay đổi công suất máy chính tại mớn nước trung bình  $d = 8.30$  m

Vs [knots]	Trim [m]	Kết quả mô phỏng tính toán CFD				
		n [rpm]	R [kN]	Q [kN.m]	P <sub>s</sub> [kW]	ΔP <sub>s</sub> [%]
<b>Trường hợp 1: (d = 8.30 m; tốc độ V=9.5 knots)</b>						
<b>9.5 knots</b>	-1.50	159.0	157.8	88.1	1467	1.54
	-1.00	158.5	156.7	87.4	1450	2.68
	-0.50	159.2	158.2	88.3	1472	1.14
	<b>0.00</b>	<b>159.7</b>	<b>159.2</b>	<b>89.0</b>	<b>1489</b>	<b>0.00</b>
	0.50	160.2	160.2	89.8	1506	-1.14
	1.00	160.5	160.8	90.1	1515	-1.74
<b>Trường hợp 2: (d = 8.30 m; tốc độ Vs = 10.5 knots)</b>						

<b>10.5 knots</b>	-1.50	182.5	207.9	116.4	2225	2.67
	-1.00	181.9	206.5	115.1	2193	4.06
	-0.50	183.2	209.5	116.8	2242	1.92
	0.00	184.2	211.8	118.5	2286	0.00
	0.50	185.1	213.8	119.7	2320	-1.49
	1.00	185.4	214.5	120.2	2334	-2.11
<b>Trường hợp 3: (d = 8.30 m; tốc độ Vs = 11.5 knots)</b>						
<b>11.5 knots</b>	-1.50	201.1	252.25	141.1	2971	3.10
	-1.00	200.2	250.05	139.6	2926	4.57
	-0.50	201.6	253.6	141.7	2990	2.46
	0.00	203.2	257.6	144.1	3066	0.00
	0.50	204.2	260.3	145.9	3119	-1.75
	1.00	204.8	261.8	146.7	3147	-2.67

*Bảng 3.11. Kết quả mô phỏng tính toán ảnh hưởng của hiệu số môn nước đến sự thay đổi công suất máy chính tại môn nước trung bình  $d = 7.0$  m*

<b>Vs [knots]</b>	<b>Trim [m]</b>	<b>Kết quả mô phỏng tính toán CFD</b>				
		<b>n [rpm]</b>	<b>R [kN]</b>	<b>Q [kN.m]</b>	<b>Ps [kW]</b>	<b><math>\Delta P_s</math> [%]</b>
<b>Trường hợp 1: (d = 7.0 m; tốc độ Vs = 9.5 knots)</b>						
<b>9.5 knots</b>	-1.00	151.81	145.5	81.05	1288	-0.77
	-0.50	151.62	145.1	80.84	1284	-0.39
	0.00	151.43	144.8	80.63	1279	0.00
	0.50	151.30	144.5	80.49	1275	0.26
	1.00	151.30	144.5	80.44	1275	0.32
	1.50	151.34	144.6	80.51	1276	0.22
<b>Trường hợp 2: (d = 7.0 m; tốc độ Vs = 10.5 knots)</b>						

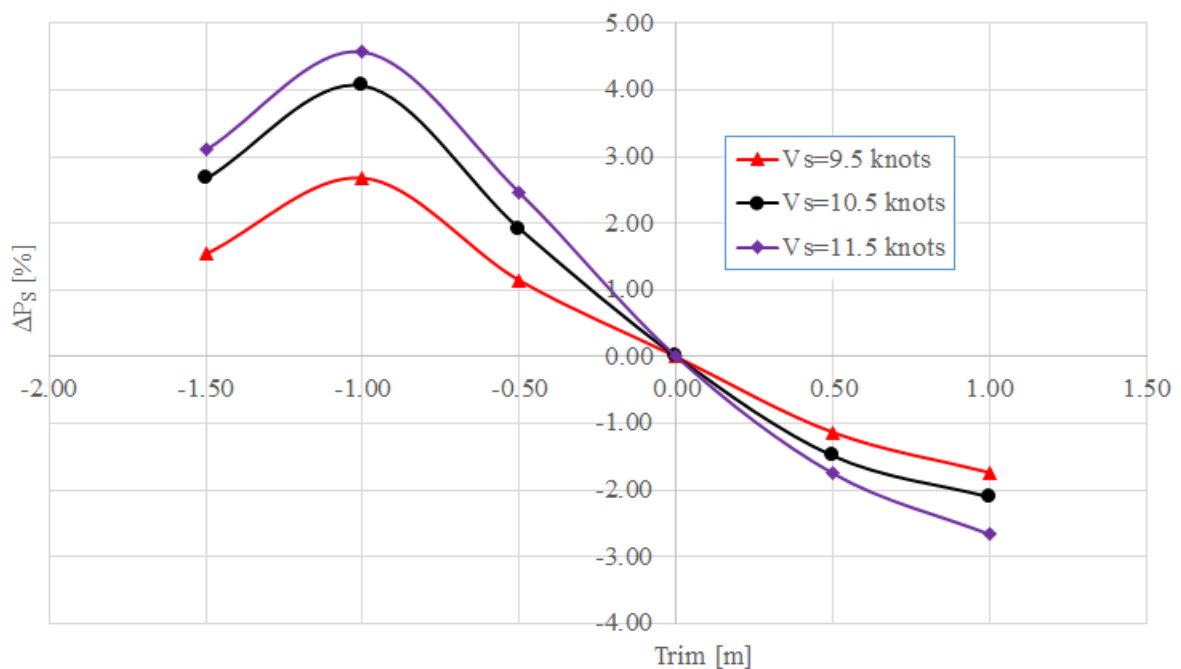


<b>10.5 knots</b>	-1.00	167.78	177.7	98.97	1739	-1.27
	-0.50	167.45	177.0	98.58	1729	-0.66
	0.00	167.08	176.2	98.14	1717	0.00
	0.50	166.66	175.3	97.65	1704	0.76
	1.00	166.39	174.8	97.33	1696	1.24
	1.50	166.50	175.0	97.43	1699	1.07
<b>Trường hợp 3: (d = 7.0m; tốc độ Vs = 12.0 knots)</b>						
<b>12.0 knots</b>	-1.00	191.9	232.4	130.03	2613	-2.15
	-0.50	191.2	230.9	129.17	2587	-1.14
	0.00	190.5	229.1	128.20	2558	0.00
	0.50	189.8	227.5	127.14	2528	1.19
	1.00	189.7	227.1	126.86	2520	1.49
	1.50	189.7	227.3	126.98	2523	1.36

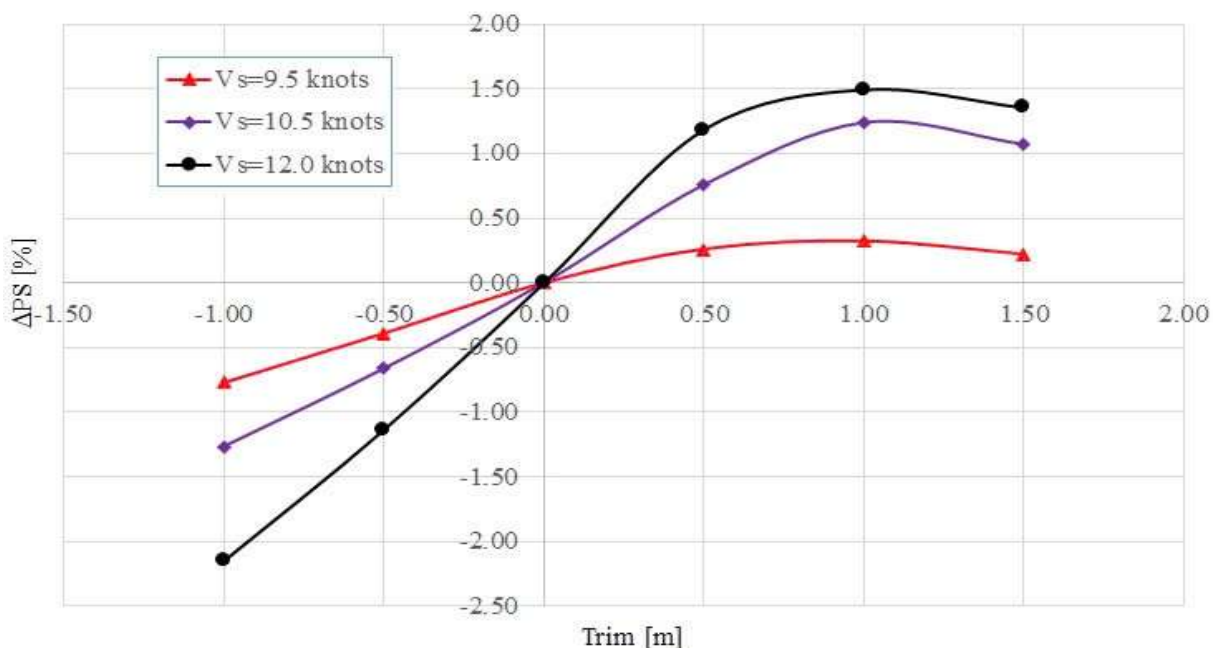
*Bảng 3.12. Kết quả mô phỏng tính toán ảnh hưởng của hiệu số môn nước đến sự thay đổi công suất máy chính tại chế độ ballast với môn nước trung bình  $d = 3.76\text{ m}$*

<b>Vs [knots]</b>	<b>Trim[m]</b>	<b>Kết quả mô phỏng tính toán CFD</b>				
		<b>n [rpm]</b>	<b>R [kN]</b>	<b>Q [kN.m]</b>	<b>Ps [kW]</b>	<b><math>\Delta P_s</math> [%]</b>
<b>Trường hợp 1: (d = 3.76m; tốc độ Vs = 9.5 knots)</b>						
<b>9.5 knots</b>	2.20	137.66	104.2	72.42	1044	-2.67
	2.70	136.96	103.2	71.70	1028	-1.13
	3.20	136.45	102.4	71.16	1017	0.00
	3.70	135.94	101.6	70.63	1005	1.12
	4.20	135.53	101.0	70.20	996	2.01
<b>Trường hợp 2: (d = 3.76 m; tốc độ Vs = 11.05 knots)</b>						

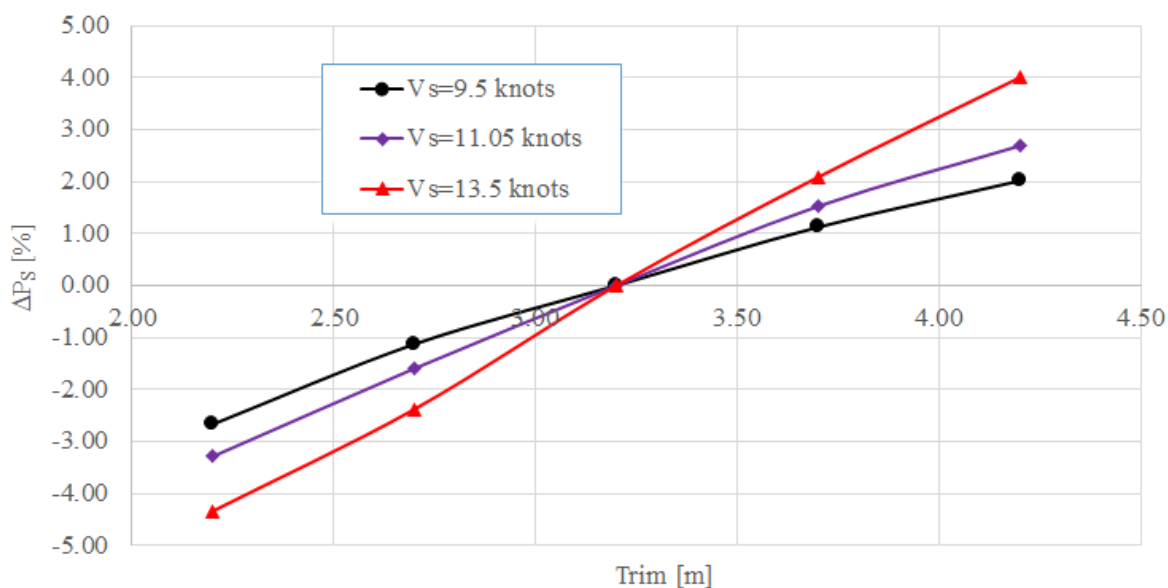
<b>11.05 knots</b>	2.20	174.30	165.9	115.2	2103	-3.29
	2.70	173.40	163.7	113.9	2068	-1.60
	3.20	172.80	161.5	112.5	2036	0.00
	3.70	172.00	159.4	111.3	2005	1.52
	4.20	171.20	157.0	110.5	1981	2.69
<b>Trường hợp 3: (d = 3.76 m; tốc độ <math>V_s = 13.5</math> knots)</b>						
<b>13.5 knots</b>	2.20	187.8	199.2	135.1	2657	-4.34
	2.70	186.9	196.5	133.2	2607	-2.38
	3.20	185.2	193.3	131.3	2546	0.00
	3.70	184.0	190.8	129.4	2493	2.09
	4.20	182.8	187.9	127.7	2445	4.00



**Hình 3.21. Sự thay đổi công suất máy chính khi tàu chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau so với tư thế Even keel tại mớn nước trung bình  $d = 8.3\text{m}$**



**Hình 3.22.** Sự thay đổi công suất máy chính khi tàu chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau so với tư thế Even keel tại mớn nước trung bình  $d = 7.0$  m



**Hình 3.23.** Sự thay đổi công suất máy chính khi tàu chạy ở chế độ ballast nhau so với tư thế ở hiệu số mớn nước Trim = 3.2 m tại mớn nước trung bình  $d = 3.76$  m

Từ kết quả mô phỏng ảnh hưởng của hiệu số mớn nước khác nhau đến sự thay đổi công suất máy chính thu được trên Bảng 3.10, 3.11 và 3.12, Hình 3.21, 3.22 và 3.23, ta có thể đưa ra các nhận xét sau:

- Một cách tổng quan, tồn tại mối quan hệ giữa hiệu số mớn nước và công suất máy của tàu tại mỗi trạng thái tải và tốc độ tàu cho trước. Khi tàu chạy ở

các hiệu số mớn nước khác nhau sẽ dẫn đến sự thay đổi công suất máy. Xu hướng và phần trăm thay đổi công suất máy chính của tàu phụ thuộc vào 03 yếu tố gồm: trạng thái tải trọng của tàu; hiệu số mớn nước và tốc độ tàu.

- Tại cùng một trạng thái tải và hiệu số mớn nước, thì tốc độ tàu có ảnh hưởng khá lớn đến sự thay đổi công suất máy. Tốc độ tàu càng lớn thì mức độ ảnh hưởng càng cao và ngược lại.

- Khi tàu chạy ở hiệu số mớn nước trung bình là 8.3m, tốc độ 9.5, 10.5 và 11.5 knots, công suất máy của tàu sẽ giảm dần đều khi hiệu số mớn nước của tàu thay đổi từ chúi lái +1.0 m đến chúi mũi -1.0 m. Trong dải hiệu số mớn nước từ -1.0 m đến -1.5 m, công suất máy của tàu lại tăng lên ở cả 3 tốc độ tàu. Hiệu số mớn nước tối ưu của tàu (tại đó công suất máy là nhỏ nhất) là -1.0 m (tàu chúi mũi). Khi đó so với tư thế Even keel, thì mức giảm công suất máy ứng với tốc độ 9.5, 10.5 và 11.5 knots lần lượt là 2.64, 4.03 và 4.55%. Nghĩa là mức giảm công suất máy sẽ tăng dần khi tăng tốc độ tàu.

- Khi tàu chạy ở hiệu số mớn nước trung bình là 7.0 m, tốc độ 9.5, 10.5 và 12.0 knots, công suất máy của tàu sẽ giảm dần đều khi hiệu số mớn nước của tàu thay đổi từ chúi mũi -1.0 m đến chúi lái +1.0 m. Trong dải hiệu số mớn nước từ +1.0 m đến +1.5 m, công suất máy của tàu lại tăng lên ở cả 3 tốc độ tàu so với ở hiệu số mớn nước +1.0 m. Hiệu số mớn nước tối ưu của tàu (tại đó công suất máy là nhỏ nhất) là +1.0 m. Khi đó so với tư thế Even keel, thì mức giảm công suất máy ứng với tốc độ 9.5, 10.5 và 12.0 knots lần lượt là 0.32, 1.24 và 1.49%. Nghĩa là mức giảm công suất máy sẽ tăng dần khi tăng tốc độ tàu.

- Khi tàu chạy ở chế độ ballast với hiệu số mớn nước trung bình là 3.76 m, tốc độ tàu 9.5, 11.05 và 13.5 knots, công suất máy của tàu giảm dần đều khi hiệu số mớn nước tăng dần từ +2.2 m đến +4.2 m. So với tư thế chúi lái +3.2 m (tư thế thử đường dài của tàu), khi tăng hiệu số mớn nước lên 4.2m sẽ giúp tiết kiệm được 2.01, 2.69 và 4.00% công suất lần lượt ứng với các tốc độ của tàu là 9.5, 11.05 và 13.5 knots.

### ***3.2.6. Giải thích bản chất vật lý dẫn tới sự thay đổi công suất máy của tàu khi tàu chạy ở các hiệu số mớn nước và các tốc độ khác nhau***

Sự thay đổi công suất máy của tàu khi chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau có thể giải thích được thông qua việc phân tích sự khác nhau về đường dòng (dòng chảy) bao quanh vỏ tàu khi tàu chạy ở cùng một mớn nước trung bình nhưng khác nhau về hiệu số mớn nước và tốc độ.

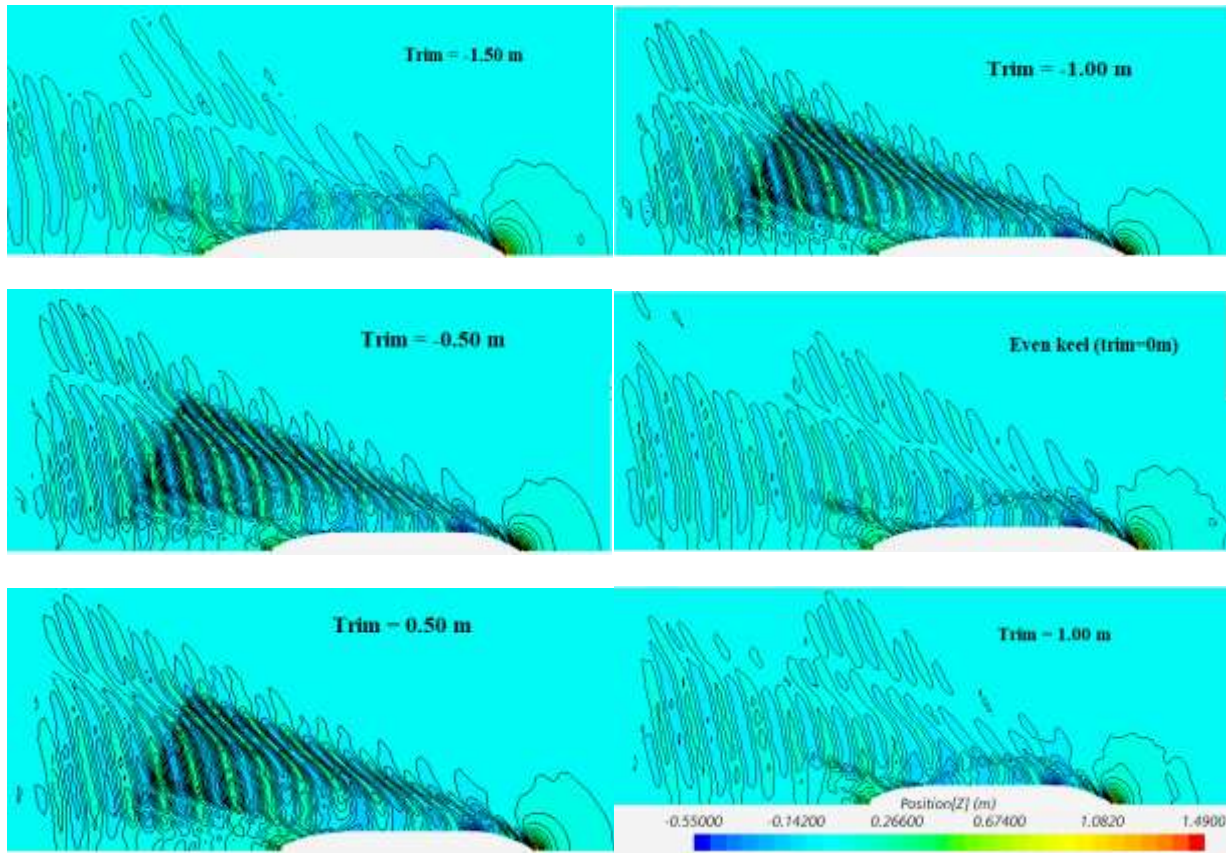
Tại mỗi trạng thái tải và tốc độ tàu, khi tàu chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau sẽ dẫn đến sự thay đổi về sức cản tàu và hiệu suất của chân vịt sau vỏ tàu (như đã chỉ ra ở phần cơ sở lý thuyết). Sự khác nhau về sức cản tàu xảy ra khi tàu chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau là do sự khác nhau về hình dáng sóng bề mặt do tàu tạo ra khi chuyển động; sự khác nhau trong phân bố áp suất động và ứng suất tiếp trên bề mặt vỏ tàu...

Phân tích sự khác nhau về dòng chảy bao quanh vỏ tàu ở một vài trường hợp cụ thể như sau:

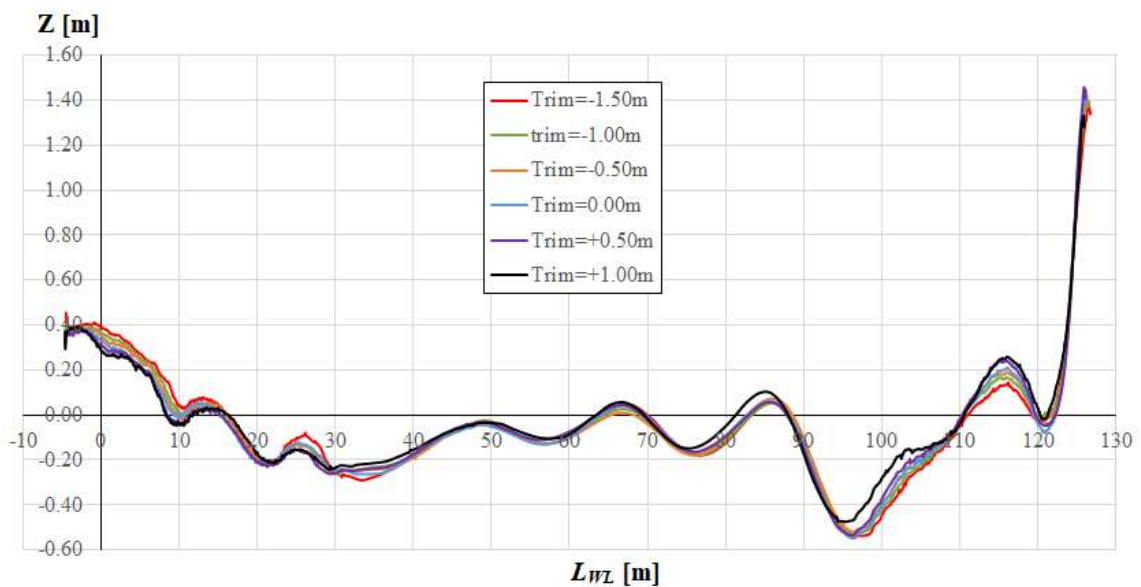
Trên các Hình từ 3.24 đến 3.32 biểu diễn sự khác nhau về sóng bề mặt do tàu tạo ra khi chuyển động, profile sóng dọc vỏ tàu, volume fraction air, phân bố áp suất động trên bề mặt vỏ tàu và dòng theo phía sau vỏ tàu ở vị trí ổ đĩa ảo tại mớn nước trung bình 8.30m và tốc độ tàu tương ứng là 10.5 knots.

Trên Hình 3.24, ta có thể quan sát thấy sự khác nhau về hình dáng sóng bề mặt do tàu tạo ra khi chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau. Cụ thể, như chúng ta có thể quan sát được trên Hình 3.25, tại vị trí đỉnh sóng phía mũi tàu ở vị trí chiều dài tàu  $L_{WL}=115m$  tính từ lái, chiều cao sóng do tàu tạo ra tăng dần đều khi hiệu số mớn nước của tàu chuyển từ chúi lái sang chúi mũi. Cụ thể, chiều cao sóng đạt giá trị lớn nhất ở hiệu số mớn nước +1.00m và có giá trị nhỏ nhất tại hiệu số mớn nước -1.50m. Tại khu vực chiều dài tàu  $L_{WL}$  từ 95.00 đến 110m, độ sâu của bụng sóng giảm dần đều khi hiệu số mớn nước của tàu chuyển từ chúi mũi sang chúi lái. Cụ thể, chiều cao bụng sóng đạt giá trị lớn nhất ở hiệu số mớn nước -1.50m và nhỏ nhất tại hiệu số mớn nước +1.00m. Xu thế này cũng

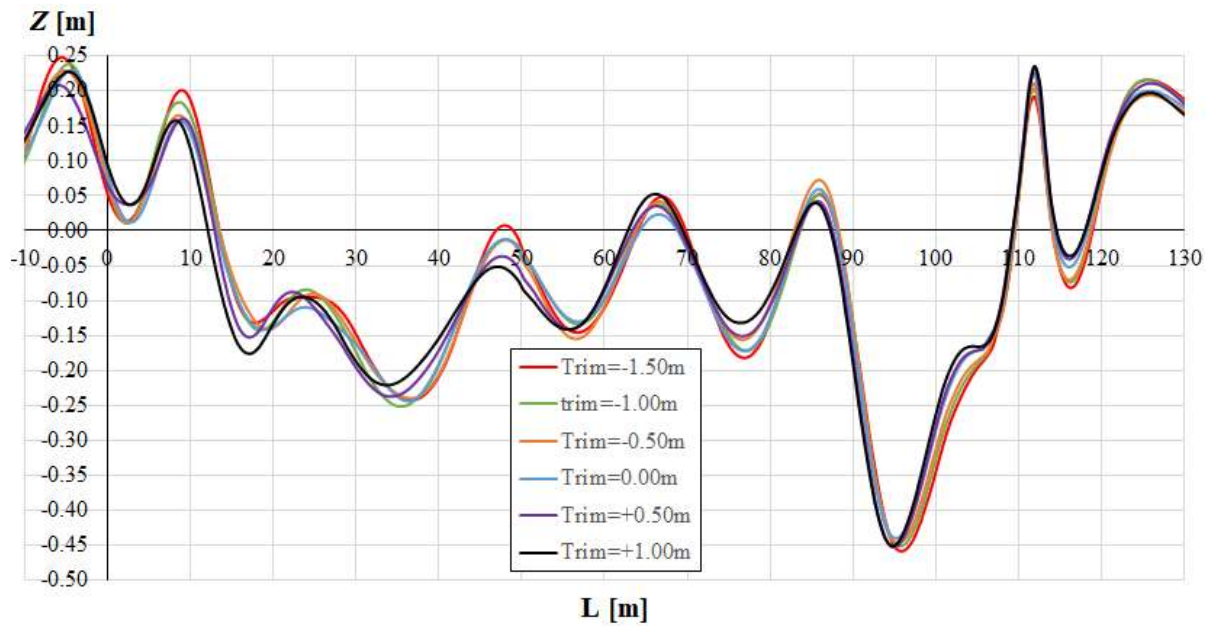
tương tự tại khu vực phía lái tàu từ vị trí có chiều dài  $L_{WL}=0\text{m}$  đến  $10.00\text{m}$ . Ở các vị trí còn lại sự khác nhau là không đáng kể.



**Hình 3.24.** Sự khác nhau về hình dáng sóng khi tàu chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau tại mớn nước trung bình  $d = 8.3\text{ m}$ , tốc độ  $V_s = 10.5\text{ knots}$

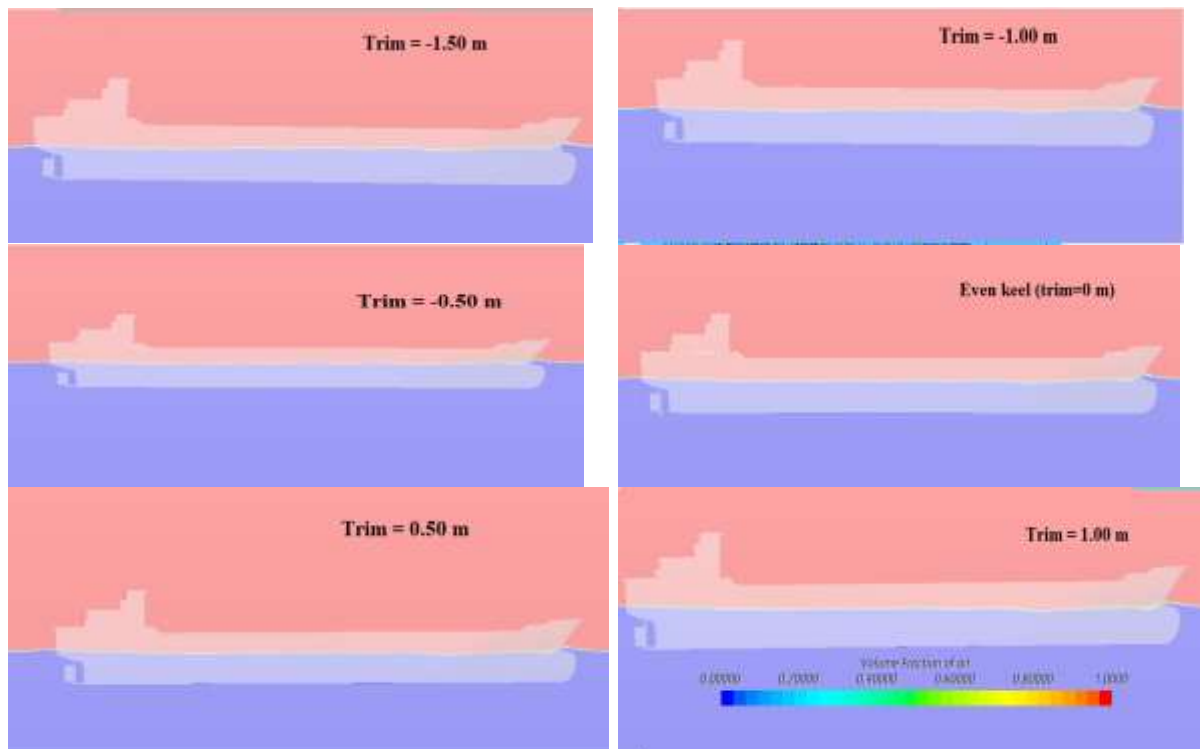


**Hình 3.25.** Sự khác nhau về profile sóng dọc vỏ tàu khi tàu chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau tại mớn nước trung bình  $d = 8.3\text{ m}$ , tốc độ  $V_s = 10.5\text{ knots}$

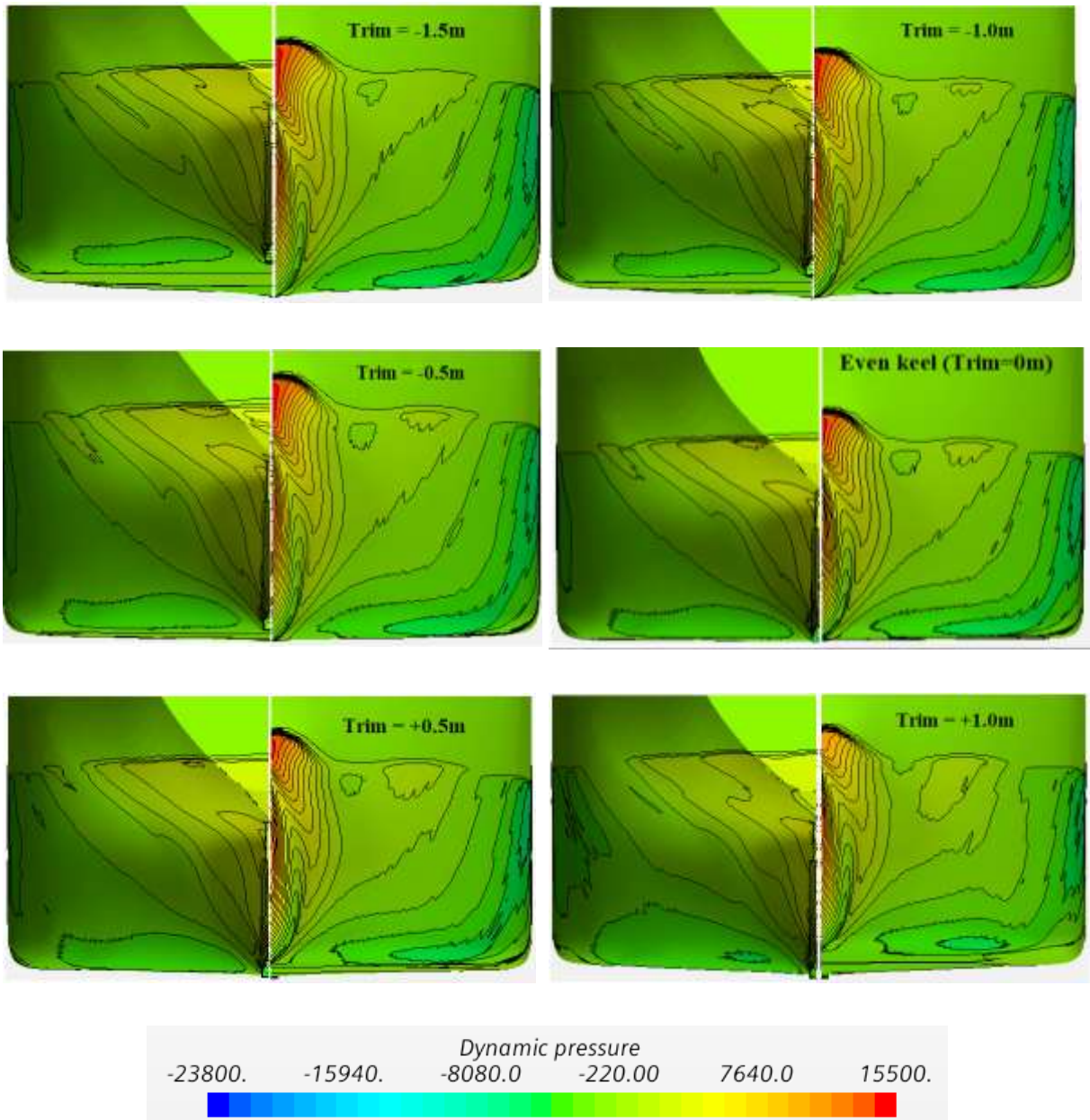


**Hình 3.26. Sự khác nhau về profile sóng dọc vỏ tàu tại vị trí cách mặt phẳng dọc tâm tàu  $y/L_{PP} = 0.10$  khi tàu chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau tại mới nước trung bình  $d = 8.3$  m, tốc độ  $V_s = 10.5$  knots**

Tại vị trí cách mặt phẳng dọc tâm tàu một đoạn  $y/L_{PP} = 0.1$  (xem Hình 3.26), ta có thể thấy sự khác nhau về profile sóng (đỉnh sóng và đáy sóng) khi tàu chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau.



**Hình 3.27. Sự khác nhau về volume fraction air khi tàu chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau tại mới nước trung bình  $d = 8.3$  m, tốc độ  $V_s = 10.5$  knots**



**Hình 3.28. Sự khác nhau về phân bố áp suất động trên bề mặt vỏ tàu khi tàu chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau tại mũi nước trung bình  $d = 8.3$  m, tốc độ  $V_s = 10.5$  knots**

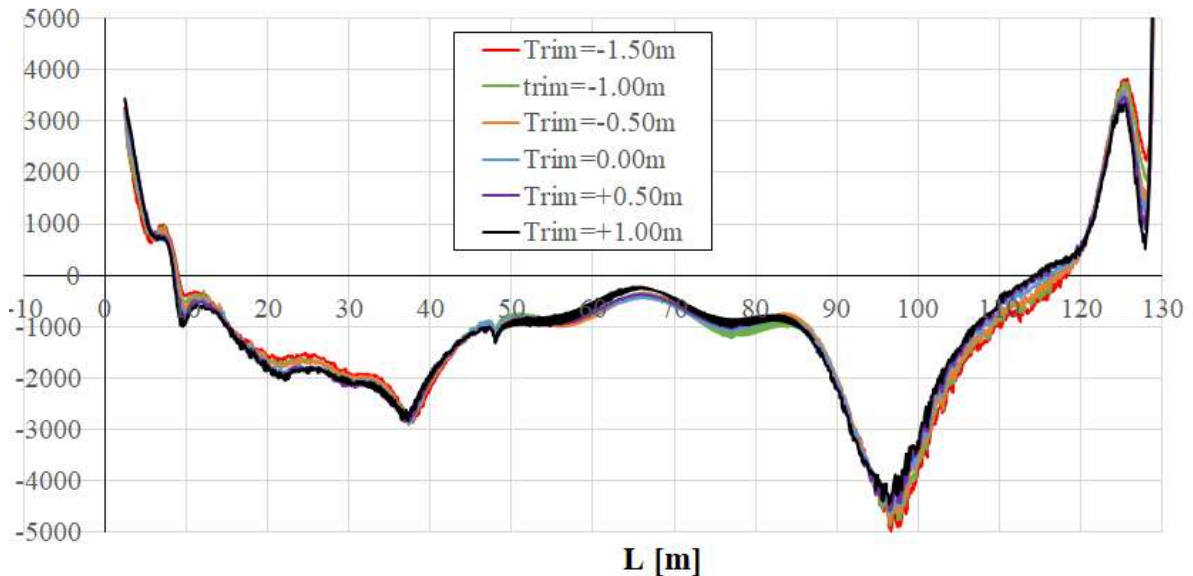
Trên Hình 3.28, ta có thể quan sát thấy sự khác nhau về phân bố áp suất động trên bề mặt vỏ tàu, đây chính là một trong những nguyên nhân gây ra sự khác nhau về sức cản tàu cũng như sự thay đổi hiệu suất chân vịt khi tàu chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau với cùng một trạng thái tải và tốc độ tàu. Ví dụ, tại vị trí  $Z/T = 0.5$  (xem Hình 3.29, ta có thể quan sát thấy sự khác nhau về phân bố áp suất động giữa các phương án. Cụ thể, tại vị trí chiều dài tàu từ 120 đến 130 m (chi tiết có thể xem Hình 3.30), áp suất động dương trên bề mặt vỏ tàu



tăng dần đều khi tàu chuyển từ chúi mũi sang chúi lái, áp suất động đạt giá trị lớn nhất tại hiệu số mớn nước Trim = -1.50 m và đạt giá trị nhỏ nhất tại hiệu số mớn nước Trim = +1.00 m. Tại vị trí chiều dài tàu từ 10 đến 35 m (chi tiết có thể xem Hình 3.31), áp suất động âm trên bề mặt vỏ tàu giảm dần đều khi tàu chuyển từ chúi lái sang chúi mũi, áp suất động âm đạt giá trị lớn nhất tại hiệu số mớn nước Trim = +1.00 m và có đạt giá trị nhỏ nhất tại hiệu số mớn nước Trim = -1.50 m.

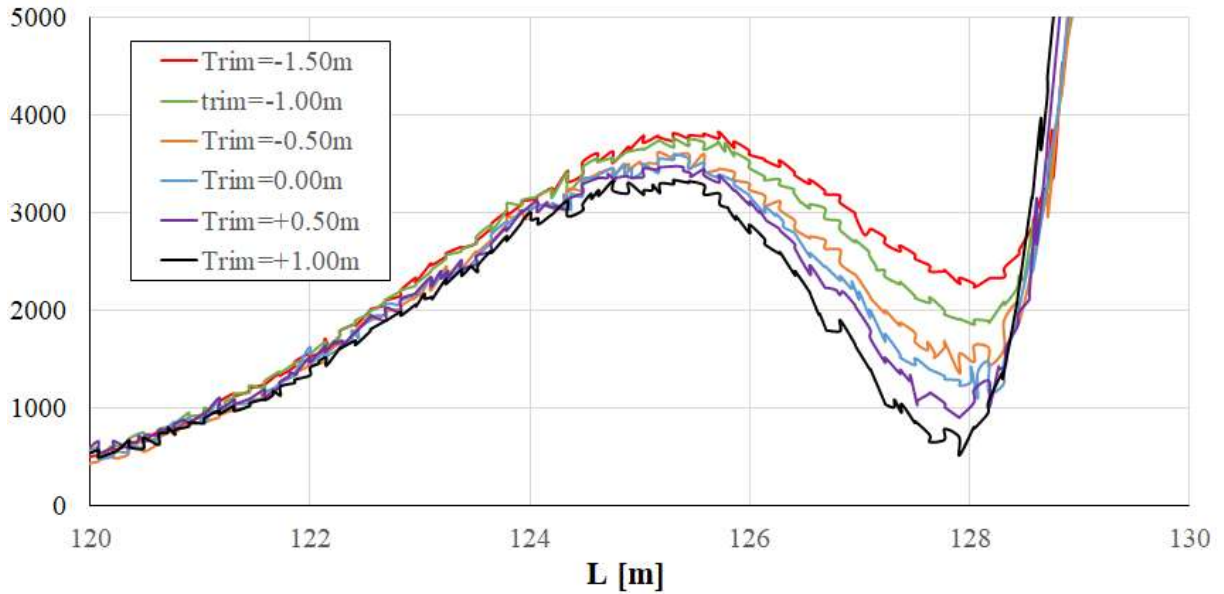
Trên Hình 3.32, biểu diễn phân bố đường dòng theo phía sau vỏ tàu ở vị trí ổ đĩa ảo khi tàu chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau tại mớn nước trung bình  $d = 8.3$  m, tốc độ  $V_s = 10.5$  knots. Từ Hình 3.32 ta có thể dễ dàng quan sát thấy sự khác nhau về đường dòng ứng với các phương án khác nhau. Điều này giải thích cho sự khác nhau về hiệu suất của thiết bị đẩy sau vỏ tàu khi chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau.

**Áp suất động [N]**

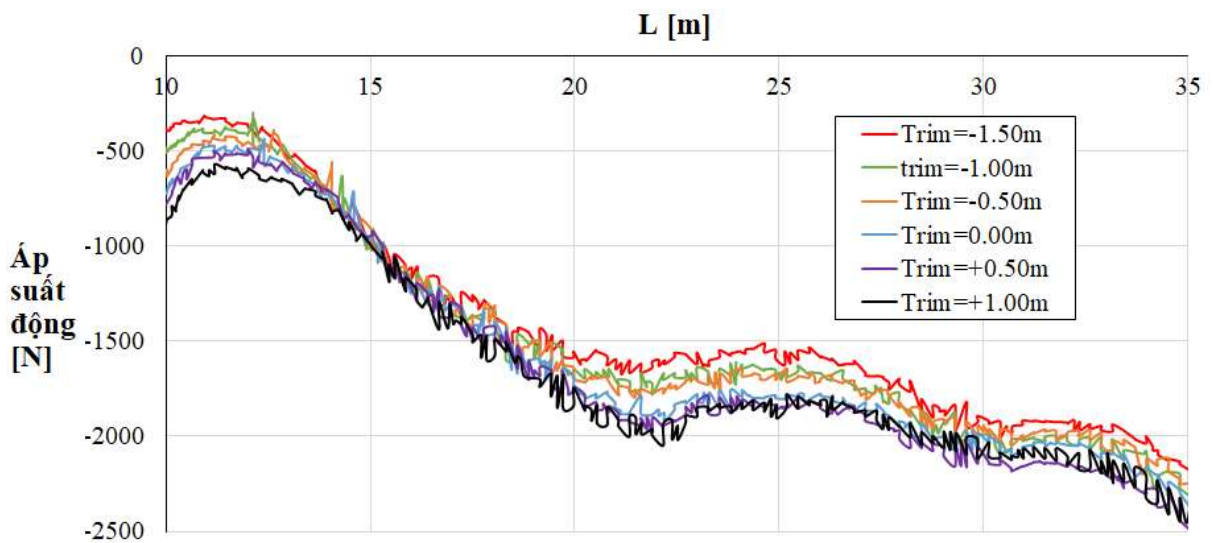


**Hình 3.29. Sự khác nhau về phân bố áp suất động trên bề mặt vỏ tàu tại vị trí  $Z/T = 0.5$  khi tàu chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau tại mớn nước trung bình  $d = 8.3$  m, tốc độ  $V_s = 10.5$  knots**

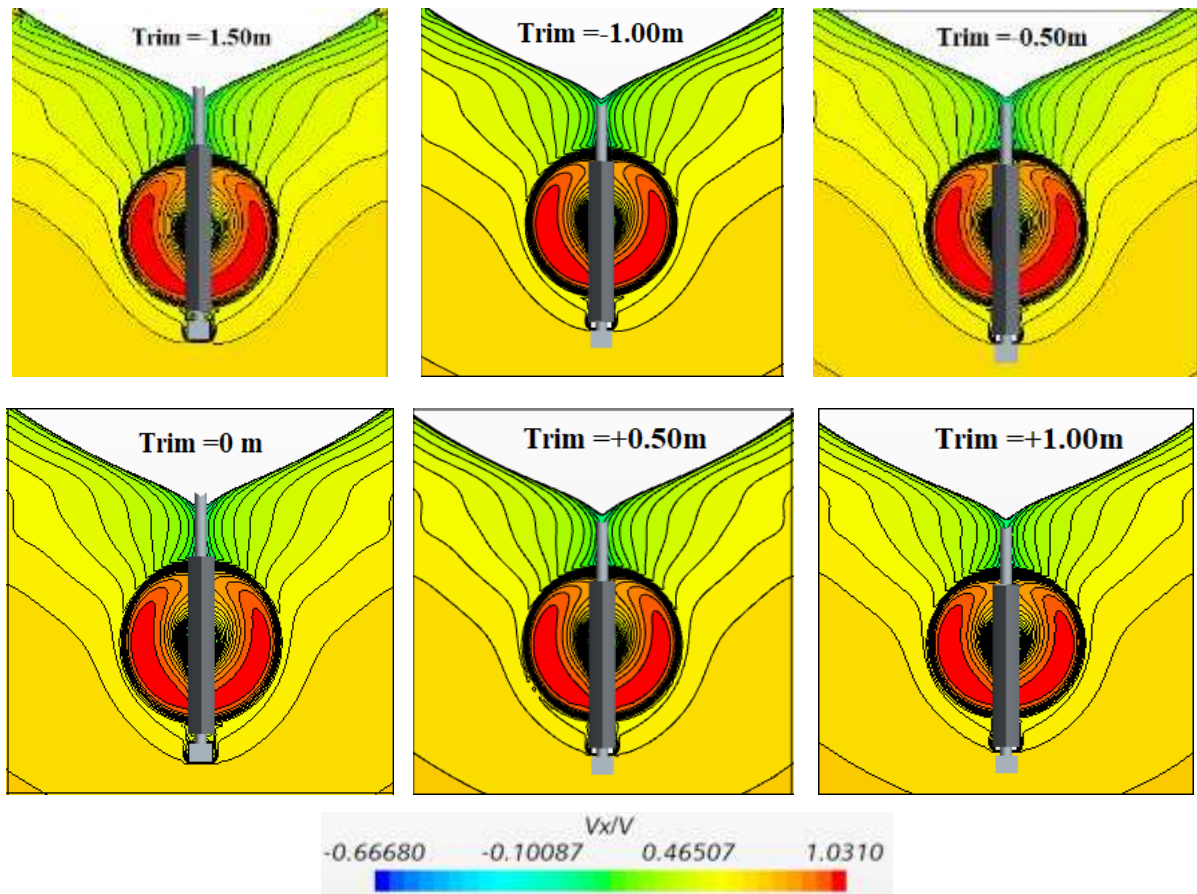
### Áp suất động [N]



**Hình 3.30.** Sự khác nhau về phân bố áp suất động tại ở phía mũi tàu tại  $Z/T = 0.5$  tại đoạn có chiều dài từ 120 đến 130m khi tàu chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau tại mới nước trung bình  $d = 8.3$  m, tốc độ  $V_s = 10.5$  knots

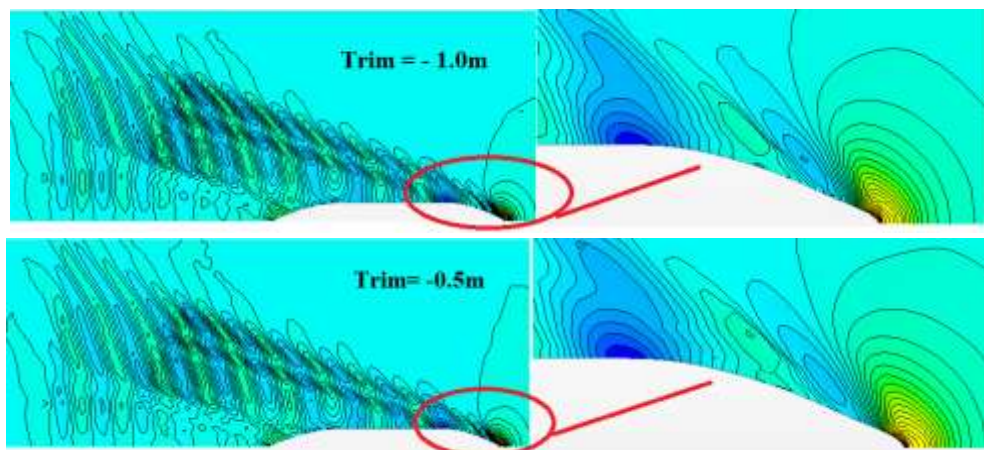


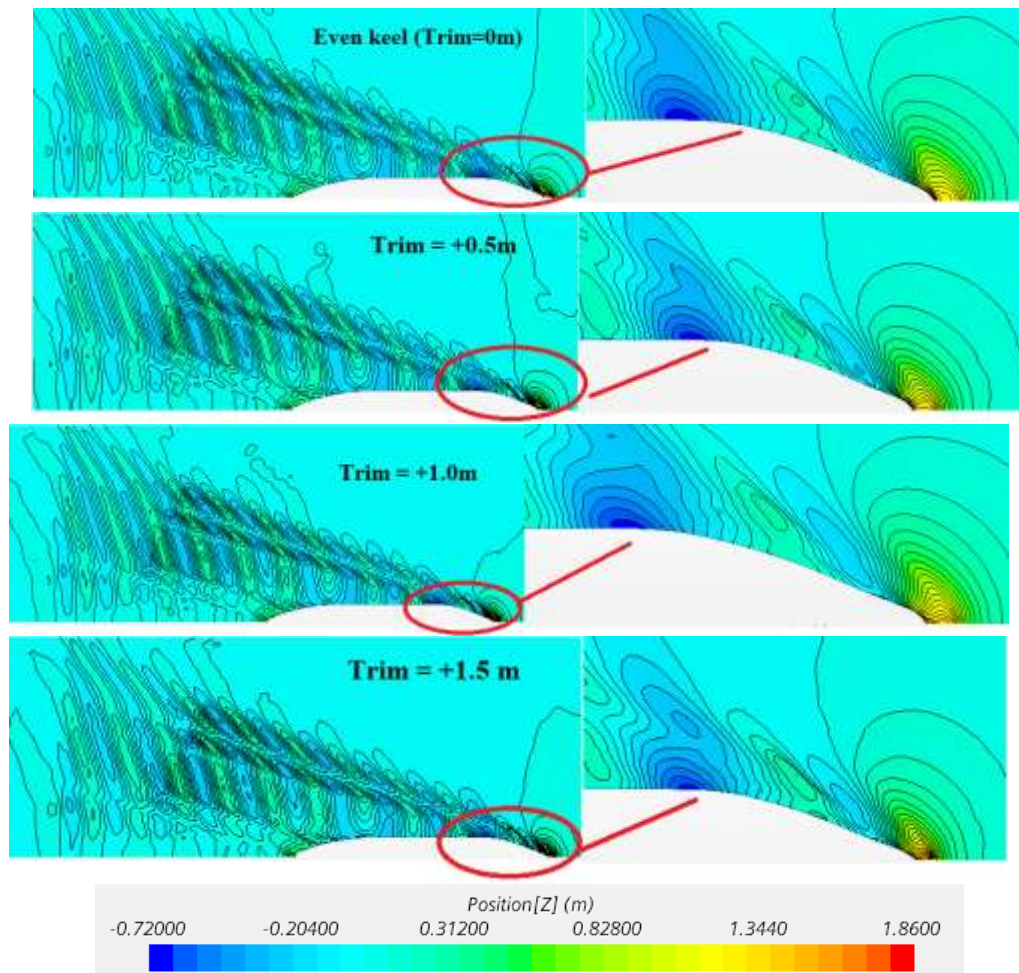
**Hình 3.31.** Sự khác nhau về phân bố áp suất động tại ở phía mũi tàu tại  $Z/T = 0.5$  tại đoạn có chiều dài từ 10 đến 35m khi tàu chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau tại mới nước trung bình  $d = 8.3$  m, tốc độ  $V_s = 10.5$  knots



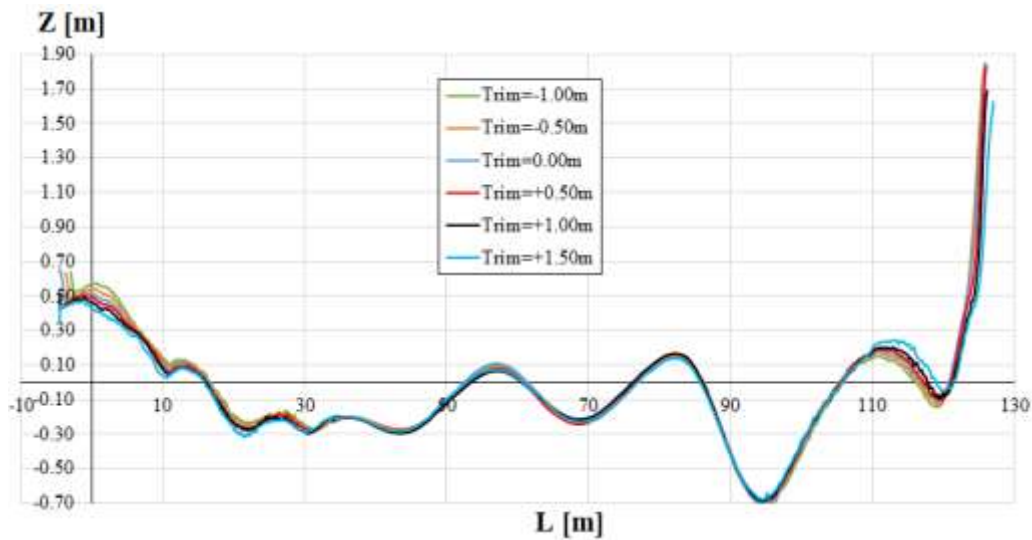
**Hình 3.32. Phân bố trường dòng theo phía sau vỏ tàu ở vị trí ổ đĩa ảo khi tàu chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau tại mớn nước trung bình  $d = 8.3 \text{ m}$ , tốc độ  $V_s = 10.5 \text{ knots}$**

Trên Hình 3.33 đến Hình 3.40 biểu diễn sự khác nhau về hình dạng sóng, profile sóng dọc tàu, volume fraction air và phân bố áp suất động trên bề mặt vỏ tàu tại mớn nước trung bình 7.00m và tốc độ tàu tương ứng là 12.0 knots.

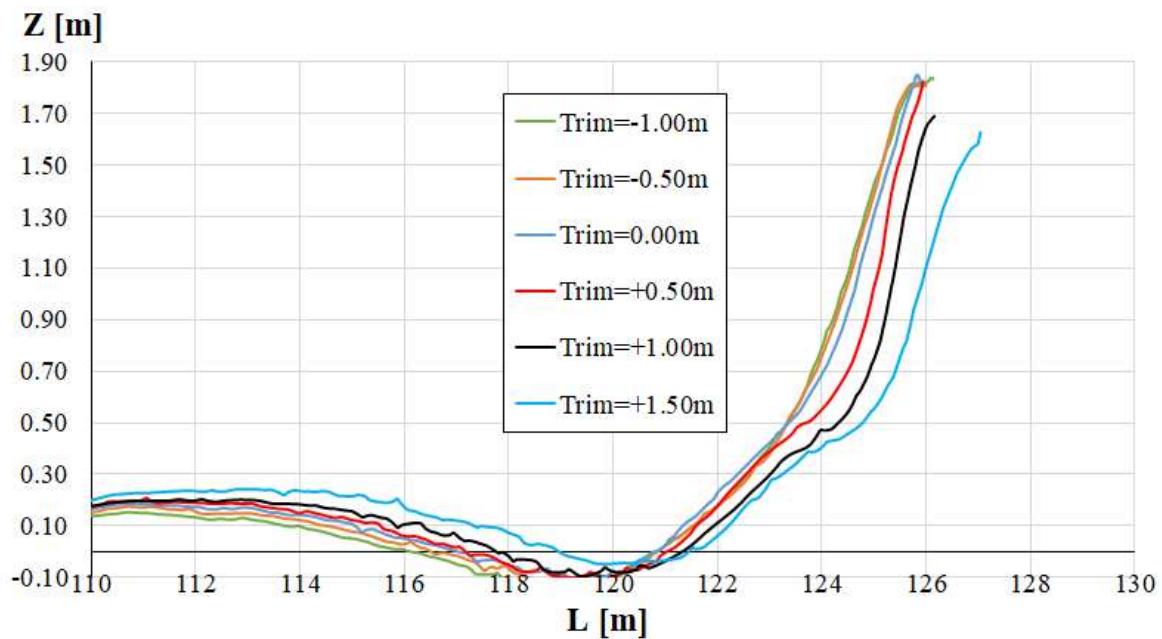




Hình 3.33. Sự khác nhau về hình dáng sóng khi tàu chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau tại mớn nước trung bình  $d = 7.0$  m, tốc độ  $V_s = 12.0$  knots



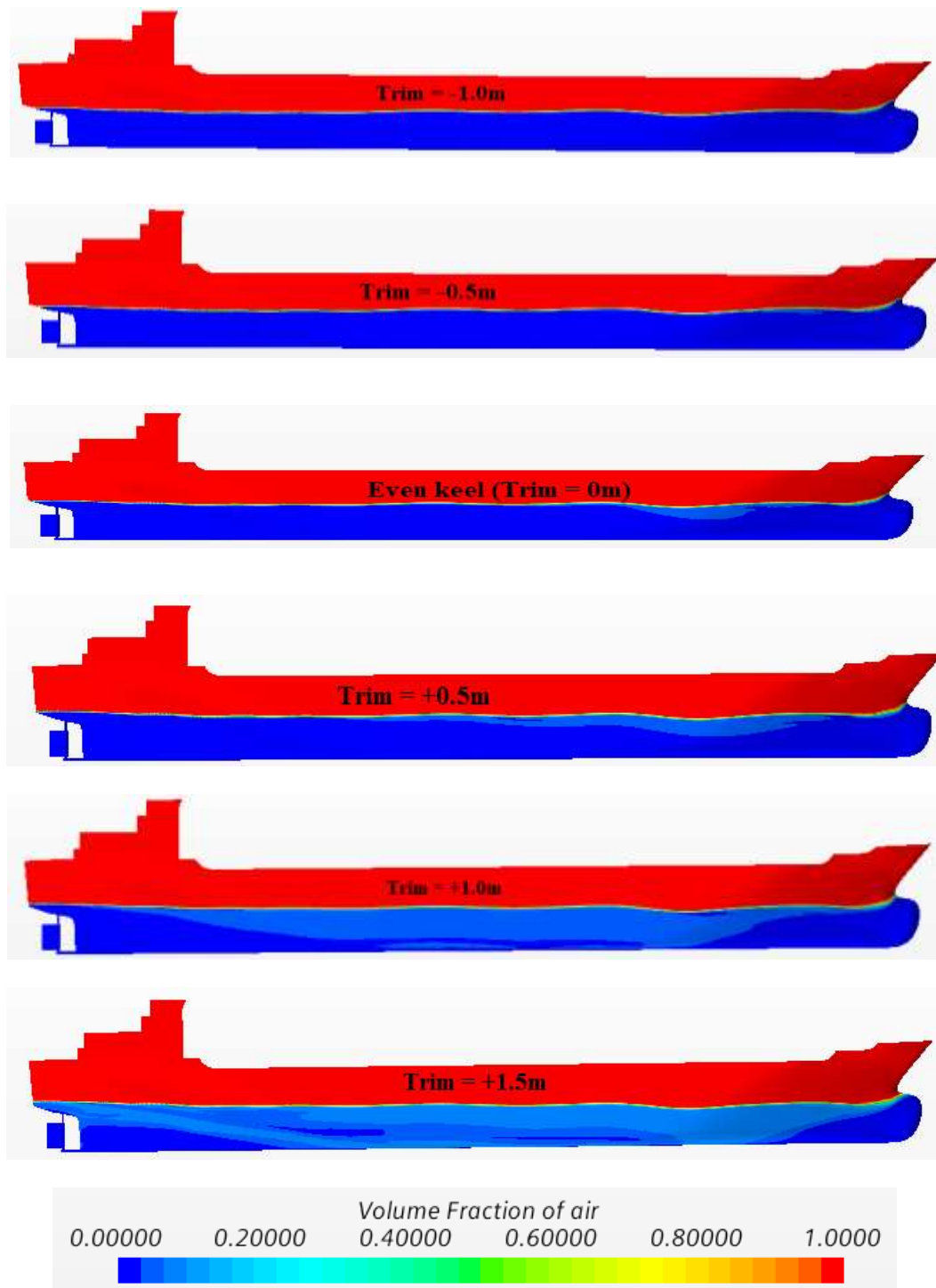
Hình 3.34. Sự khác nhau về Profile sóng dọc vỏ tàu khi tàu chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau tại mớn nước trung bình  $d = 7.0$  m và tốc độ  $V_s = 12.0$  knots



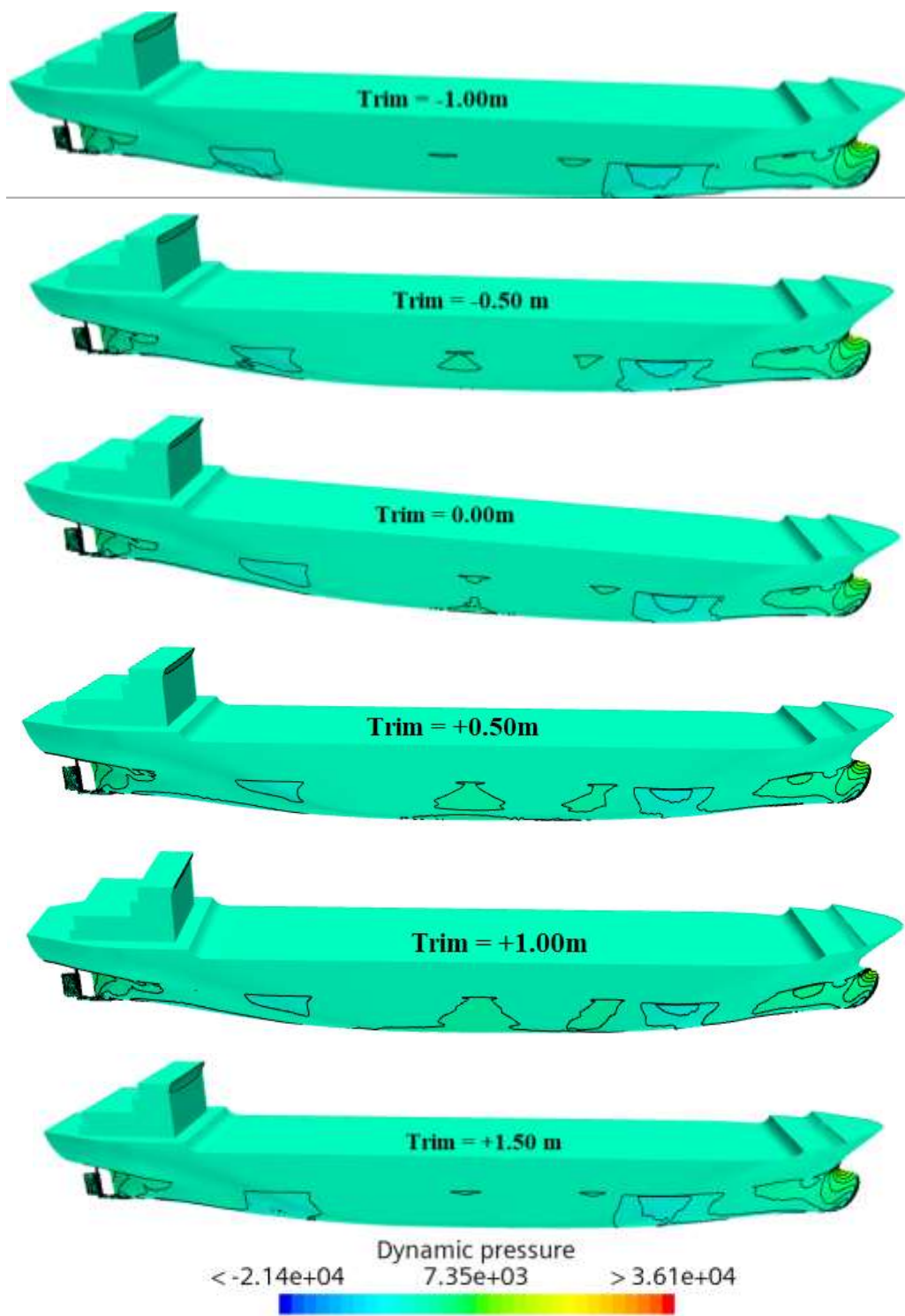
**Hình 3.35. Sự khác nhau về Profile sóng dọc vỏ tàu tại đoạn có chiều dài từ 110 đến mũi tàu khi tàu chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau tại mớn nước trung bình  $d = 7.0$  m và tốc độ  $V_s = 12.0$  knots**

Trên Hình 3.33, ta có thể quan sát thấy sự khác nhau về hình dáng sóng bề mặt do tàu tạo ra khi chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau, đặc biệt là tại khu vực phía mũi tàu. Cụ thể, như chúng ta có thể quan sát được trên Hình 3.34, và chi tiết tại Hình 3.35, tại mũi tàu (đoạn từ  $L = 120$  m đến 126 m) chiều cao sóng mũi do tàu tạo ra khi chuyển động đạt giá trị lớn nhất ở hiệu số mớn nước  $-1.00$ m và có giá trị lớn nhất tại Trim =  $+1.50$  m. Tại vị trí đỉnh sóng thứ 2 (đoạn từ  $L = 110$  m đến 120 m) chúng ta lại quan sát thấy xu hướng ngược lại, chiều cao sóng giảm dần đều khi tàu chuyển từ chúi lái sang chúi mũi. Chiều cao sóng lớn nhất tại Trim =  $+1.50$  m và nhỏ nhất tại Trim =  $-1.00$  m.

Trên Hình 3.36 biểu diễn hình ảnh volume fraction air khi tàu chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau. Chúng ta có thể dễ dàng quan sát thấy sự khác nhau về mớn nước mũi và mớn nước lái của tàu khi chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau.



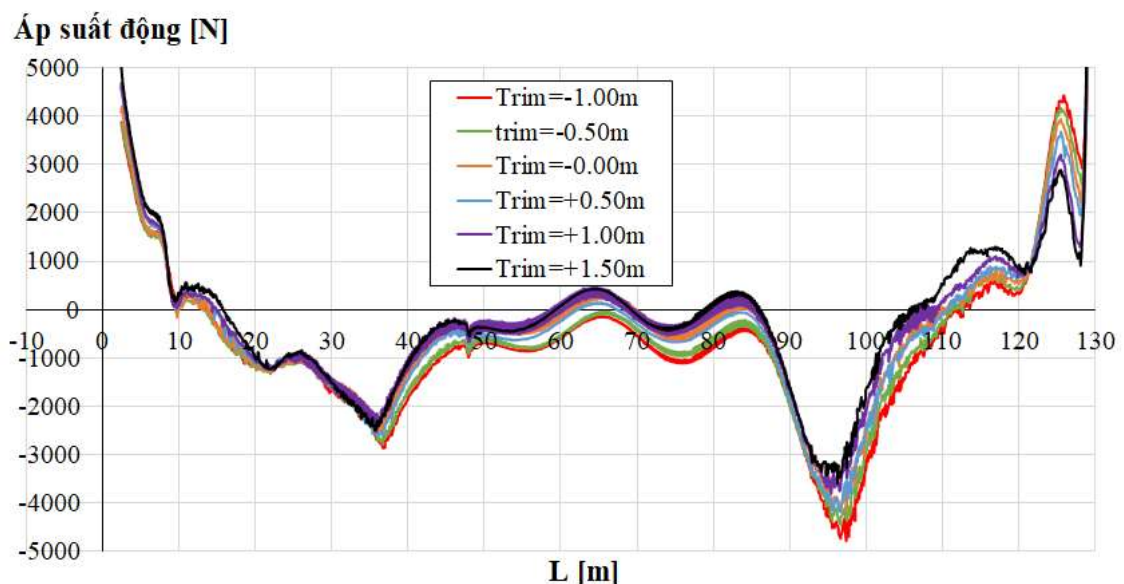
**Hình 3.36. Sự khác nhau về volume fraction air khi tàu chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau tại mớn nước trung bình  $d = 7.0$  m, tốc độ  $V_s = 12.0$  knots**



**Hình 3.37. Sự khác nhau về phân bố áp suất động trên bề mặt vỏ tàu khi tàu chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau tại mớn nước trung bình  $d = 7.0$  m, tốc độ  $V_s = 10.5$  knots**

Trên Hình 3.37, ta có thể quan sát thấy sự khác nhau về phân bố áp suất động trên bề mặt vỏ tàu khi tàu chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau tại mớn nước trung bình  $d = 7.0$  m, tốc độ  $V_s = 10.5$  knots, đây chính là một trong những nguyên nhân gây ra sự khác nhau về sức cản tàu cũng như sự thay đổi

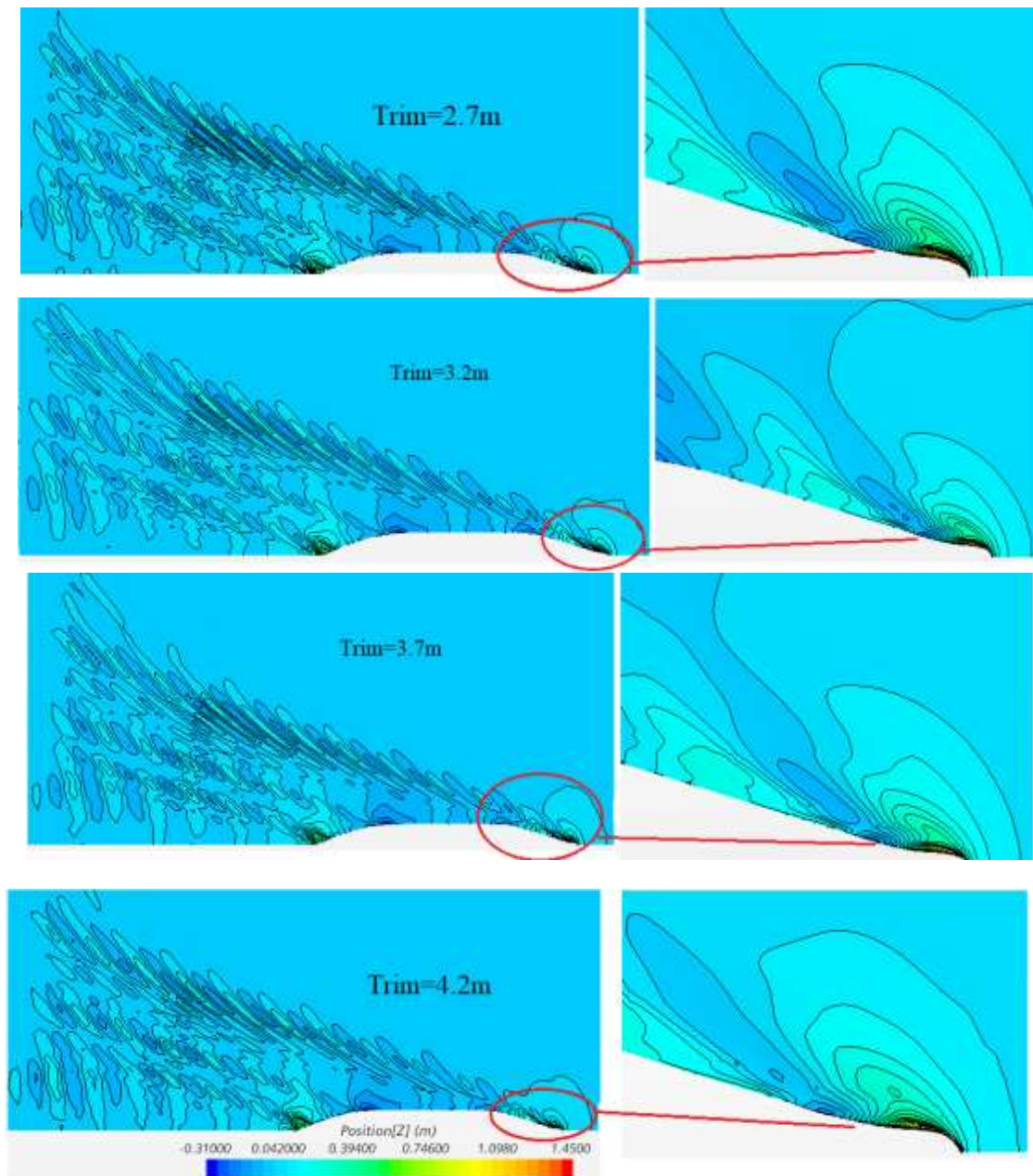
hiệu suất chân vịt khi tàu chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau. Ví dụ, tại vị trí  $Z = 4.5$  m tính từ mặt phẳng cơ bản của tàu (xem Hình 3.38, ta có thể quan sát thấy sự khác nhau về phân bố áp suất động giữa các phương án. Cụ thể, tại vị trí chiều dài tàu từ 120 đến 130 m, áp suất động dương trên bề mặt vỏ tàu tăng dần đều khi tàu chuyển từ chúi mũi sang chúi lái, áp suất động đạt giá trị lớn nhất tại hiệu số mớn nước Trim = -1.00 m và đạt giá trị nhỏ nhất tại hiệu số mớn nước Trim = +1.50 m. Tại vị trí chiều dài tàu từ 90 đến 110 m (chi tiết có thể xem Hình 3.31), áp suất động âm trên bề mặt vỏ tàu giảm dần đều khi tàu chuyển từ chúi lái sang chúi mũi, áp suất động âm đạt giá trị lớn nhất tại hiệu số mớn nước Trim = -1.00 m và đạt giá trị nhỏ nhất tại hiệu số mớn nước Trim = +1.50m.



**Hình 3.38. Sự khác nhau về phân bố áp suất động trên bề mặt vỏ tàu tại  $Z = 4.5$  m khi tàu chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau tại mớn nước trung bình  $d = 7.0$  m, tốc độ  $V_s = 10.5$  knots**

Trên các Hình từ 3.39 đến 3.46 biểu diễn sự khác nhau về hình dạng sóng, profile sóng dọc vỏ tàu, volume fraction air, phân bố áp suất động trên bề mặt vỏ tàu và dòng theo phía sau vỏ tàu ở vị trí đĩa ổ đĩa ảo khi tàu chạy ở chế độ ballast với mớn nước trung bình  $d = 3.76$  m và tốc độ  $V_s = 11.05$  knots.

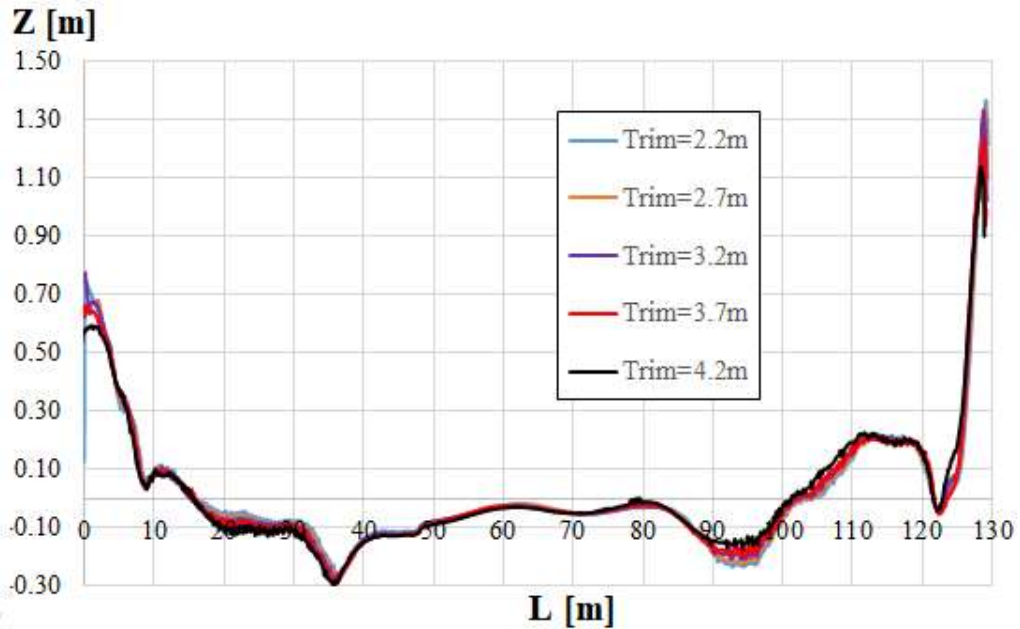




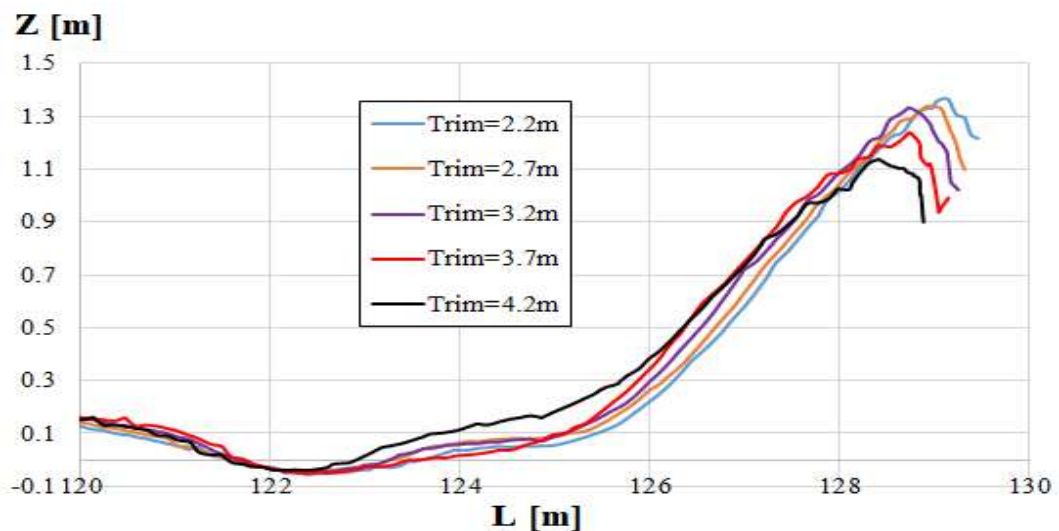
**Hình 3.39. Sự khác nhau về hình dáng sóng khi tàu chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau tại mới nước ballast trung bình  $d = 3.76$  m, tốc độ  $V_s = 11.05$  knots**

Ta có thể quan sát thấy trên Hình 3.39 sự khác nhau về hình dáng sóng bề mặt do tàu tạo ra khi chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau, đặc biệt là tại khu vực phía mũi tàu. Cụ thể, như trên Hình 3.40, và chi tiết tại Hình 3.41 và Hình 3.42, chiều cao đỉnh sóng do tàu tạo ra tại khu vực mũi tàu (đoạn có  $L = 129$  m) giảm dần đều khi tăng hiệu số mớn nước lái. Chiều cao sóng mũi đạt giá trị lớn nhất ở hiệu số mớn nước Trim = +2.20 m và có giá trị nhỏ nhất ở hiệu số mớn nước Trim = +4.20 m. Tại vị trí đáy sóng thứ 2 (đoạn từ  $L = 90$  m đến 110 m)

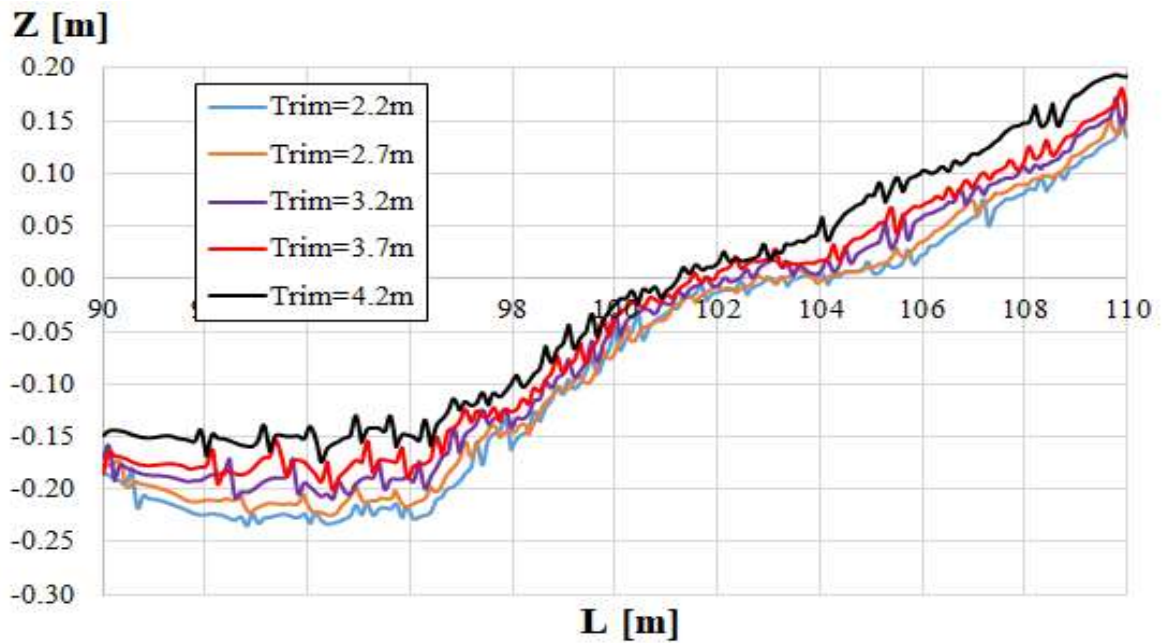
chúng ta cũng quan sát được xu hướng tương tự, tức là chiều cao đáy sóng giảm dần đều khi tăng hiệu số mớn nước lái. Chiều cao đáy sóng đạt trị lớn nhất ở hiệu số mớn nước Trim = +2.20 m và có giá trị nhỏ nhất ở hiệu số mớn nước Trim = +4.20 m.



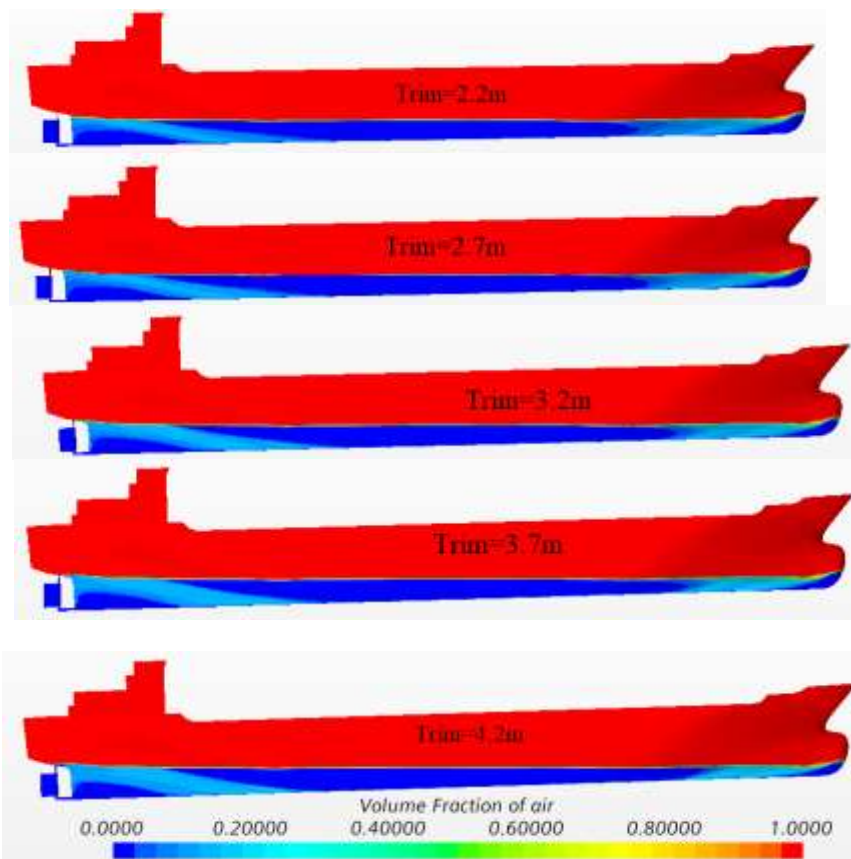
**Hình 3.40. Sự khác nhau về Profile sóng dọc vỏ tàu khi tàu chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau tại mớn nước ballast trung bình  $d = 3.76$  m và tốc độ  $V_s = 11.05$  knots**



**Hình 3.41. Sự khác nhau về Profile sóng dọc vỏ tàu tại đoạn có chiều dài từ 120 đến mũi tàu khi tàu chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau tại mớn nước ballast trung bình  $d = 3.76$  m và tốc độ  $V_s = 11.05$  knots**

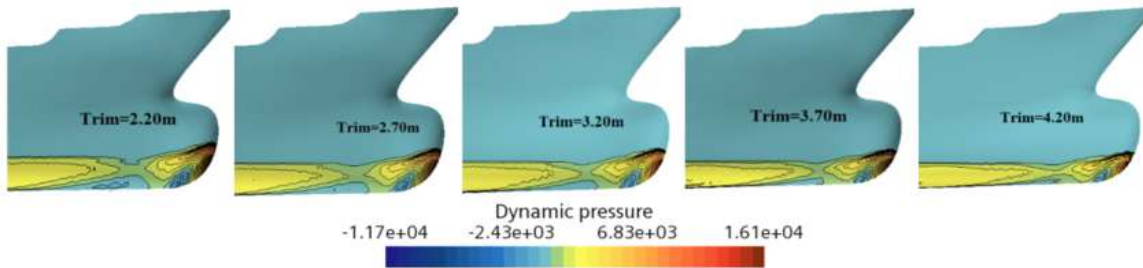


Hình 3.42. Sự khác nhau về Profile sóng dọc vỏ tàu tại đoạn có chiều dài từ 90 đến 120m khi tàu chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau tại mớn nước ballast trung bình  $d = 3.76$  m và tốc độ  $V_s = 11.05$  knots

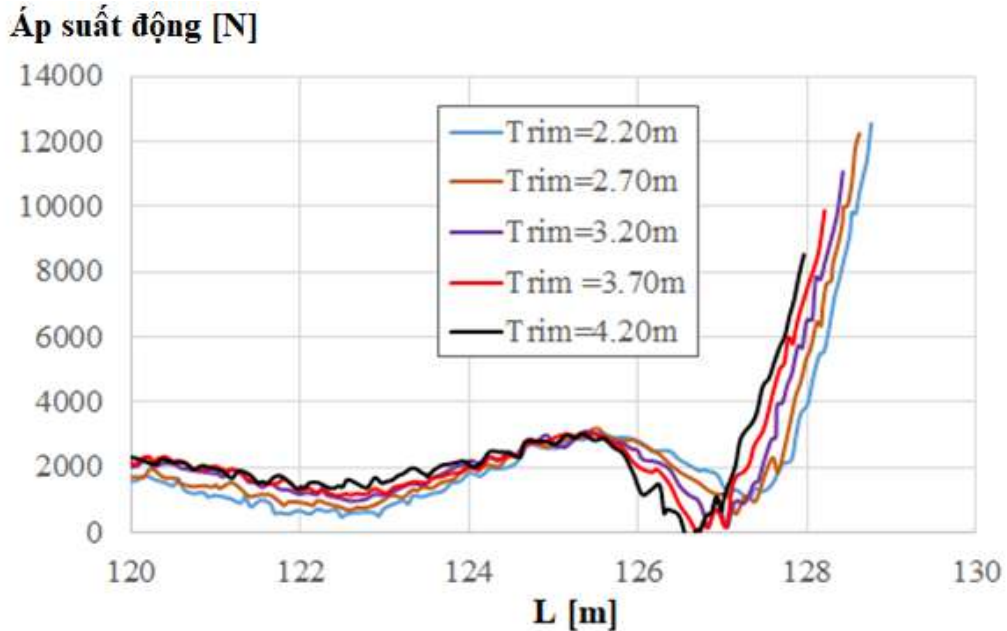


Hình 3.43. Sự khác nhau về volume fraction air khi tàu chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau tại mớn nước ballast trung bình  $d = 3.76$  m, tốc độ  $V_s = 11.05$  knots

Trên Hình 3.43 biểu diễn hình ảnh volume fraction air khi tàu chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau. Chúng ta có thể dễ dàng quan sát thấy sự khác nhau về mớn nước mũi và mớn nước lái của tàu khi chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau.



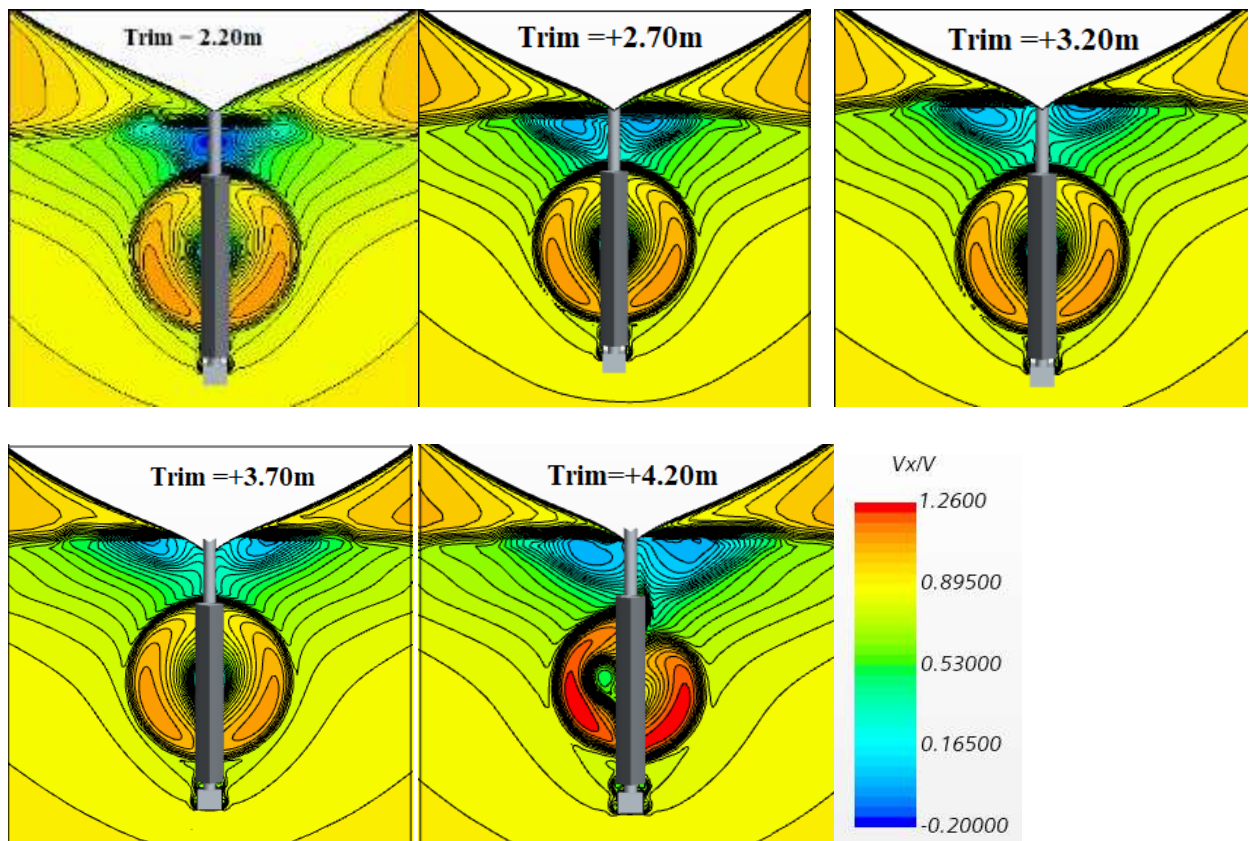
**Hình 3.44. Sự khác nhau về phân bố áp suất động trên bề mặt vỏ tàu tại khu vực mũi tàu khi tàu chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau tại mớn nước ballast trung bình  $d = 3.76$  m, tốc độ  $V_s = 11.05$  knots**



**Hình 3.45. Sự khác nhau về phân bố áp suất động trên bề mặt vỏ tàu tại  $Z = 2.70$  m ở đoạn có chiều dài từ 120 đến 129 m khi tàu chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau tại mớn nước ballast trung bình  $d = 3.76$  m, tốc độ  $V_s = 11.05$  knots**

Trên Hình 3.45, ta có thể quan sát thấy sự khác nhau về phân bố áp suất động trên bề mặt vỏ tàu tại khu vực mũi tàu khi tàu chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau so với tại mớn nước ballast trung bình  $d = 3.76$  m và tốc độ  $V_s = 11.05$  knots. Cụ thể, tại vị trí chiều cao  $Z = 2.7$  m so với mặt phẳng cơ bản của tàu (xem Hình 3.45), giá trị áp suất động tăng dần đều tại đoạn có chiều dài

$L = 126$  đến  $129$  m khi giảm hiệu số mớn nước lái của tàu. Trong trường hợp này giá trị áp suất động đạt giá trị cực đại tại hiệu số mớn nước Trim = 2.20 m và có giá trị nhỏ nhất tại hiệu số mớn nước Trim = 4.20m. Ở tại đoạn có chiều dài từ  $L = 120$  m đến  $126$  m, chúng ta lại quan sát được xu hướng ngược lại. Giá trị áp suất động giảm dần đều khi giảm hiệu số mớn nước lái của tàu. Trong trường hợp này giá trị áp suất động đạt giá trị nhỏ nhất tại hiệu số mớn nước Trim = 2.20 m và có giá trị lớn nhất tại hiệu số mớn nước Trim = 4.20m



**Hình 3.46. Phân bố trường dòng theo phía sau vỏ tàu ở vị trí ổ đĩa ảo khi tàu chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau tại chế độ ballast có mớn nước trung bình  $d = 3.76$ m, tốc độ  $V_s = 11.05$  knots**

Trên Hình 3.46, biểu diễn phân bố trường dòng theo phía sau vỏ tàu ở vị trí ổ đĩa ảo khi tàu chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau tại chế độ ballast với mớn nước trung bình  $d = 3.76$  m, tốc độ  $V_s = 11.05$  knots. Từ Hình 3.46 ta có thể dễ dàng quan sát thấy sự khác nhau về trường dòng ứng với các phương án khác nhau. Đặc biệt là ở hiệu số mớn trước Trim = 4.20 m. Điều này giải thích

cho sự khác nhau về hiệu suất của chân vịt sau vỏ tàu khi chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau.

### **3.3. Kết luận chương 3**

Ở Chương 3 này, các kết quả nghiên cứu đã đạt được như sau:

- Xây dựng được mô hình bài toán tính toán ảnh hưởng của hiệu số mớn nước đến sự thay đổi công suất máy chính của tàu bằng phương pháp số CFD. Mô hình tính toán được xây dựng là rõ ràng và tường minh.

- Độ tin cậy của kết quả mô phỏng tính toán đã được kiểm chứng thông qua việc so sánh kết quả tính toán với kết quả sea trial (thử đường dài) ở chế độ ballast. Đây là kết quả thử có thể nói là tin cậy nhất được thực hiện bởi sự có mặt của 3 cơ quan gồm: Đăng kiểm – Chủ tàu và Nhà máy. Sai số giữa kết quả tính toán và kết quả đo đạc khoảng 5%. Điều đó khẳng định kết quả mô phỏng tính toán là tin cậy.

- Kết quả mô phỏng tính toán cho Serries tàu hàng 12500 DWT chỉ ra rằng: khi tàu chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau sẽ dẫn đến sự thay đổi công suất máy; xu hướng và phần trăm thay đổi công suất máy chính của tàu phụ thuộc vào trạng thái tải trọng của tàu, hiệu số mớn nước và tốc độ tàu; mức giảm công suất máy khi tàu chạy ở hiệu số mớn nước tối ưu so với khi chạy ở tư thế khai thác thông thường dao động trong dải từ 0.5% đến 4.5% tùy theo trạng thái tải và tốc độ tàu.

- Giải thích được bản chất sự thay đổi công suất máy của tàu khi chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau thông qua việc phân tích sự khác nhau về đường dòng bao quanh vỏ tàu khi tàu chạy ở các trạng thái tải trọng với các hiệu số mớn nước và tốc độ khác nhau. Sự khác nhau về đường dòng bao quanh vỏ tàu khi chuyển động ở các hiệu số mớn nước khác nhau là nguyên nhân dẫn đến sự thay đổi sức cản, hiệu suất của chân vịt và cuối cùng là công suất máy.

## **CHƯƠNG 4. THỰC NGHIỆM ĐÁNH GIÁ ĐỘ TIN CẬY CỦA KẾT QUẢ MÔ PHỎNG**

### **4.1. Xây dựng quy trình thử tàu khi chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau**

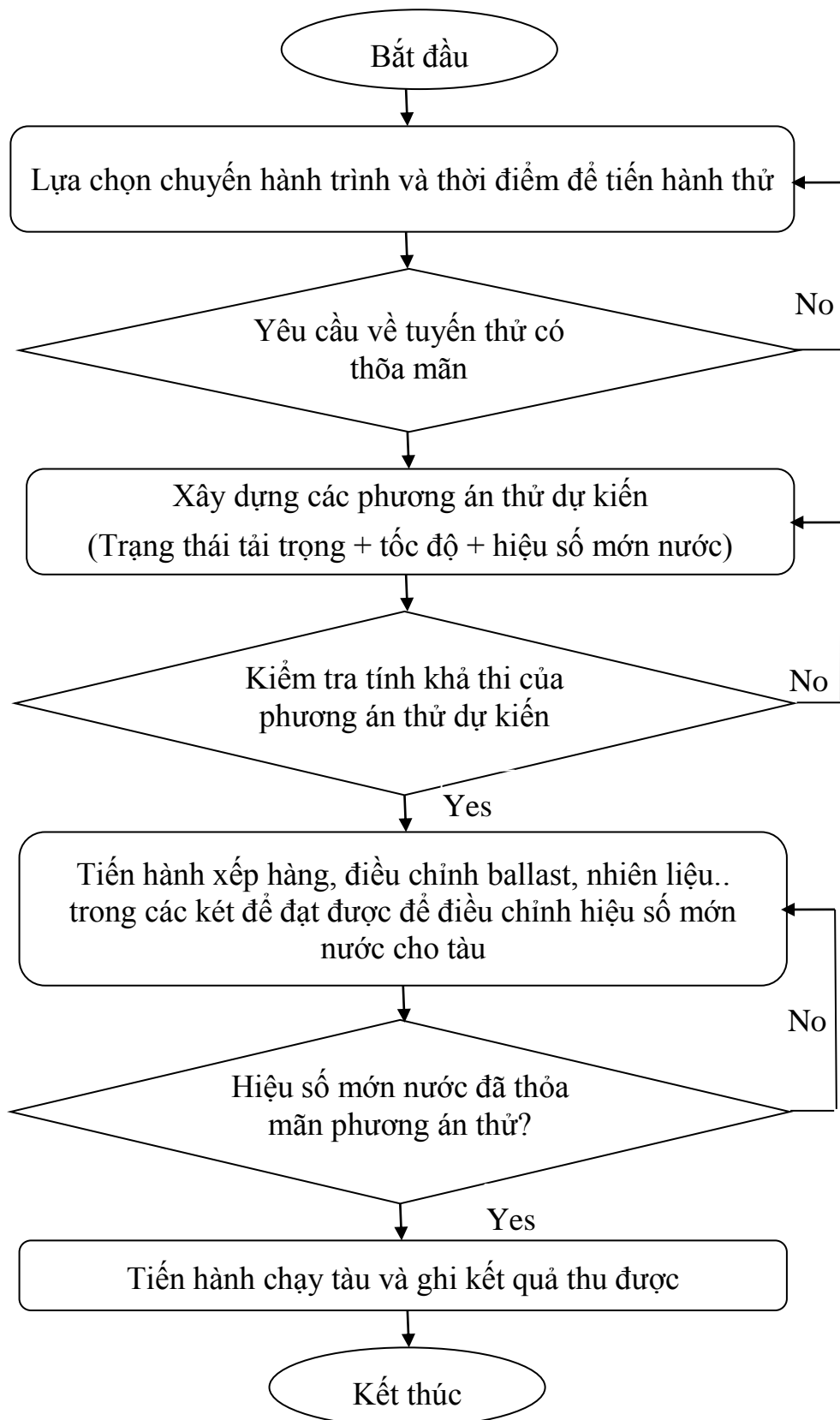
Nhằm kiểm tra đánh giá độ tin cậy của kết quả mô phỏng tính toán hiệu số mớn nước tối ưu cho Serries tàu hàng 12500 DWT đưa ra ở Chương 3. Trong chương này, NCS sẽ tiến hành triển khai thực nghiệm trên tàu thực.

Do giải pháp chạy tàu ở hiệu số mớn nước tối ưu là giải pháp mới được IMO khuyến nghị áp dụng. Chính vì vậy, hiện tại các tài liệu hướng dẫn về quy trình thử tàu khi chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau tại cùng chế độ tải không thấy được công bố trên mạng. Trong khi việc xây dựng quy trình đối với việc thử tàu ở các hiệu số mớn nước khác nhau là rất quan trọng bởi nó sẽ liên quan đến độ tin cậy của kết quả thực nghiệm. Dưới đây, NCS xin đề xuất trình tự các bước trong quy trình thử tàu ở các hiệu số mớn nước khác nhau. Trình tự này được trình bày trên Hình 4.1.

#### ***4.1.1. Lựa chọn tuyến hành trình và thời điểm để tiến hành thử***

Bước đầu tiên trong quy trình thử tàu ở các hiệu số mớn nước khác nhau là việc lựa chọn tuyến hành trình và thời điểm để tiến hành thử tàu. Ở đây tuyến hành trình và thời điểm được lựa chọn căn cứ trên việc thỏa mãn các yêu cầu và các tiêu chí sau:

- *Tiêu chí về kế hoạch khai thác của tàu:* Kế hoạch khai thác dự kiến của tàu cần phải nằm trong 3 trạng thái tải trọng (toàn tải, một phần tải và trạng thái chạy ballast) với các tốc độ như trong kết quả mô phỏng tính toán. Mục đích của việc này là nhằm so sánh đánh giá mức tiêu hao nhiên liệu thực tế của tàu khi chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau ứng với 3 trạng thái tải trọng xem xét với kết quả mô phỏng tính toán.



**Hình 4.1. Quy trình các bước thử tàu ở các hiệu số môn nước khác nhau**



- *Tiêu chí về điều kiện môi trường khai thác*: Các điều kiện về môi trường cần phải phải tương đồng với điều kiện tính toán. Nghĩa là ở đây cần phải đảm bảo được chuyển hành trình dự kiến của tàu là chạy trong vùng nước sâu, điều kiện về sóng, gió và dòng chảy là nhỏ.

+ Đối với yêu cầu về độ sâu của tuyến thử. Trị số chiều sâu tối thiểu của vùng thử tàu phụ thuộc vào tốc độ và mớn nước của tàu, trị số này được đưa ra trong Bảng 4.1.

**Bảng 4.1. Trị số độ sâu tối thiểu của vùng thử tàu**

Tốc độ tàu (knots)	MỚN NƯỚC CỦA TÀU (m)								
	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0
10	-	-	25	30	40	50	65	75	90
15	-	25	30	40	50	65	75	90	105
20	-	40	45	55	70	80	95	115	125

+ Đối với yêu cầu về điều kiện sóng, gió và dòng chảy: Tình hình thủy văn trong thời gian thử nghiệm, ảnh hưởng đáng kể đến độ tin cậy của các kết quả thu được. Thời điểm thực hiện thử nghiệm cần có lực gió và sóng biển là nhỏ nhất. Theo các tài liệu của Liên Xô cũ yêu cầu cường độ sóng khi thử tàu nói chung không lớn hơn cấp 3. Trong qui phạm của nhiều nước, lực gió và trạng thái biển không được qui định nghiêm ngặt, mà chỉ đề ra sự cần thiết ghi lại các đại lượng đặc trưng cho tình hình thủy văn. Theo tiêu chuẩn OH 9 – 792 – 68 của Liên Xô cũ, lực gió được giới hạn đến cấp 2 đối với các tàu có lượng choán nước đến 1000 tấn, cấp 3 cho tàu có lượng choán nước từ 1000 đến 2000 tấn và cấp 4 đối với các tàu lượng choán nước lớn hơn.

Mặt khác, trong tiến hành thử tốc độ và để sử dụng tiếp các số liệu đã thu được chúng ta cần biết tốc độ của tàu so với nước bao quanh nó, tức là khi

không có dòng chảy. Do đó các điều kiện và nơi tiến hành thử nghiệm được lựa chọn với tính toán để ảnh hưởng của dòng chảy là nhỏ nhất hoặc dòng chảy được chọn hướng dọc theo đường mức đo theo khả năng có thể. Vì vậy, cần chọn những vùng có dòng chảy ít biến đổi theo thời gian và vị trí để ảnh hưởng của dòng chảy đến kết quả đo là nhỏ nhất.

#### ***4.1.2. Xây dựng các phương án thử***

Sau khi lựa chọn được tuyến hành trình và thời điểm để thử, bước tiếp theo sẽ là xây dựng các phương án thử để xem phương án thử có khả thi hay không. Nghĩa là ở bước này sẽ tiến hành tính toán và kiểm tra sơ bộ xem các phương án thử (hiệu số mớn nước, tốc độ tàu) có khả thi để tiến hành chạy thử nghiệm trong chuyến hành trình này không.

#### ***4.1.3. Tiến hành điều chỉnh hiệu số mớn nước cho tàu***

Trên cơ sở phân bố thể tích, khối lượng và vị trí của các két nhiên liệu, dẫn, khoang hàng từ chương trình loading computer trên tàu, ta sẽ tiến hành phân bố lại một phần ballast, hoặc nhiên liệu, hoặc hàng từ vị trí két này sang két khác để điều chỉnh hiệu số mớn nước cho tàu. Ở đây việc phân bố lại ballast hoặc nhiên liệu hoặc hàng cần phải đảm bảo được việc di chuyển là hiệu quả nhất (di chuyển một khối lượng nhỏ nhưng đạt được hiệu số mớn nước lớn) và không ảnh hưởng đến các tính năng khác của tàu như tính ổn định, độ bền thân tàu...

Ví dụ về cách phân bố lại tải trọng cho tàu để điều chỉnh hiệu số mớn nước cho tàu trên phần mềm loading computer được trình bày trên Bảng 4.2.

**Bảng 4.2. Phương pháp phân bố lại tải cho tàu để điều chỉnh hiệu số mớn nước dựa trên phần mềm loading computer trên tàu**

Load condition	$T_{\text{mean}}$ [m]	trim [m]	
Full (~98% of DWT)	10.14	1.07	
Trim scenario	$\Delta$ Weight [t]	$\Delta$ $T_{\text{mean}}$ [m]	$\Delta$ trim [m]
1. Cargo (re-)allocation	Not feasible		-
2. HFO to fore tanks	266 t		-0.47
3. Technical fresh water to fore tanks	458 t		-0.96
4. Ballast water	Not feasible		-

Load condition	$T_{\text{mean}}$ [m]	trim [m]	
Partial (~70% of DWT)	10.14	1.07	
Trim scenario	$\Delta$ Weight [t]	$\Delta$ $T_{\text{mean}}$ [m]	$\Delta$ trim [m]
1. Cargo (re-)allocation	1113 t		-0.83
2. HFO to fore tanks	266 t		-0.50
3. Technical fresh water to fore tanks	458 t		-1.04
4. Ballast water	900 t	+0.14	-1.01

Việc điều chỉnh hiệu số mớn nước được coi là kết thúc khi thiết bị đo hiệu số mớn nước trên tàu báo là đã thỏa mãn phương án thử.

#### 4.1.4. Tiến hành thử

Sau khi đã điều chỉnh được hiệu số mớn nước cho tàu đúng như phương án dự kiến thử. Ta sẽ tiến hành chạy thử tàu. Trong quá trình chạy thử tàu sẽ ghi lại mức tiêu hao nhiên liệu cho tàu ứng với từng trường hợp thử khác nhau ở đây sẽ có hai cách thực hiện:

- Giữ nguyên vòng quay của máy ở tất cả các phương án hiệu số mớn nước khác nhau trong quá trình chạy thử (ứng với một trạng thái tải của tàu). Trên cơ sở đó tiến hành đo đạc sự thay đổi tốc độ tàu ứng với từng hiệu số mớn nước khác nhau.

- Giữ nguyên tốc độ khai thác cho tàu ở tất cả các phương án hiệu số mớn nước khác nhau trong quá trình chạy thử (ứng với một trạng thái tải của tàu), trên cơ sở đó sẽ tiến hành đo đạc vòng quay và công suất máy ứng với từng hiệu số mớn nước khác nhau.

Do trong thực tế khai thác tàu rất khó thực hiện được phương án 2 (duy trì tốc độ và thay đổi vòng quay của máy). Chính vì vậy, ở đây phương án thử thứ nhất (duy trì vòng quay của máy là không đổi khi chạy tàu ở các hiệu số mớn nước khác nhau) được lựa chọn. Trên cơ sở đó, tiến hành đo đạc công suất máy và mức tiêu hao nhiên liệu của tàu ứng với từng trường hợp thử. Thời gian tiến hành thử nghiệm cho mỗi phương án hiệu số mớn nước là 01h khi đó sẽ đảm bảo được điều kiện ngoại cảnh là tương đối như nhau khi tàu chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau.

## **4.2. Thực nghiệm đo đạc**

Nghiên cứu sinh (NCS) đã phối hợp cùng với thuyền trưởng và máy trưởng của tàu TRƯỜNG MINH OCEAN 12500 DWT tiến hành thực nghiệm đo đạc ảnh hưởng của hiệu số mớn nước đến sự thay đổi công suất máy và mức tiêu hao nhiên liệu cho tàu. Căn cứ vào tình hình khai thác thực tế của tàu, yêu cầu đối với việc thử tàu ở các hiệu số mớn nước khác nhau như đã đề cập ở trên, nghiên cứu sinh đã tiến hành lựa chọn tuyến thử và phương án thử như sau:

### **4.2.1. Lựa chọn tuyến thử**

Tuyến thử được lựa chọn để tiến hành thực nghiệm là tuyến **NGHI SON-FUZHOU**. Đây là tuyến hành trình đáp ứng được yêu cầu đặt ra về điều kiện môi trường, cụ thể:

- + Độ sâu của nước: Lớn hơn 70 m;
- + Trạng thái biển: Chiều cao sóng nhỏ hơn 0.55 m, tốc độ gió nhỏ hơn 8 knots.

### **4.2.2. Lựa chọn phương án thử**

Căn cứ vào tình hình khai thác thực tế của tàu, NCS đã tiến hành lựa chọn phương án thực nghiệm cho 2 trạng thái tải trọng của tàu ứng với hiệu số mớn nước và tốc độ như trên Bảng 2.2. Ngày tiến hành thực nghiệm ở trạng thái toàn

tải là ngày 10/11/2021 và ngày tiến hành thực nghiệm ở trạng thái ballast là ngày 10/3/2022 (xem Phụ lục 1).

**Bảng 4.3. Các trường hợp thử**

Trạng thái tải trọng của tàu	Hiệu số mớn nước, Trim [m]			Tốc độ tàu [Knots]
	-0.50	0.00	+0.50	
Trạng thái toàn tải (d = 8.30 m)	-0.50	0.00	+0.50	10.50
Trạng thái chạy ballast (d = 3.70m)	+2.70	+3.20	+3.70	11.05

Để đạt được hiệu số mớn nước như trên Bảng 4.3, NCS tiến hành phân bố các thành phần khối lượng (ballast, nhiên liệu, hàng hóa...) cho tàu như trong Phụ lục 1.

#### **4.2.3. Cách thức tiến hành thực nghiệm**

Do điều kiện ngoại cảnh (sóng, gió và dòng chảy) của tàu thay đổi liên tục theo thời gian. Chính vì vậy, để điều kiện ngoại cảnh là gần như nhau khi tiến hành thử nghiệm đo đặc ảnh hưởng của hiệu số mớn nước đến sự thay đổi công suất máy của tàu, NCS lựa chọn thời gian tiến hành thử nghiệm cho mỗi phương án hiệu số mớn nước là 01h khi đó sẽ đảm bảo được điều kiện ngoại cảnh là tương đối như nhau khi tàu chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau.

#### **4.2.4. Kết quả thực nghiệm**

Kết quả thực nghiệm đo đặc đánh giá ảnh hưởng của hiệu số mớn nước đến sự thay đổi công suất máy tàu đối với Series tàu hàng 12500 DWT ở hai trạng thái tải thực nghiệm được trình bày trên Bảng 4.4 và 4.5. Ở đây công suất máy của tàu ứng với từng hiệu số mớn nước khác nhau được lấy theo giá trị trung bình trong thời gian một giờ. Vòng quay của máy, mô men xoắn của động cơ được đo bằng đồng hồ vận tốc kế và mô-men kế.

**Bảng 4.4. Kết quả thực nghiệm tại trạng thái toàn tải với tốc độ 10.5 knots**

Các thông số	Ký hiệu	Hiệu số mớn nước, m		
		-0.50	0.00	+0.50
Vòng quay trung bình của máy	$n$ , [rpm]	187.0	187.0	187.0
Tốc độ tàu	$V_s$ , [knots]	10.52	10.50	10.49
% thay đổi tốc độ tàu so với trạng thái even keel	$\Delta V_s$ , [%]	+0.190	0.000	-0.095
Mô men xoắn của máy	$Q$ [kN.m]	117.8	120.2	122.0
Công suất máy trung bình, kW	$P_s$ , [kW]	2306	2353	2389
% thay đổi công suất máy so với trạng thái even keel	$\Delta P_s$ , [%]	+2.00	0.00	-1.53

**Bảng 4.5. Kết quả thực nghiệm tại trạng thái chạy ballast với tốc độ 11.05 knots**

Các thông số	Ký hiệu	Hiệu số mớn nước, m		
		+2.70	+3.20	+3.70
Vòng quay trung bình của máy	$n$ , [rpm]	174.0	174.0	174.0
Tốc độ tàu	$V_s$ , [knots]	11.04	11.05	11.06
% thay đổi tốc độ tàu so với trạng thái Trim = +3.2m	$\Delta V_s$ , [%]	-0.09	0.000	+0.09
Mô men quay của máy	$Q$ [kN.m]	115.7	113.9	112.2
Công suất máy trung bình, kW	$P_s$ , [kW]	2109	2075	2044
% thay đổi công suất máy so với trạng thái Trim = +3.2m	$\Delta P_s$ , [%]	-1.64	0.00	+1.49

Từ kết quả thực nghiệm thu được trên Bảng 4.4 và 4.5 ta thấy rằng, ở trạng thái toàn tải, công suất máy của tàu giảm 2.00% khi tàu chạy chúi mũi (-0.50 m)

và tăng lên 1.53% khi chạy chúi lái (+0.50 m) so với tư thế cân bằng mũi lái. Bên cạnh đó tốc độ tàu khi chạy chúi mũi (-0.50m) tăng lên 0.19% và giảm 0.095% khi chạy chúi lái (+0.50m) so với tư thế cân bằng mũi lái.

Ở trạng thái tàu chạy ở chế độ ballast, công suất máy của tàu giảm đi khi tăng hiệu số mớn nước lái. Cụ thể, khi tàu chạy ở hiệu số mớn nước +2.70 m công suất máy của tàu tăng lên 1.64% so với khi chạy tại mớn nước ballast thường xuyên khai thác là 3.20 m, còn khi tàu chạy ở hiệu số mớn nước +3.70 m, công suất máy của tàu giảm 1.49% so với khi chạy ở hiệu số mớn nước 3.20m. Con số này hoàn toàn khớp với các kết quả thực nghiệm của các công ty vận tải biển trên thế giới khi sử dụng phần mềm thương mại tối ưu hóa hiệu số mớn nước trên tàu là từ 3 đến 5%. Bên cạnh đó tốc độ tàu khi chạy ở hiệu số mớn nước +2.7m giảm 0.09% và tăng 0.09% lên khi tàu chạy ở hiệu số mớn nước +3.70 m so với khi chạy ở hiệu số mớn nước 3.20m.

Như vậy, từ kết quả thực nghiệm thu được ở trên, có thể thấy rằng:

- Về xu hướng thay đổi công suất máy của tàu khi chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau hoàn toàn khớp với kết quả tính toán. Cụ thể, ở trạng thái toàn tải, công suất máy cần thiết để tàu đạt được tốc độ đặt ra tăng dần khi hiệu số mớn nước của tàu thay đổi từ chúi mũi (-0.50 m) về chúi lái (+0.05 m). Ở trạng thái chạy ballast, công suất máy của tàu giảm dần đều khi tăng hiệu số mớn nước lái lên. Điều đó khẳng định kết quả tính toán là tin cậy khi xét dưới dạng xu hướng thay đổi.

- Việc chạy tàu ở hiệu số mớn nước tối ưu ngoài việc giảm được công suất máy còn cho phép ta tăng được tốc độ tàu với mức tăng không đáng kể.

- Về so sánh định lượng sự thay đổi công suất máy khi tàu chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau giữa tính toán và thực nghiệm thì có sự khác nhau. Tuy nhiên mức độ sai số không lớn, dưới 4.0% (xem Bảng 4.6 và 4.7). Sự khác nhau này có thể giải thích bởi một số các nguyên nhân sau:

**Bảng 4.6.** So sánh kết quả tính toán với kết quả thực nghiệm ở chế độ toàn tải tại tốc độ  $V_s = 10.5$  knots

Các thông số	Ký hiệu	So sánh giữa tính toán và thực nghiệm	Hiệu số môn nước, m		
			-0.50	+0.00	+0.50
Vòng quay của máy	$n$ , [rpm]	Tính toán	183.2	184.2	185.1
		Thực nghiệm	187.0	187.0	187.0
% thay đổi công suất máy so với phương án khai thác thông thường	$\Delta P_s$ , [%]	Tính toán	+1.92	0.00	-1.49
		Thực nghiệm	+2.00	0.00	-1.53
		% sai số [%]	4.00	0.00	2.61

**Bảng 4.7.** So sánh kết quả tính toán với kết quả thực nghiệm ở chế độ ballast tại tốc độ  $V_s = 11.05$  knots

Các thông số	Ký hiệu	So sánh giữa tính toán và thực nghiệm	Hiệu số môn nước, m		
			+2.70	+3.20	+3.70
Vòng quay của máy	$n$ , [rpm]	Tính toán	173.4	172.8	172.0
		Thực nghiệm	174.0	174.0	174.0
% thay đổi công suất máy so với phương án khai thác thông thường	$\Delta P_s$ , [%]	Tính toán	-1.60	0.00	+1.52
		Thực nghiệm	-1.64	0.00	+1.49
		% sai số [%]	2.44	0.00	2.01

+ Do khi thử nghiệm không thể đảm bảo được sự tương đồng tuyệt đối về điều kiện ngoại cảnh giống như trong tính toán;

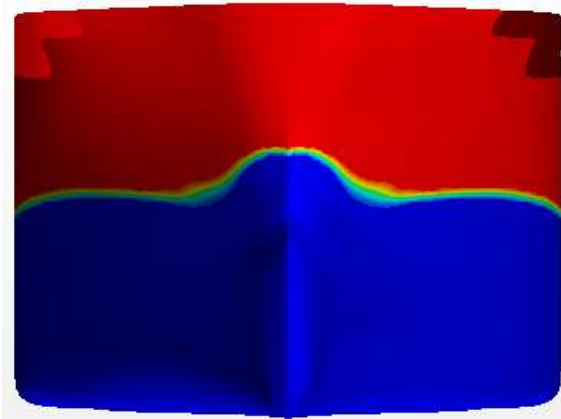
+ Do sai số của thiết bị đo trên tàu cũng như sai số trong tính toán;

+ Do ảnh hưởng của sự khác nhau về trạng thái bề mặt ngâm nước của vỏ tàu. Trạng thái vỏ tàu trong tính toán khác so với trạng thái bề mặt vỏ tàu ở trạng thái hiện tại khi thử do ảnh hưởng của rong rêu, hà bám. Dẫn đến vòng quay của máy để tàu đạt được tốc độ thử lớn hơn so với tính toán.

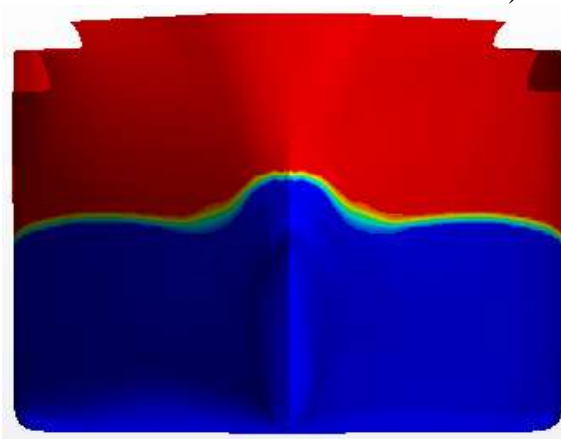


Một số hình ảnh so sánh giữa tính toán và thực nghiệm liên quan đến hình dáng sóng phía mũi tàu do tàu tạo ra khi chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau được trình bày trên Hình 4.2. Đây là các hình ảnh có thể giải thích một phần cho sự khác nhau về sức cản tàu khi chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau từ đó dẫn đến sự thay đổi công suất máy và cuối cùng là mức tiêu hao nhiên liệu của tàu.

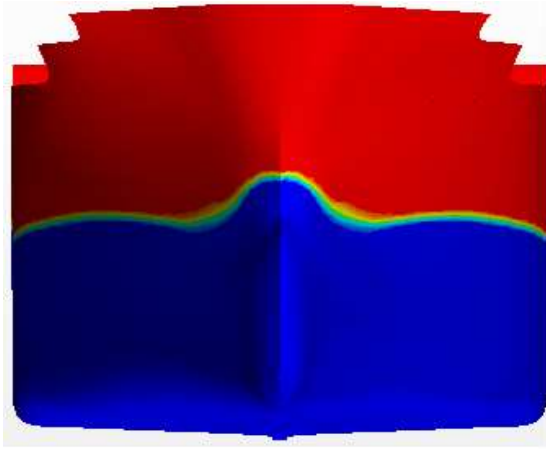
Trên Hình 4.2 ta có thể quan sát thấy sự khác nhau về hình dáng sóng do tàu tạo ra tại mũi tàu khi chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau. Nhìn một cách trực quan ta có thể quan sát thấy, chiều cao sóng tại mũi tàu tăng dần đều khi hiệu số mớn nước của tàu thay đổi từ chúi mũi (-0.50 m) về chúi lái (+0.05 m). Điều này giải thích cho một phần nguyên nhân dẫn đến công suất máy cần thiết để tàu đạt được tốc độ đặt ra tăng dần khi hiệu số mớn nước của tàu thay đổi từ chúi mũi (-0.50 m) về chúi lái (+0.05 m). Và trên Hình 4.2 ta có thể thấy rằng, profile sóng giữa thực tế và mô phỏng tính toán khá giống nhau.



a) Trim = - 0.50m



b) Trim = 0.0 m (Even keel)



c) Trim = + 0.50 m

**Hình 4.2. Hình dáng sóng tại mũi tàu do tàu tạo ra khi chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau với tốc độ 10.5 knots tại trạng thái toàn tải**

### **4.3. Kết luận chương 4**

Bằng phương pháp thực nghiệm, Chương 4 đã giải quyết được các vấn đề sau:

- Xây dựng được quy trình các bước thực nghiệm đo đặc sự thay đổi công suất máy của tàu khi chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau để đảm bảo kết quả thực nghiệm là tin cậy và khoa học.

- Áp dụng quy trình thực nghiệm đề xuất vào trong việc đo đặc ảnh hưởng của hiệu số mớn nước đến sự thay đổi công suất máy cho tàu TRƯỜNG MINH OCEAN ở hai chế độ tải (toàn tải và ballast). Kết quả giữa thực nghiệm và tính toán đồng nhất với nhau về xu hướng thay đổi công suất máy tàu khi chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau. Cụ thể, ở trạng thái toàn tải, công suất máy cần thiết để tàu đạt được tốc độ đặt ra tăng dần khi hiệu số mớn nước của tàu thay đổi từ chúi mũi (-0.50m) về chúi lái (+0.50m). Ở trạng thái chạy ballast, công suất máy của tàu giảm dần đều khi tăng hiệu số mớn nước lái lên. Điều đó khẳng định kết quả tính toán là tin cậy khi xét dưới dạng xu hướng thay đổi.

## KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

### 1. KẾT LUẬN

Luận án “*Nghiên cứu xác định hiệu số môn nước tối ưu nhằm nâng cao hiệu quả sử dụng nhiên liệu trên tàu biển*” đã đạt được mục tiêu nghiên cứu đặt ra và thu được các kết quả quan trọng có ý nghĩa về mặt khoa học cũng như về mặt thực tiễn, cụ thể như sau:

- Đã tổng hợp, phân tích được các yêu cầu của Tổ chức hàng hải thế giới IMO và của Hiệp hội bảo vệ môi trường biển MEPC liên quan đến việc sử dụng hiệu quả năng lượng trên tàu.

- Đã tổng hợp, phân tích được các giải pháp trong việc nâng cao hiệu quả sử dụng năng lượng trên tàu để giảm chỉ số EEOI đã và đang được áp dụng trên tàu. Đây là cơ sở giúp cho thuyền viên, các công ty vận tải biển tham khảo trong việc nâng cao hiệu quả sử dụng năng lượng trên tàu trong quá trình khai thác.

- Đã hệ thống hóa cơ sở phương pháp luận trong nghiên cứu ảnh hưởng của hiệu số môn nước đến sự thay đổi công suất máy và cuối cùng là suất tiêu hao nhiên liệu trên tàu. Trên cơ sở đó đã giải thích rõ được bản chất mối quan hệ giữa hiệu số môn nước – tốc độ tàu – công suất máy trên tàu trong quá trình khai thác. Đây là căn cứ để NCS đặt ra mục tiêu và nội dung nghiên cứu trong luận án của mình.

- Đã xây dựng được mô hình bài toán tính toán mối quan hệ giữa hiệu số môn nước – tốc độ tàu – công suất máy bằng phương pháp CFD, phục vụ cho bài toán mô phỏng tính toán cho một đối tượng tàu cụ thể. Đây là một trong những đóng góp chính về khoa học của luận án.

- Đã áp dụng mô hình bài toán đưa ra vào trong mô phỏng tính toán hiệu số môn nước tối ưu cho Series tàu hàng 12500 DWT. Kết quả mô phỏng tính toán rất gần so với kết quả thực nghiệm. Về con số định tính đã xác định được, xu hướng và phần trăm thay đổi công suất máy chính của tàu phụ thuộc vào 03 yếu tố gồm: trạng thái tải trọng của tàu; hiệu số môn nước và tốc độ tàu. Về con số

định lượng đã xác định được, mức giảm công suất máy khi tàu chạy ở hiệu số mớn nước tối ưu so với khi chạy ở tư thế khai thác thông thường dao động trong dải từ 0.5% đến 4.5% tùy theo trạng thái tải và tốc độ tàu.

- Đã giải thích được bản chất sự thay đổi công suất máy của tàu khi chạy ở các hiệu số mớn nước khác nhau thông qua việc phân tích sự khác nhau về dòng chảy bao quanh vỏ tàu khi tàu chạy ở trạng thái tải trọng với các hiệu số mớn nước và tốc độ khác nhau. Sự khác nhau về đường dòng bao quanh vỏ tàu khi chuyển động ở các hiệu số mớn nước khác nhau là nguyên nhân dẫn đến sự thay đổi sức cản, hiệu suất của chân vịt và cuối cùng là công suất máy. Đây là một trong những đóng góp quan trọng về mặt khoa học của luận án.

- Đề xuất được quy trình thực nghiệm trong việc đánh giá ảnh hưởng của hiệu số mớn nước đến mức tiêu hao nhiên liệu trên tàu ứng với từng tốc độ và chế độ tải khác nhau của tàu.

- Khẳng định được giải pháp kỹ thuật xác định độ hiệu số mớn nước tối ưu cho tàu trong khai thác khi xây dựng và điều chỉnh kế hoạch xếp hàng nhằm tiết kiệm nhiên liệu từ đó nâng cao hiệu quả kinh tế cho tàu cũng như bảo vệ môi trường biển là giải pháp đơn giản nhưng hiệu quả khi áp dụng vào thực tế cho các tàu vận tải biển của Việt Nam. Giải pháp này nếu áp dụng trên Serries tàu hàng 12500 DWT sẽ mang lại hiệu quả kinh tế thiết thực (cho phép giảm công suất máy tàu xuống 0.5% đến 4.5% tùy theo trạng thái tải và tốc độ tàu). Đây là mức giảm khá lớn, giúp công ty vận tải có thể tiết kiệm được hàng tỷ đồng tiền chi phí nhiên liệu cho đội tàu khai thác của mình. Ngoài ra giải pháp còn giúp phần đảm bảo cho tàu thỏa mãn được các yêu cầu ngày càng khắt khe của tổ chức Hàng hải quốc tế IMO liên quan đến việc sử dụng năng lượng hiệu quả trên tàu. Đây được coi là đóng góp về mặt thực tiễn của luận án.

## **2. KIẾN NGHỊ**

Việc tính toán hiệu số mớn nước tối ưu cho tàu trong luận án này mới chỉ xét đến dưới góc độ giảm công suất máy cho tàu, mà chưa tính đến ảnh hưởng của hiệu số mớn nước đến sự an toàn cũng như các tính năng khác của tàu trong

quá trình khai thác như: Tính năng điều động của tàu, khả năng nước hất lên mặt boong từ phía mũi tàu, khả năng quan sát từ đài chỉ huy...ví dụ:

Khi tàu chạy với *trim* âm (chúi mũi), phần chìm trong nước của bánh lái sẽ nhỏ hơn dẫn đến giảm hiệu suất của bánh lái. Hơn nữa, khi tàu chạy với *trim* âm, chân vịt có thể kém hiệu quả hơn do phần chìm trong nước ít hơn. Mặt khác, khi tàu chạy với *trim* âm, phần mũi tàu sẽ bị sóng tác động nhiều hơn, dẫn đến ảnh hưởng đến các tính năng quay trở và tính năng ổn định trên hướng đi của tàu. Một vấn đề nữa, trong trường hợp chạy tàu với *trim* âm, khi tàu bị “*chòng chành*” chân vịt có xu hướng bị nhô lên khỏi mặt nước dẫn đến rung lắc mạnh hệ trục chân vịt gây nguy cơ hư hỏng hệ thống. Cuối cùng, các ống hút vét của các két nhiên liệu, ballast, nước ngọt trên tàu thông thường được bố trí về phía vách lái, do đó sẽ không thể hút vét triệt để nếu tàu chúi về phía mũi. Trường hợp tàu chạy chúi lái quá lớn, tính năng điều động của tàu sẽ bị ảnh hưởng, gây bất lợi cho công tác điều khiển tàu, cụ thể như: Diện tích đón gió phần mũi quá lớn dẫn đến việc khó điều chỉnh hướng đi (đặc biệt trong điều kiện gió mạnh); Che khuất tầm nhìn từ buồng lái, gây khó khăn cho việc cảnh giới và điều điều động tàu.

Từ các phân tích nêu ở trên, NCS kiến nghị để có thể áp dụng giải pháp tối ưu hóa hiệu số mớn nước vào trong thực tế, cần thiết phải có các nghiên cứu bổ sung về ảnh hưởng của hiệu số mớn nước đến các vấn đề mà NCS đề cập ở trên, từ đó mới có thể đánh giá được tổng thể ảnh hưởng của hiệu số mớn nước đến hiệu quả sử dụng năng lượng và an toàn cho tàu trong quá trình khai thác.

## CÁC CÔNG TRÌNH KHOA HỌC CÔNG BỐ

### I. Các công bố quốc tế

1. Tat-Hien Le, Mai The Vu, Vu Ngoc Bich, Nguyen Kim Phuong, Nguyen Thi Hai Ha, **Tran Quoc Chuan**, and Tran Ngoc Tu. "Numerical investigation on the effect of trim on ship resistance by RANSE method." *Applied Ocean Research* 111 (2021): 102642. (SCIE, Q1) DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apor.2021.102642>
2. **Tran Quoc Chuan**, Nguyen Kim Phuong, Nguyen Thi Hai Ha, Vu Minh Ngoc, and Tran Ngoc Tu. *Full-Scale Self-propulsion Computations Using Body Force Propeller Method for Series Cargo Ship 12500DWT*. in *Proceedings of the 2nd Annual International Conference on Material, Machines and Methods for Sustainable Development (MMMS2020)*. 2021. Springer. (Scopus Conference) DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-69610-8\\_113](https://doi.org/10.1007/978-3-030-69610-8_113).
3. **Tran Quoc Chuan**, Nguyen Kim Phuong, Tran Ngoc Tu, Mai Van Quan, Nguyen Duy Anh, and Tat-Hien Le. "Numerical Study of Effect of Trim on Performance of 12500DWT Cargo Ship Using RANSE Method." *Polish Maritime Research* 29, no. 1 (2022): 3-12. (SCIE, Q2). DOI: <https://doi.org/10.2478/pomr-2022-0001>.

### II. Các công bố trong nước

1. **Trần Quốc Chuẩn**, Nguyễn Kim Phương, Trần Ngọc Tú, Nguyễn Chu Giang. *Nâng cao hiệu quả sử dụng năng lượng trên tàu biển bằng giải pháp chạy tàu ở môn nước tối ưu*. Tạp chí Giao thông vận tải, Số tháng 5/2020.
2. **Trần Quốc Chuẩn**, Trần Ngọc Tú, Nguyễn Kim Phương. *Cơ sở phương pháp luận trong nghiên cứu ảnh hưởng của hiệu số môn nước đến lực cản tàu*. Tạp chí Giao thông vận tải, Số tháng 9/2021.
3. **Trần Quốc Chuẩn**, Trần Ngọc Tú, Nguyễn Kim Phương, Phạm Văn Luân. *Nghiên cứu ảnh hưởng của hiệu số môn nước đến sự thay đổi lực cản cho sê-ri tàu hàng 12.500 DWT bằng phương pháp CFD*. Tạp chí Giao thông vận tải, ISSN: 2354-0818. Số 11/2021, Tr 105-109.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

### *Tài liệu tiếng Việt*

- [1] "Hồ sơ tàu hàng trọng tải 12500 tấn. CÔNG TY CỔ PHẦN CÔNG NGHIỆP TÀU THỦY ĐÔNG BẮC."
- [2] PGS.TS. Nguyễn Kim Phương PGS.TS. Nguyễn Công Vịnh. "Hệ thống cung cấp giải pháp kỹ thuật nhằm sử dụng hiệu quả nhiên liệu trong vận hành tàu biển." *Tạp chí môi trường* 7 (2018): 32-33.
- [3] Trần Ngọc Tú. Đỗ Đức Lưu. "Mô hình hóa sự thay đổi đặc tính vỏ tàu và chân vịt tàu biển chở hàng tổng hợp ở chế độ đo kiểm hiện tại." *Hội nghị KHCN toàn quốc về Cơ khí Động lực* (2017): 418-423.
- [4] "Quy định của IMO liên quan đến bảo vệ môi trường." <https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention>

### *Tài liệu tiếng nước ngoài*

- [5] Apostolos Papanikolaou, George Zaraphonitis, Elzbieta Bitner-Gregersen, Vladimir Shigunov, Ould El Moctar, C Guedes Soares, DN Reddy, and Florian Sprenger. "Energy efficient safe ship operation (SHOPERA)." *Transportation Research Procedia* 14 (2016): 820-829.
- [6] ANGELO Olivieri, FABRIZIO Pistani, A Avanzini, F Stern, and R Penna, *Towing tank experiments of resistance, sinkage and trim, boundary layer, wake, and free surface flow around a naval combatant INSEAN 2340 model*. 2001, Iowa Univ Iowa City Coll of Engineering.
- [7] Anthony F Molland, Stephen R Turnock, and Dominic A Hudson, *Ship resistance and propulsion*. 2017: Cambridge university press.
- [8] Apostolos Papanikolaou, *Ship design: methodologies of preliminary design*. 2014: Springer.
- [9] AS Bekhit. *Numerical simulation of the ship self-propulsion prediction using body force method and fully discretized propeller model*. in *IOP*

- Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2018. IOP Publishing.
- [10] CTO, *Towing tank experiments of trim optimization for DTMB model*. 2017.
- [11] Emil Shivachev, Mahdi Khorasanchi, and Alexander H Day. *Trim influence on Kriso Container Ship (KCS): an experimental and numerical study*. in *ASME 2017 36th International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering*. 2017. American Society of Mechanical Engineers Digital Collection.
- [12] Fred Stern, Robert V Wilson, Hugh W Coleman, and Eric G %J J. Fluids Eng. Paterson. "Comprehensive approach to verification and validation of CFD simulations—part 1: methodology and procedures." 123, no. 4 (2001): 793-802.
- [13] "Global maritime energy efficiency partnerships (glomeep)." [Online].<http://glomeep.imo.org/technology/trim-and-draft-optimization/>[Accessed January 2017].
- [14] Hafizul IslamGuedes Soares. "Effect of trim on container ship resistance at different ship speeds and drafts." *Ocean Engineering* 183 (2019): 106-115.
- [15] Heikki Hansen. *Assistance tools for operational fuel efficiency*. in *9th conference computer and IT applications in the maritime industries (COMPIT)* (2010).
- [16] *IMO Energy Efficiency Measures*.
- [17] ITTC-Recommended Procedures. "Guidelines 7.5-03-02-03." *Practical Guidelines for Ship CFD Applications, Revision 1* (2011)
- [18] *ITTC Specialist Committee, 2017. Recommended procedures and guidelines - uncertainty analysis in CFD verification and validation*



*methodology and procedures*. Available from:  
<https://www.ittc.info/media/8153/75-03-01-01.pdf>.

- [19] "ITTC – Recommended Procedures and Guidelines. Practical Guidelines for Ship Self-Propulsion CFD. 2014."
- [20] Jasna Prpić-Oršić, Roberto Vettor, Odd Magnus Faltinsen, and Carlos Guedes Soares. "The influence of route choice and operating conditions on fuel consumption and CO<sub>2</sub> emission of ships." *Journal of Marine Science and Technology* 21, no. 3 (2016): 434-457.
- [21] Jianglong Sun, Haiwen Tu, Yongnian Chen, De Xie, and Jiajian Zhou. "A study on trim optimization for a container ship based on effects due to resistance." *Journal of Ship Research* 60, no. 1 (2016): 30-47.
- [22] Joel H Ferziger, Milovan Perić, and Robert L Street, *Computational methods for fluid dynamics*. Vol. 3. 2002: Springer.
- [23] Lars LarssonHoyte C. Raven, *Ship resistance and flow*. 2010: The Society of Naval Architects and Marine Engineers, SNAME, The Principles of Naval Architecture Series, ISBN: 978-0-939773-76-3.
- [24] Lars LarssonHoyte Raven, *Ship resistance and flow*. 2010: Society of Naval Architects and Marine Engineers.
- [25] Metin Kemal Gokce, Omer Kemal Kinaci, and Ahmet Dursun Alkan. "Self-propulsion estimations for a bulk carrier." *Ships and Offshore Structures* 14, no. 7 (2019): 656-663.
- [26] M Iakovatos, D Liarokapis, and G Tzabiras. "Experimental investigation of the trim influence on the resistance characteristics of five ship models." *Dev. Marit. Transp. Exploit. Sea Resour* (2014).
- [27] M Reichel, A Minchev, and NL Larsen. "Trim optimisation-theory and practice." *TransNav: International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation* 8 (2014):

- [28] Nikolaj Lemb Larsen, Claus Daniel Simonsen, Christian Klimt Nielsen, and Christian Råe Holm. *Understanding the physics of trim*. in *9th annual Green Ship Technology (GST) conference, Copenhagen*. 2012.
- [29] Pablo M Carrica, Alejandro M Castro, and Frederick Stern. "Self-propulsion computations using a speed controller and a discretized propeller with dynamic overset grids." *Journal of marine science and technology* 15, no. 4 (2010): 316-330.
- [30] "Phần mềm ECO Assistant - effective trim optimisation." [http://www.dnvgl-source.com/assets/documents/src/eco\\_assistant\\_2014\\_12\\_web.pdf](http://www.dnvgl-source.com/assets/documents/src/eco_assistant_2014_12_web.pdf).
- [31] Roberto VettorC Guedes Soares. "Development of a ship weather routing system." *Ocean engineering* 123 (2016): 1-14.
- [32] "Result of sea trial "Truong Minh Ocean"\_12500. Dongbac Shipbuilding Industry Joint Stock Company."
- [33] Salma SherbazWenyang Duan. "Ship trim optimization: Assessment of influence of trim on resistance of MOERI container ship." *The Scientific World Journal* (2014).
- [34] "Siemens, 2020. STAR-CCM+ User Guide."
- [35] "Simcenter STAR-CCM+ 2020.1 User Guide."
- [36] Tran Ngoc Tu, Marek Kraskowski, Nguyen Manh Chien, Vu Tuan Anh, Do Luc Luu, and Nguyen Kim Phuong. "Numerical Study on the Influence of Trim On Ship Resistance In Trim Optimization Process." *Naval Engineers Journal* 130, no. 4 (2018): 133-142.
- [37] Tran Ngoc Tu, Do Duc Luu, Nguyen Thi Hai Ha, Nguyen Thi Thu Quynh, and Nguyen Minh Vu. "Numerical prediction of propeller-hull interaction characteristics using RANS method." *Polish Maritime Research* (2019)

- [38] Tran Quoc Chuan, Nguyen Kim Phuong, Nguyen Thi Hai Ha, Vu Minh Ngoc, and Tran Ngoc Tu. *Full-Scale Self-propulsion Computations Using Body Force Propeller Method for Series Cargo Ship 12500 DWT*. in *International Conference on Material, Machines and Methods for Sustainable Development*. 2020. Springer.
- [39] Tran Ngoc Tu. "Numerical simulation of propeller open water characteristics using RANSE method." *Alexandria Engineering Journal* 58, no. 2 (2019): 531-537.
- [40] Tran Quoc Chuan, Nguyen Kim Phuong, Tran Ngoc Tu, Mai Van Quan, Nguyen Duy Anh, and Tat-Hien Le. "Numerical Study of Effect of Trim on Performance of 12500 DWT Cargo Ship Using RANSE Method." *Polish Maritime Research* 29, no. 1 (2022): 3-12.
- [41] Tran Quoc Chuan, Nguyen Kim Phuong, Nguyen Thi Hai Ha, Vu Minh Ngoc, and Tran Ngoc Tu. *Full-Scale Self-propulsion Computations Using Body Force Propeller Method for Series Cargo Ship 12500 DWT*. in *Proceedings of the 2nd Annual International Conference on Material, Machines and Methods for Sustainable Development (MMMS2020)*. 2021. Springer.
- [42] Yan Naing Win, Ping-Chen Wu, Keisuke Akamatsu, Hiroshi Okawa, Frederick Stern, and Yasuyuki Toda. "RANS simulation of KVLCC2 using simple body-force propeller model with rudder and without rudder." *日本船舶海洋工学会論文集* 23 (2016): 1-11.
- [43] Yan Naing Win, Emel Tokgoz, Ping-Chen Wu, Frederick Stern, and Yasuyuki Toda. "Computation of propeller-hull interaction using simple body-force distribution model around Series 60 CB= 0.6." *Journal of the Japan Society of Naval Architects and Ocean Engineers* 18 (2013): 17-27.
- [44] Zhao Yong, Zong Zhi, Zou Li, Wang Tianlin, and Application. "Turbulence model investigations on the boundary layer flow with

- adverse pressure gradients." *Journal of Marine Science* 14, no. 2 (2015): 170-174.
- [45] Zhirong Shen, Decheng Wan, and Pablo M Carrica. "Dynamic overset grids in OpenFOAM with application to KCS self-propulsion and maneuvering." *Ocean Engineering* 108 (2015): 287-306.
- [46] "<https://www.imo.org/en/ourwork/environment/pages/technical-and-operational-measures.aspx>." (Các giải pháp giảm chỉ số EEOI )
- [47] [https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Environment/Documents/Technical%20and%20Operational%20Measures/MEPC.1\\_Circ.684\\_Guidelines%20for%20Voluntary%20use%20of%20EEOI.pdf](https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Environment/Documents/Technical%20and%20Operational%20Measures/MEPC.1_Circ.684_Guidelines%20for%20Voluntary%20use%20of%20EEOI.pdf) (Chỉ số EEOI)

# PHỤ LỤC 1: QUY TRÌNH TIẾN HÀNH THỬ NGHIỆM TRÊN TÀU LIÊN QUAN ĐẾN VIỆC CHẠY TÀU Ở CÁC HIỆU SỐ MÓN NƯỚC KHÁC NHAU

ĐƠN VỊ: TÀU TRUONG MINH OCEAN

CỘNG HÒA XÃ HỘI CHỦ NGHĨA VIỆT NAM  
Độc lập - Tự do - Hạnh phúc

Hải Phòng, ngày 12 tháng 12 năm 2024

## QUY TRÌNH TIẾN HÀNH THỬ NGHIỆM TRÊN TÀU LIÊN QUAN ĐẾN CHẠY TÀU Ở CÁC HIỆU SỐ MÓN NƯỚC KHÁC NHAU

1. Đối tượng được thử nghiệm: TÀU TRUONG MINH OCEAN

2. Quy trình thử nghiệm

Quy trình thử nghiệm được thực hiện với trình tự các bước như trên Hình 1.

- Tuyến hành trình được lựa chọn ở đây là tuyến: ....NGHỆ SƠN - FU ZHOU.....  
và.....HUANG PHU - CỬA LỖ..... (Chuyến ballast)  
Tuyến hành trình thỏa mãn tiêu chí về điều kiện môi trường (độ sâu không hạn chế, điều kiện biển êm).

- Phương án thử được lựa chọn là:

+ Trạng thái chạy toàn tải, lượng giãn nước  $\Delta = 16738$  Mts, mớn nước: 8.30 (m), tốc độ 10.5 knots

+ Trạng thái chạy ballast, lượng giãn nước  $\Delta = 6709.55$  Mts, mớn nước: 3.70 (m), tốc độ 11.05 knots

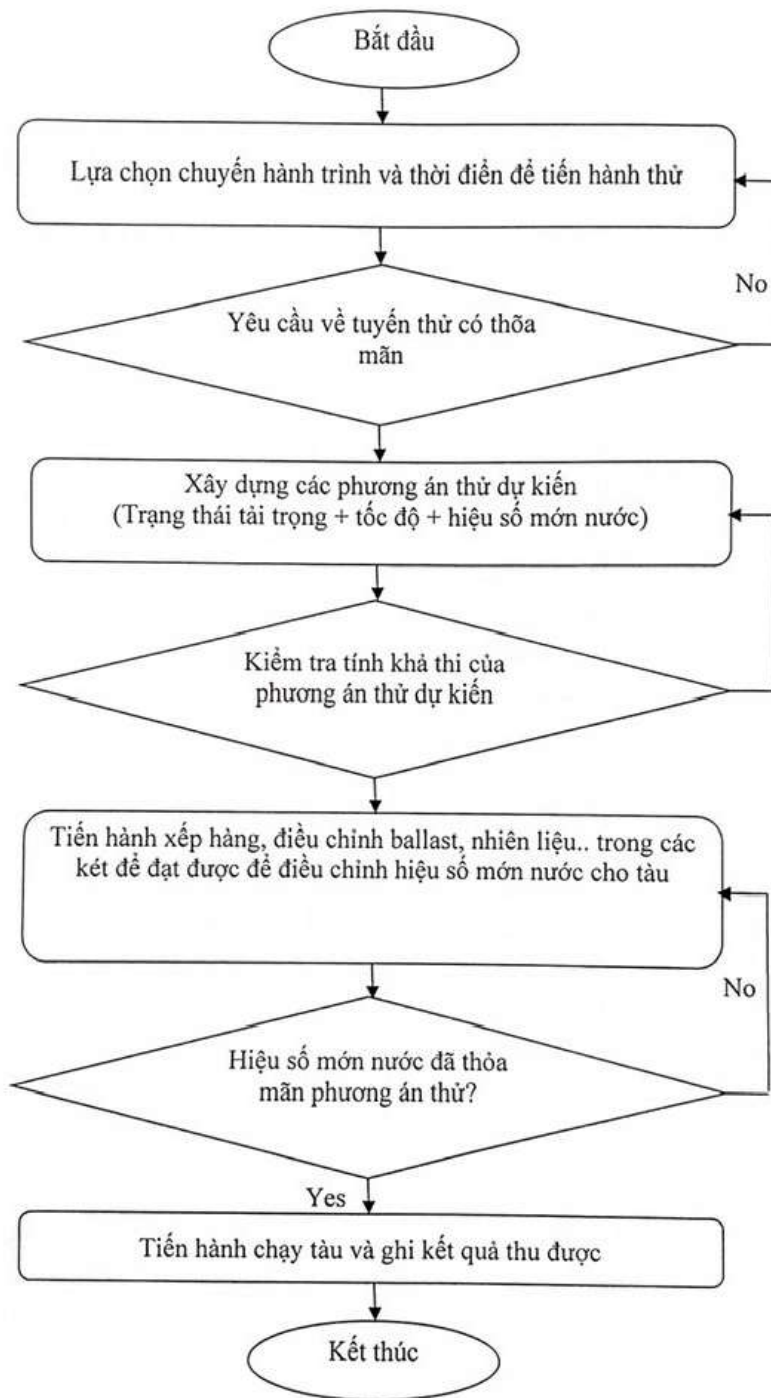
- Điều chỉnh hiệu số mớn nước cho tàu

Căn cứ vào tình hình khai thác thực tế của tàu và yêu cầu của NCS Trần Quốc Chuẩn, chúng tôi đã tiến hành lựa chọn phương án thực nghiệm cho 2 trạng thái tải trọng của tàu ứng với hiệu số mớn nước và tốc độ như trên Bảng 1.

**Bảng 1. Các trường hợp thử**

Trạng thái tải trọng của tàu	Hiệu số mớn nước, Trim [m]			Tốc độ tàu
Trạng thái toàn tải (T=8.30m)	-0.50m	0.00m	0.50m	10.50 knots
Trạng thái chạy ballast (T=3.70m)	2.70m	3.20m	3.70m	11.05 knots

Để đạt được hiệu số mớn nước như trên bảng 1, chúng tôi tiến hành phân bố các thành phần khối lượng (ballast, nhiên liệu, hàng hóa...) cho tàu như trên các Bảng từ 2 đến 7.



**Hình 1.** Quy trình các bước thử tàu ở các hiệu số mớn nước khác nhau

Bảng 2. Phương án phân bố tải cho tàu ở trạng thái toàn tải để tàu có hiệu số môn nước 0.00m

ITEM	%	WEIGHT (T)	MID.G (M)	MOMEN (T-M)
NO.1 CARGO HOLD		2630,00	-41,14	-108198,20
NO.2 CARGO HOLD		3230,00	-18,32	-59173,60
NO.3 CARGO HOLD		3230,00	5,78	18669,40
NO.4 CARGO HOLD		3100,00	29,92	92752,00
<b>CARGO GRAND TOTAL</b>		<b>12190,00</b>	<b>-4,59</b>	<b>-55950,40</b>
FORE PEAK TANK		75	-59,83	-4487,25
NO 1 W.B.T ( P)&(S)		0	0,00	0,00
NO 2 W.B.T (P)&(S)		0	0,00	0,00
NO 3 W.B.T (P)&(S)		0	0,00	0,00
NO 4 W.B.T (P)&(S)		0	0,00	0,00
NO 5 W.B.T (P)&(S)		0	0,00	0,00
NO 6 W.B.T ( C )		75	65,02	4876,50
<b>WATER BALLAST TOTAL</b>		<b>150</b>	<b>2,60</b>	<b>389,25</b>
A.P.T (P)		124,21	60,12	7467,51
A.P.T (S)		118,79	60,50	7186,80
<b>FRESH WATER TOTAL</b>		<b>243,00</b>	<b>60,31</b>	<b>14654,30</b>
AFT FUEL OIL TANK 1 ( C )		199,89	8,44	1687,07
AFT FUEL OIL TANK 2( C )		199,70	28,51	5693,45
<b>FUEL OIL TOTAL</b>		<b>399,59</b>	<b>18,47</b>	<b>7380,52</b>
DIESEL OIL TANK1 ( P )		16,97	46,74	793,18
DIESEL OIL TANK1 ( S )		17,34	46,72	810,12
DIESEL OIL TANK 2 (P/ S)		75,86	55,89	4239,82
<b>DIESEL OIL TOTAL</b>		<b>110,17</b>	<b>53,04</b>	<b>5843,12</b>
<b>LIGHT WEIGHT</b>		<b>3574,98</b>	<b>7,61</b>	<b>27205,60</b>
<b>PROVISION</b>		<b>7,00</b>	<b>62,40</b>	
<b>CREW &amp; EFFECT</b>		<b>3,36</b>	<b>47,70</b>	
<b>STORE</b>		<b>12,00</b>	<b>-57,80</b>	
<b>WATER &amp; OIL IN E.R</b>		<b>31,00</b>	<b>49,10</b>	
<b>COOLING WATER TANK</b>		<b>6,43</b>	<b>58,80</b>	
<b>D.W CONSTANTS</b>		<b>59,79</b>	<b>30,17</b>	<b>1803,86</b>
<b>L.O.S.T</b>		<b>10,52</b>	<b>48,76</b>	<b>512,96</b>
<b>DISPLACEMENT</b>		<b>16738,05</b>	<b>0,11</b>	<b>1839,20</b>
<b>SUMMARY</b>				
Displacement			T	16738
Draft	Equivalent		M	8,30
	Fore		M	8,30

ITEM	%	WEIGHT (T)	MID.G (M)	MOMEN (T-M)
		Aft	M	8,30
		Mean	M	8,30
Trim			M	0.00

*Bảng 3. Phương án phân bố tải cho tàu ở trạng thái toàn tải để tàu có hiệu số mớn nước -0.50m*

ITEM	%	WEIGHT (T)	MID.G (M)	MOMEN (T-M)
NO.1 CARGO HOLD		2630,00	-41,14	-108198,20
NO.2 CARGO HOLD		3230,00	-18,32	-59173,60
NO.3 CARGO HOLD		3230,00	5,78	18669,40
NO.4 CARGO HOLD		3100,00	29,92	92752,00
<b>CARGO GRAND TOTAL</b>		<b>12190,00</b>	<b>-4,59</b>	<b>-55950,40</b>
FORE PEAK TANK		150	-59,83	-8974,50
NO 1 W.B.T ( P )&(S)		0	0,00	0,00
NO 2 W.B.T ( P )&(S)		0	0,00	0,00
NO 3 W.B.T ( P )&(S)		0	0,00	0,00
NO 4 W.B.T ( P )&(S)		0	0,00	0,00
NO 5 W.B.T ( P )&(S)		0	0,00	0,00
NO 6 W.B.T ( C )		0	65,02	0,00
<b>WATER BALLAST TOTAL</b>		<b>150</b>	<b>-59,83</b>	<b>-8974,50</b>
A.P.T ( P )		124,21	60,12	7467,51
A.P.T ( S )		118,79	60,50	7186,80
<b>FRESH WATER TOTAL</b>		<b>243,00</b>	<b>60,31</b>	<b>14654,30</b>
AFT FUEL OIL TANK 1 ( C )		199,89	8,44	1687,07
AFT FUEL OIL TANK 2( C )		199,70	28,51	5693,45
<b>FUEL OIL TOTAL</b>		<b>399,59</b>	<b>18,47</b>	<b>7380,52</b>
DIESEL OIL TANK1 ( P )		16,97	46,74	793,18
DIESEL OIL TANK1 ( S )		17,34	46,72	810,12
DIESEL OIL TANK 2 ( P/ S )		75,86	55,89	4239,82
<b>DIESEL OIL TOTAL</b>		<b>110,17</b>	<b>53,04</b>	<b>5843,12</b>
<b>LIGHT WEIGHT</b>		<b>3574,98</b>	<b>7,61</b>	<b>27205,60</b>
<b>PROVISION</b>		<b>7,00</b>	<b>62,40</b>	
<b>CREW &amp; EFFECT</b>		<b>3,36</b>	<b>47,70</b>	
<b>STORE</b>		<b>12,00</b>	<b>-57,80</b>	
<b>WATER &amp; OIL IN E.R</b>		<b>31,00</b>	<b>49,10</b>	
<b>COOLING WATER TANK</b>		<b>6,43</b>	<b>58,80</b>	
<b>D.W CONSTANTS</b>		<b>59,79</b>	<b>30,17</b>	<b>1803,86</b>

11/11/11



ITEM	%	WEIGHT (T)	MID.G (M)	MOMEN (T-M)
L.O.S.T		10,52	48,76	512,96
DISPLACEMENT		16738,05	-0,45	-7524,55
<b>SUMMARY</b>				
Displacement			T	16738
Draft	Equivalent		M	8.30
	Fore		M	8.54
	Aft		M	8.09
	Mean		M	8.30
Trim			M	-0.50

*Bảng 4. Phương án phân bố tải cho tàu ở trạng thái toàn tải để tàu có hiệu số môn nước +0.50m*

ITEM	%	WEIGHT (T)	MID.G (M)	MOMEN (T-M)
NO.1 CARGO HOLD		2630,00	-41,14	-108198,20
NO.2 CARGO HOLD		3230,00	-18,32	-59173,60
NO.3 CARGO HOLD		3230,00	5,78	18669,40
NO.4 CARGO HOLD		3100,00	29,92	92752,00
<b>CARGO GRAND TOTAL</b>			<b>12190,00</b>	<b>-4,59</b>
FORE PEAK TANK		0	-59,83	0,00
NO 1 W.B.T ( P )&(S)		0	0,00	0,00
NO 2 W.B.T (P)&(S)		0	0,00	0,00
NO 3 W.B.T (P)&(S)		0	0,00	0,00
NO 4 W.B.T (P)&(S)		0	0,00	0,00
NO 5 W.B.T (P)&(S)		0	0,00	0,00
NO 6 W.B.T ( C )		150	65,02	9753,00
<b>WATER BALLAST TOTAL</b>			<b>150</b>	<b>65,02</b>
A.P.T (P)		124,21	60,12	7467,51
A.P.T (S)		118,79	60,50	7186,80
<b>FRESH WATER TOTAL</b>			<b>243,00</b>	<b>60,31</b>
AFT FUEL OIL TANK 1 ( C )		199,89	8,44	1687,07
AFT FUEL OIL TANK 2( C )		199,70	28,51	5693,45
<b>FUEL OIL TOTAL</b>			<b>399,59</b>	<b>18,47</b>
DIESEL OIL TANK1 ( P )		16,97	46,74	793,18
DIESEL OIL TANK1 ( S )		17,34	46,72	810,12
DIESEL OIL TANK 2 (P/ S)		75,86	55,89	4239,82
<b>DIESEL OIL TOTAL</b>			<b>110,17</b>	<b>53,04</b>
<b>LIGHT WEIGHT</b>			<b>3574,98</b>	<b>27205,60</b>

P Q  
TRU  
MA  
HON

ITEM	%	WEIGHT (T)	MID.G (M)	MOMEN (T-M)
PROVISION		7,00	62,40	
CREW & EFFECT		3,36	47,70	
STORE		12,00	-57,80	
WATER & OIL IN E.R		31,00	49,10	
COOLING WATER TANK		6,43	58,80	
D.W CONSTANTS		59,79	30,17	1803,86
L.O.S.T		10,52	48,76	512,96
<b>DISPLACEMENT</b>			<b>16738,05</b>	<b>0,67</b>
<b>SUMMARY</b>				
Displacement			T	16738
Draft	Equivalent		M	8.30
	Fore		M	8.06
	Aft		M	8.5.81
	Mean		M	8.30
Trim			M	+0.5

*Bảng 5. Phương án phân bố tải cho tàu ở trạng thái ballast để tàu có hiệu số môn nước 2.7m*

ITEM	%	WEIGHT (T)	MID.G (M)	MOMEN (T-M)
NO.1 CARGO HOLD		0.00	-41.14	0.00
NO.2 CARGO HOLD		0.00	-18.32	0.00
NO.3 CARGO HOLD		0.00	5.78	0.00
NO.4 CARGO HOLD		0.00	29.92	0.00
<b>CARGO GRAND TOTAL</b>		<b>0.00</b>		<b>0.00</b>
FORE PEAK TANK	347	200.00	-59.83	-11966.00
NO 1 W.B.T ( P )&(S)	195	100.00	-55.46	-5546.00
NO 2 W.B.T (P)&(S)		364.49	-40.08	-14608.76
NO 3 W.B.T (P)&(S)		605.26	-18.38	-11124.68
NO 4 W.B.T (P)&(S)		411.19	3.92	1611.86
NO 5 W.B.T (P)&(S)	263	250.00	29.31	7327.50
NO 6 W.B.T ( C )	150	30.56	65.02	1987.01
<b>WATER BALLAST TOTAL</b>		<b>1962</b>	<b>-16.48</b>	<b>-32319.06</b>
A.P.T (P)		124.21	60.12	7467.51
A.P.T (S)		118.79	60.50	7186.80
<b>FRESH WATER TOTAL</b>		<b>243.00</b>	<b>60.31</b>	<b>14654.30</b>
AFT FUEL OIL TANK 1 ( C )		199.89	8.44	1687.07

ITEM	%	WEIGHT (T)	MID.G (M)	MOMEN (T-M)
AFT FUEL OIL TANK 2 ( C )		199.70	28.51	5693.45
<b>FUEL OIL TOTAL</b>		<b>399.59</b>	<b>18.47</b>	<b>7380.52</b>
DIESEL OIL TANK1 ( P )		16.97	46.74	793.18
DIESEL OIL TANK1 ( S )		17.34	46.72	810.12
DIESEL OIL TANK 2 ( P/ S )		75.86	55.89	4239.82
<b>DIESEL OIL TOTAL</b>		<b>110.17</b>	<b>53.04</b>	<b>5843.12</b>
<b>LIGHT WEIGHT</b>		<b>3574.98</b>	<b>7.61</b>	<b>27205.60</b>
<b>PROVISION</b>		<b>7.00</b>	<b>62.40</b>	
<b>CREW &amp; EFFECT</b>		<b>3.36</b>	<b>47.70</b>	
<b>STORE</b>		<b>362.00</b>	<b>-57.80</b>	
<b>WATER &amp; OIL IN E.R</b>		<b>31.00</b>	<b>49.10</b>	
<b>COOLING WATER TANK</b>		<b>6.43</b>	<b>58.80</b>	
<b>D.W CONSTANTS</b>		<b>409.79</b>	<b>-44.97</b>	<b>-18426.34</b>
<b>L.O.S.T</b>		<b>10.52</b>	<b>48.76</b>	<b>512.96</b>
<b>DISPLACEMENT</b>		<b>6709.55</b>	<b>0.72</b>	<b>4851.08</b>
<b>SUMMARY</b>				
Displacement			T	6710
Draft	Equivalent		M	3.65
	Fore		M	2.37
	Aft		M	5.03
	Mean		M	3.70
Trim			M	2.70

Bảng 6. Phương án phân bố tải cho tàu ở trạng thái ballast để tàu có hiệu số môn nước 3.2m

ITEM	%	WEIGHT (T)	MID.G (M)	MOMEN (T-M)
NO.1 CARGO HOLD		0.00	-41.14	0.00
NO.2 CARGO HOLD		0.00	-18.32	0.00
NO.3 CARGO HOLD		0.00	5.78	0.00
NO.4 CARGO HOLD		0.00	29.92	0.00
<b>CARGO GRAND TOTAL</b>		<b>0.00</b>		<b>0.00</b>
FORE PEAK TANK	347	140.00	-59.83	-8376.20
NO 1 W.B.T ( P )&(S)	195	100.00	-55.46	-5546.00
NO 2 W.B.T ( P )&(S)		364.49	-40.08	-14608.76
NO 3 W.B.T ( P )&(S)		605.26	-18.38	-11124.68
NO 4 W.B.T ( P )&(S)		411.19	3.92	1611.86
NO 5 W.B.T ( P )&(S)	263	250.00	29.31	7327.50

CT / M / T / VI

ITEM	%	WEIGHT (T)	MID.G (M)	MOMEN (T-M)
NO 6 W.B.T (C)	150	90.56	65.02	5888.21
<b>WATER BALLAST TOTAL</b>		<b>1962</b>	<b>-12.66</b>	<b>-24828.06</b>
A.P.T (P)		124.21	60.12	7467.51
A.P.T (S)		118.79	60.50	7186.80
<b>FRESH WATER TOTAL</b>		<b>243.00</b>	<b>60.31</b>	<b>14654.30</b>
AFT FUEL OIL TANK 1 (C)		199.89	8.44	1687.07
AFT FUEL OIL TANK 2(C)		199.70	28.51	5693.45
<b>FUEL OIL TOTAL</b>		<b>399.59</b>	<b>18.47</b>	<b>7380.52</b>
DIESEL OIL TANK1 (P)		16.97	46.74	793.18
DIESEL OIL TANK1 (S)		17.34	46.72	810.12
DIESEL OIL TANK 2 (P/ S)		75.86	55.89	4239.82
<b>DIESEL OIL TOTAL</b>		<b>110.17</b>	<b>53.04</b>	<b>5843.12</b>
<b>LIGHT WEIGHT</b>		<b>3574.98</b>	<b>7.61</b>	<b>27205.60</b>
<b>PROVISION</b>		<b>7.00</b>	<b>62.40</b>	
<b>CREW &amp; EFFECT</b>		<b>3.36</b>	<b>47.70</b>	
<b>STORE</b>		<b>362.00</b>	<b>-57.80</b>	
<b>WATER &amp; OIL IN E.R</b>		<b>31.00</b>	<b>49.10</b>	
<b>COOLING WATER TANK</b>		<b>6.43</b>	<b>58.80</b>	
<b>D.W CONSTANTS</b>		<b>409.79</b>	<b>-44.97</b>	<b>-18426.34</b>
<b>L.O.S.T</b>		<b>10.52</b>	<b>48.76</b>	<b>512.96</b>
<b>DISPLACEMENT</b>		<b>6709.55</b>	<b>1.84</b>	<b>12342.08</b>
<b>SUMMARY</b>				
Displacement			T	6710
Draft	Equivalent		M	3.65
	Fore		M	2.11
	Aft		M	5.31
	Mean		M	3.71
Trim			M	3.20

17  
 HO  
 ER  
 TN

*Bảng 7. Phương án phân bố tải cho tàu ở trạng thái ballast để tàu có hiệu số mớn nước +3.70m*

ITEM	%	WEIGHT (T)	MID.G (M)	MOMEN (T-M)
NO.1 CARGO HOLD		0.00	-41.14	0.00
NO.2 CARGO HOLD		0.00	-18.32	0.00
NO.3 CARGO HOLD		0.00	5.78	0.00

ITEM	%	WEIGHT (T)	MID.G (M)	MOMEN (T-M)
NO.4 CARGO HOLD		0.00	29.92	0.00
<b>CARGO GRAND TOTAL</b>		<b>0.00</b>		<b>0.00</b>
FORE PEAK TANK		80.00	-59.83	-4786.40
NO 1 W.B.T ( P )&(S)		100.00	-55.46	-5546.00
NO 2 W.B.T (P)&(S)		364.49	-40.08	-14608.76
NO 3 W.B.T (P)&(S)		605.26	-18.38	-11124.68
NO 4 W.B.T (P)&(S)		411.19	3.92	1611.86
NO 5 W.B.T (P)&(S)		250.00	29.31	7327.50
NO 6 W.B.T ( C )		150.56	65.02	9789.41
<b>WATER BALLAST TOTAL</b>		<b>1962</b>	<b>-8.84</b>	<b>-17337.06</b>
A.P.T (P)		124.21	60.12	7467.51
A.P.T (S)		118.79	60.50	7186.80
<b>FRESH WATER TOTAL</b>		<b>243.00</b>	<b>60.31</b>	<b>14654.30</b>
AFT FUEL OIL TANK 1 ( C )		199.89	8.44	1687.07
AFT FUEL OIL TANK 2 (C)		199.70	28.51	5693.45
<b>FUEL OIL TOTAL</b>		<b>399.59</b>	<b>18.47</b>	<b>7380.52</b>
DIESEL OIL TANK1 ( P )		16.97	46.74	793.18
DIESEL OIL TANK1 ( S )		17.34	46.72	810.12
DIESEL OIL TANK 2 (P/ S)		75.86	55.89	4239.82
<b>DIESEL OIL TOTAL</b>		<b>110.17</b>	<b>53.04</b>	<b>5843.12</b>
<b>LIGHT WEIGHT</b>		<b>3574.98</b>	<b>7.61</b>	<b>27205.60</b>
<b>PROVISION</b>		<b>7.00</b>	<b>62.40</b>	
<b>CREW &amp; EFFECT</b>		<b>3.36</b>	<b>47.70</b>	
<b>STORE</b>		<b>362.00</b>	<b>-57.80</b>	
<b>WATER &amp; OIL IN E.R</b>		<b>31.00</b>	<b>49.10</b>	
<b>COOLING WATER TANK</b>		<b>6.43</b>	<b>58.80</b>	
<b>D.W CONSTANTS</b>		<b>409.79</b>	<b>-44.97</b>	<b>-18426.34</b>
<b>L.O.S.T</b>		<b>10.52</b>	<b>48.76</b>	<b>512.96</b>
<b>DISPLACEMENT</b>		<b>6709.55</b>	<b>2.96</b>	<b>19833.08</b>
<b>SUMMARY</b>				
Displacement			T	6710
Draft	Equivalent		M	3.65
	Fore		M	1.85
	Aft		M	5.60
	Mean		M	3.72
Trim			M	3.70

JON  
 EAN  
 IM

- **Cách thức tiến hành thực nghiệm**

Do điều kiện ngoại cảnh (sóng, gió và dòng chảy) của tàu thay đổi liên tục theo thời gian. Chính vì vậy, để điều kiện ngoại cảnh là gần như nhau khi tiến hành thử nghiệm đo đặc ảnh hưởng của hiệu số môn nước đến sự thay đổi công suất máy của tàu, nhóm nghiên cứu lựa chọn thời gian tiến hành thử nghiệm cho mỗi phương án hiệu số môn nước là 01h khi đó sẽ đảm bảo được điều kiện ngoại cảnh là tương đối như nhau khi tàu chạy ở các hiệu số môn nước khác nhau.

Sau khi đã điều chỉnh được hiệu số môn nước cho tàu đúng như phương án thử như trên, chúng tôi tiến hành chạy thử tàu. Trong quá trình chạy thử tàu sẽ ghi lại sự thay đổi công suất máy và mức tiêu hao nhiên liệu cho tàu ứng với từng trường hợp thử khác nhau. Ở đây, chúng tôi Giữ nguyên vòng tour của máy ở tất cả các phương án hiệu số môn nước khác nhau trong quá trình chạy thử (ứng với một trạng thái tải của tàu). Trên cơ sở đó tiến hành đo đặc sự thay đổi công suất máy và mức tiêu hao nhiên liệu đối với từng hiệu số môn nước khác nhau.

**THUYỀN TRƯỞNG**  
**M/V TRUONG MINH OCEAN**



Phạm Đình Tuấn.



## PHỤ LỤC 2. GIẤY XÁC NHẬN KẾT QUẢ THỬ NGHIỆM TRÊN TÀU

ĐƠN VỊ: TÀU TRUONG MINH OCEAN

CỘNG HÒA XÃ HỘI CHỦ NGHĨA VIỆT NAM  
Độc lập - Tự do - Hạnh phúc

Hải Phòng, ngày 22 tháng 3 năm 2022

### XÁC NHẬN KẾT QUẢ THỬ NGHIỆM TRÊN TÀU

1. Tên tàu được thử nghiệm: TRUONG MINH OCEAN

2. Chuyển đi, thời gian, vị trí

2.1. Chuyển đi: .....

..... NGHI SƠN - FUZHOU .....

..... (Chuyến đầu tiên) .....

Thời gian (Ngày tiến hành đo đạc): 10/11/2021 .....

.....

Vị trí: 24° 08' N ; 118° 46' E .....

.....

2.2. Chuyển đi: .....

..... HUANG PU - CỬU LÔ .....

..... (Chuyến ballast) .....

Thời gian (Ngày tiến hành đo đạc): 10/3/2022 .....

.....

Vị trí: .....

.....

3. Nhân sự thực hiện thử nghiệm

3.1. Chỉ huy thực hiện:

Thuyền trưởng: PHAM DINH TUÂN .....

3.2. Thực hiện:

Đại Phó: .....

Máy trưởng: .....



Thủy thủ trưởng: .....

4. Quy trình thực hiện thử nghiệm: tuân theo các bước trong phụ lục đính kèm.
5. Thông số đo đạc, tính toán: tốc độ tàu, vòng tua máy chính, môn nước, hiệu số môn nước (trim), công suất máy chính, lượng tiêu hao nhiên liệu.
6. Điều kiện thử nghiệm

6.1. Trường hợp tàu chạy ballast

6.1.1. Tuyển thử:.....

..... HUANG PU - CỬA LỘ .....

6.1.2. Điều kiện môi trường

+ Độ sâu của nước: Lớn hơn 70m

+ Trạng thái biển: chiều cao sóng nhỏ hơn 0.5m, tốc độ gió nhỏ hơn 8.7 knots.

6.1.3. Thời gian đo cho mỗi trường hợp thử: 01 giờ

6.1.4. Trạng thái tải trọng của tàu

Trạng thái chạy ballast, lượng giãn nước  $\Delta = 6709.55$  Mts, môn nước: .....(m)

6.2. Trường hợp tàu chạy toàn tải

6.2.1. Tuyển thử:.....

..... NGUYỄN FUZHOU .....



6.2.2. Điều kiện môi trường

+ Độ sâu của nước: Lớn hơn 70m

+ Trạng thái biển: chiều cao sóng nhỏ hơn 0.55 m, tốc độ gió nhỏ hơn 8.0 knots.

6.2.3. Thời gian đo cho mỗi trường hợp thử: 01 giờ

6.2.4. Trạng thái tải trọng của tàu

Trạng thái chạy toàn tải, lượng giãn nước  $\Delta = 16738$  Mts, môn nước: 8.30 (m)



## 7. Kết quả thử nghiệm

7.1 Kết quả đo đạc tại trạng thái toàn tải khi cho tàu chạy ở tốc độ 10.5 knots

Các thông số	Hiệu số môn nước, m		
	-0.50 (chúi mũi)	0.00	+0.50 (chúi lái)
Vòng tour của máy [rpm]	187.0	187.0	187.0
Công suất máy chính [kW]	2306	2353	2389
Lượng nhiên liệu tiêu hao [kg/giờ]	478	495	508

7.2 Kết quả đo đạc tại trạng thái ballast tại tốc độ 11.05 knots

Các thông số	Hiệu số môn nước, m		
	+2.70	+3.20	+3.70
Vòng tour của máy [rpm]	174.0	174.0	174.0
Công suất máy chính [kW]	2109	2075	2044
Lượng nhiên liệu tiêu hao [kg/giờ]	435	419	405

**THUYỀN TRƯỞNG**  
**M/V TRUONG MINH OCEAN**

(ký tên và đóng dấu)



# PHỤ LỤC 3. GIẤY XÁC NHẬN CỦA CÔNG TY CỔ PHẦN QUỐC TẾ TRƯỜNG MINH

CỘNG HOÀ XÃ HỘI CHỦ NGHĨA VIỆT NAM  
Độc lập - Tự do - Hạnh phúc

Hải Phòng, ngày 08 tháng 10 năm 2021

## GIẤY XÁC NHẬN

Công ty Cổ phần Quốc tế TRƯỜNG MINH xác nhận rằng:

Ngày 07 tháng 10 năm 2021 nhóm nghiên cứu gồm: ThS. Trần Quốc Chuẩn, PGS.TS. Trần Ngọc Tú, PGS.TS. Nguyễn Kim Phương – Cán bộ giảng dạy trường Đại học Hàng hải Việt Nam, đã liên hệ với Công ty để được phối hợp nghiên cứu khoa học với các nội dung sau đây:

1. Thu thập các tài liệu, thông số kỹ thuật, bản vẽ, số liệu cần thiết của tàu TRƯỜNG MINH OCEAN, trọng tải 12500 DWT phục vụ cho vấn đề thực hiện luận án tiến sĩ “Nghiên cứu xác định hiệu số món nước tối ưu nhằm nâng cao hiệu quả sử dụng nhiên liệu trên tàu biển”, mã số 9840106..

2. Triển khai thực nghiệm khoa học kiểm chứng kết quả tính toán của luận án nói trên; ghi hình quá trình thực nghiệm; tổng hợp các kết quả thực nghiệm và một số nội dung khác phục vụ vấn đề nghiên cứu.

Trân trọng xác nhận./.

GIÁM ĐỐC



GIÁM ĐỐC  
*Hà Huy Hùng*