

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



NCS. NGUYỄN XUÂN LONG

**NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ HỆ THỐNG THÔNG
BẢO ỔN ĐỊNH THEO THỜI GIAN THỰC CHO
TÀU HÀNG RỜI**

LUẬN ÁN TIẾN SĨ KỸ THUẬT

HẢI PHÒNG - 2020

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

NCS. NGUYỄN XUÂN LONG

NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ HỆ THỐNG THÔNG BÁO ỔN ĐỊNH THEO THỜI GIAN THỰC CHO TÀU HÀNG RỜI

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. Nguyễn Công Vinh

HẢI PHÒNG - 2020

LỜI CAM ĐOAN

Tên tôi là Nguyễn Xuân Long, tác giả của luận án tiến sĩ “Nghiên cứu thiết kế hệ thống thông báo ổn định theo thời gian thực cho tàu hàng rời”. Bằng danh dự của mình, tôi xin cam đoan đây là công trình nghiên cứu của riêng tôi, không có phần nội dung nào được sao chép một cách bất hợp pháp từ công trình nghiên cứu của tác giả khác.

Tôi xin cam đoan các số liệu, kết quả trình bày trong luận án là trung thực và chưa từng được ai công bố trong bất kỳ công trình nào khác.

Tôi xin cam đoan luận án được tiến hành nghiên cứu một cách nghiêm túc và kết quả nghiên cứu của các nhà nghiên cứu đi trước đã được tiếp thu một cách chân thực, cẩn trọng, có trích nguồn dẫn cụ thể trong luận án.

Hải Phòng, ngày 10 tháng 06 năm 2020

Tác giả luận án

Nguyễn Xuân Long

LỜI CẢM ƠN

Trước tiên, tôi xin chân thành gửi lời cảm ơn tới PGS.TS Nguyễn Kim Phương và PGS.TS Nguyễn Công Vịnh là hai thầy hướng dẫn khoa học đã tận tình chỉ bảo cho tôi nhiều kiến thức vô cùng quý báu.

Tôi xin bày tỏ lời cảm ơn tới các thầy, cô trong Khoa Hàng hải, Viện Đào tạo sau đại học, phòng Khoa học - Công nghệ và các đồng nghiệp đã giúp đỡ và tạo điều kiện thuận lợi trong thời gian tôi học tập, nghiên cứu và hoàn thành luận án.

Cám ơn lãnh đạo các Công ty quản lý tàu biển, các Thuyền trưởng và Sĩ quan làm việc trên các tàu hàng rời đã tạo những điều kiện tốt nhất để tôi thực nghiệm sản phẩm của luận án.

Cảm ơn gia đình và bè bạn đã động viên khích lệ tạo điều kiện và động lực để tôi hoàn thành luận án này.

Hải Phòng, ngày 10 tháng 06 năm 2020

Tác giả luận án

Nguyễn Xuân Long

MỤC LỤC

LỜI CAM ĐOAN.....	i
LỜI CẢM ƠN	ii
MỤC LỤC.....	iii
DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU VÀ CHỮ VIẾT TẮT	vi
DANH MỤC MỘT SỐ THUẬT NGỮ LIÊN QUAN ĐẾN ỔN ĐỊNH.....	viii
DANH MỤC CÁC BẢNG.....	x
DANH MỤC HÌNH VẼ VÀ ĐỒ THỊ	xii
MỞ ĐẦU.....	1
1. Tính cấp thiết của luận án	1
2. Tổng quan các công trình nghiên cứu liên quan đến lĩnh vực nghiên cứu của đề tài luận án ở trong nước và nước ngoài	3
3. Mục tiêu nghiên cứu.....	5
4. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu.....	6
5. Phương pháp nghiên cứu.....	6
6. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của đề tài	7
6.1. Ý nghĩa khoa học	7
6.2. Ý nghĩa thực tiễn.....	7
7. Những điểm đóng góp mới của luận án	7
7.1. Về mặt lý luận	7
7.2. Về thực tiễn khoa học chuyên ngành hàng hải	8
8. Kết cấu của luận án	8
CHƯƠNG 1. CƠ SỞ LÝ LUẬN VỀ ỔN ĐỊNH TÀU HÀNG RỜI THEO THỜI GIAN THỰC.....	10
1.1. Khái niệm chung về tàu hàng rời	10
1.1.1. Kích thước thông thường của một số tàu chở hàng rời.....	10
1.1.2. Các loại tàu hàng rời cơ bản.....	11
1.2. Ổn định tàu hàng	14
1.2.1. Khái niệm ổn định tàu hàng	14
1.2.2. Quy định của Bộ luật quốc tế về ổn định nguyên vẹn	19

1.3. Ổn định tàu hàng rời.....	22
1.3.1. Ổn định tàu hàng rời theo thời gian thực	22
1.3.2. Các yếu tố ảnh hưởng bất lợi đến ổn định của tàu hàng rời	23
1.3.3. Một số phương pháp hiệu chỉnh chiều cao thể vững nhằm gia tăng tính ổn định của tàu hàng rời.....	30
1.4. Kết luận chương 1	34
CHƯƠNG 2. TÍNH TOÁN ỔN ĐỊNH TÀU HÀNG RỜI THEO THỜI GIAN THỰC THÔNG QUA CHU KỲ LẮC NGANG	36
2.1. Tổng quan về chuyển động lắc của tàu	36
2.2. Phương pháp xác định chu kỳ lắc ngang của tàu từ thiết bị đo góc nghiêng được đặt trên tàu.....	40
2.3. Xác định các thông số ổn định của tàu hàng rời từ chu kỳ lắc ngang .	49
2.3.1. Xác định chiều cao thể vững của tàu hàng rời thông qua chu kỳ lắc ngang	49
2.3.2. Vẽ đường cong cánh tay đòn ổn định tĩnh và xác định các thông số đánh giá ổn định theo tiêu chuẩn của IMO	52
2.4. Kết luận chương 2	60
CHƯƠNG 3. THIẾT KẾ VÀ XÂY DỰNG HỆ THỐNG THÔNG BÁO ỔN ĐỊNH TÀU HÀNG RỜI THEO THỜI GIAN THỰC.....	61
3.1. Mô hình kiến trúc hệ thống	61
3.1.1. Mô hình kiến trúc hệ thống.....	61
3.1.2. Nguyên lý hoạt động	62
3.2. Các yêu cầu đối với hệ thống	63
3.2.1. Yêu cầu về chức năng của hệ thống.....	63
3.2.2. Phạm vi áp dụng của hệ thống	63
3.3. Xây dựng hệ thống phần cứng	63
3.3.1. Khối cảm biến	63
3.3.2. Khối xử lý trung tâm.....	67
3.3.3. Khối hiển thị.....	67
3.3.4. Khối cảnh báo	68

3.3.5. Hệ thống nhớ.....	68
3.4. Xây dựng chương trình phần mềm	68
3.4.1. Thuật toán điều khiển hệ thống.....	68
3.4.2. Xây dựng chương trình phần mềm tính toán thông số ổn định tàu thông qua chu kỳ lắc ngang.....	69
3.5. Kết luận chương 3	79
CHƯƠNG 4. THỰC NGHIỆM HỆ THỐNG THÔNG BÁO ỔN ĐỊNH TÀU HÀNG RỜI THEO THỜI GIAN THỰC.....	81
4.1. Bố trí hệ thống trên tàu thực nghiệm	81
4.1.1. Hệ thống thiết bị phục vụ cho công tác.....	81
4.1.2. Vận hành hệ thống	82
4.2. Các bước tiến hành thực nghiệm.....	82
4.3. Kết quả thực nghiệm trên một số tàu hàng rời.....	84
4.3.1. Thực nghiệm trên tàu Tàu hàng rời CHANG CHANG NAN HAI	84
4.3.2. Thực nghiệm trên tàu Tàu hàng rời SERENE JUNIPER	85
4.3.3. Thực nghiệm trên tàu hàng rời LI DIAN 3	87
4.3.4. Thực nghiệm trên tàu LUCKY STAR	89
4.3.5. Thực nghiệm trên tàu hàng rời BMC BRAVO.....	93
4.3.6. Thực nghiệm trên tàu hàng rời TÂN BÌNH 234.....	98
4.3.7. Đánh giá kết quả thực nghiệm	100
4.4. Kết luận chương 4	100
KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ.....	102
DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH KHOA HỌC ĐÃ CÔNG BỐ LIÊN QUAN ĐẾN ĐỀ TÀI LUẬN ÁN.....	104
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	105
PHỤ LỤC	110

DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU VÀ CHỮ VIẾT TẮT

Chữ viết tắt	Giải thích ý nghĩa
B	Center of Bouyancy/Tâm nổi
d	Draft/Món nước
D	Displacement/Lượng giãn nước
F	Center of Floatation/ Tâm mặt phẳng đường nước
G	Center of Gravity/Trọng tâm tàu
GM	Metacentric Height/Chiều cao thể vững
IMO	International Maritime Organization/Tổ chức Hàng hải Quốc tế
IS Code 2008	The international code on Intact Stability 2008/Bộ luật Quốc tế về ổn định nguyên vẹn
K	Keel of Ship/Sóng đáy tàu
KB	Vertical Center of Bouyancy/Chiều cao tâm nổi
KG, VCG	Vertical Center of Gravity/Chiều cao trọng tâm tàu
KG _{ls}	Vertical Center of Gravity (Light Ship)/Chiều cao trọng tâm tàu không
LBP/LPP	Length between Perpendiculars/Chiều dài giữa hai đường thủy trực
LCB	Longitudinal Center of Buoyancy/Hoành độ tâm nổi
LCF	Longitudinal Center of Floatation/Hoành độ tâm mặt phẳng đường nước
LCG	Longitudinal Center of Gravity/Hoành độ trọng tâm tàu
LCG _{ls}	Longitudinal Center of Gravity (Light Ship)/Hoành độ trọng tâm tàu không
LKM	Longitudinal Metacenter height/Cao độ tâm chủi

Chữ viết tắt	Giải thích ý nghĩa
TKM	Transverse Metacenter height/Cao độ tâm nghiêng ngang
M	Metacenter/Tâm nghiêng
SOLAS 74	International Convention for the Safety of Life at Sea, 1974/Công ước quốc tế về an toàn sinh mạng con người trên biển
t	Trim/Hiệu số món nước
TPC/TPI	Tons Per Centimeter Immersion/ Tons Per Inch Immersion/Số tấn làm thay đổi 1cm/1 inch chiều chìm trung bình của tàu
MTC/MTI	Moment to change Trim one Centimeter/Moment to Trim one Inch/Mô men làm thay đổi 1 cm/1 inch chiều chúi của tàu
M_{FS}	Free Surface Moment –MFS/ mô-men mặt thoáng chất lỏng trong két chứa không đầy.

DANH MỤC MỘT SỐ THUẬT NGỮ LIÊN QUAN ĐẾN ỔN ĐỊNH

Thuật ngữ	Giải thích ý nghĩa
Trọng tâm tàu (G)	Là điểm đặt của vector trọng lực tổng hợp của tàu
Tâm nổi của tàu (B)	Là điểm đặt của véc tơ lực nổi tác dụng lên tàu hay đó chính là trọng tâm của khối nước mà tàu chiếm chỗ. Khi tàu nổi ở trạng thái cân bằng thì lực nổi và trọng lực của tàu tác dụng cùng trên một đường thẳng đứng, bằng nhau về trị số và ngược chiều nhau.
Tâm nghiêng của tàu (M)	Là tâm của quỹ đạo di chuyển của tâm nổi B khi tàu nghiêng. Một cách tổng quát đây là quỹ đạo có độ cong thay đổi. Tuy nhiên khi tàu nghiêng ở góc nghiêng nhỏ quỹ đạo do tâm nổi B vạch ra hầu như là cung tròn có tâm là điểm M cố định.
Tâm mặt phẳng đường nước (F)	Đây là tâm hình học của phần mặt phẳng đường nước được giới hạn phía trong vỏ bao thân tàu.
Cao độ tâm nổi (KB)	Là độ cao của tâm nổi B tính từ đường cơ sở (thường lấy là ky tàu).
Chiều cao trọng tâm (KG)	Là độ cao của trọng tâm G tính từ đường cơ sở (thường lấy là ky tàu).
KGls	Chiều cao trọng tâm tàu không
Chiều cao tâm nghiêng ngang (TKM)	Là độ cao tâm nghiêng ngang tính từ đường cơ sở (thường lấy là ky tàu).
Chiều cao tâm chúi (LKM)	Là độ cao tâm chúi tính từ đường cơ sở (thường lấy là ky tàu).
Chiều cao thể vững (GM)	Là khoảng cách theo chiều thẳng đứng, tính từ trọng tâm tàu đến tâm nghiêng ngang của tàu. Đại lượng này dùng để đánh giá thể vững ban đầu của tàu.
Cánh tay đòn ổn định (GoZ)	Được sử dụng để đánh giá ổn định tại các góc nghiêng lớn khi quỹ đạo tâm nổi B không còn là một cung tròn và tâm nghiêng M không còn là cố định.

Thuật ngữ	Giải thích ý nghĩa
LCB; Mid.B; MB	Hoành độ tâm nổi B tính từ mặt phẳng sườn giữa.
LCG; Mid.G; MG	Hoành độ trọng tâm tính từ mặt phẳng sườn giữa.
LCF; MID.F; MF	Hoành độ tâm mặt phẳng đường nước tính từ mặt phẳng sườn giữa.
Lượng giãn nước	Là khối lượng của phần thể tích nước mà tàu chiếm chỗ.
Chu kỳ lắc ngang của tàu (T)	Là thời gian giữa hai giá trị tối đa liên tiếp của góc nghiêng ở cùng một phía của con tàu.

DANH MỤC CÁC BẢNG

Số bảng	Tên bảng	Trang
1.1	Bảng tính cánh tay đòn G_0Z	18
1.2	Hệ số k	21
1.3	Hệ số X1	22
1.4	Hệ số X2	22
1.5	Hệ số s	22
2.1	Bảng tra G_0M từ chu kỳ lắc ngang	49
2.2	Bảng thủy tĩnh	53
2.3	Bảng đường cong hoành giao giả định	54
2.4	Bảng sức chứa hầm hàng	54
2.5	Bảng sức chứa kết	55
2.6	Bảng tra góc ngập nước của tàu	55
2.7	Bảng tình trạng tải trọng của tàu	56
3.1	Các tính năng chính của thiết bị đo góc nghiêng MPU 6050	66
4.1	Số liệu thực nghiệm đo chu kỳ lắc tàu CHANG CHANG NAN HAI	85
4.2	Số liệu thực nghiệm đo chu kỳ lắc tàu SERENE JUNIPER	86
4.3	Số liệu thực nghiệm đo chu kỳ lắc ngang tàu LI DIAN 3	88
4.4	Số liệu thực nghiệm đo chu kỳ lắc tàu LUCKY STAR	90
4.5	Số liệu thực nghiệm xác định G_0M tàu LUCKY STAR	91
4.6	Số liệu thực nghiệm xác định đặc tính đường cong G_0Z tàu LUCKY STAR	92

Số bảng	Tên bảng	Trang
4.7	Chu kỳ lắc ngang và G_0M trong quá trình tàu trao đổi nước dẫn trên tàu BMC BRAVO	95
4.8	So sánh số liệu thực nghiệm đo chu kỳ lắc tàu BMC BRAVO	97
4.9	So sánh G_0M theo chu kỳ lắc đo bằng thiết bị và G_0M theo chương trình máy tính xếp tải của tàu BMC BRAVO	97
4.10	Số liệu thực nghiệm đo chu kỳ lắc tàu TÂN BÌNH 234	99
4.11	Số liệu thực nghiệm xác định G_0M tàu TÂN BÌNH 234	99

DANH MỤC HÌNH VẼ VÀ ĐỒ THỊ

Số hình	Tên hình	Trang
1.1	Tàu hàng rời có thiết bị làm hàng	11
1.2	Tàu hàng rời không có thiết bị làm hàng	12
1.3	Tàu hàng rời kết hợp OBO	12
1.4	Tàu hàng rời tự dỡ hàng	13
1.5	Tàu hàng rời BIBO	13
1.6	Các trạng thái cân bằng của tàu	14
1.7	Chiều cao thể vững	16
1.8	Ổn định góc nghiêng lớn	17
1.9	Tiêu chuẩn ổn định dưới tác động của sóng gió	20
1.10	Trạng thái cân bằng khi hàng bị dịch chuyển sang bên mạn	23
1.11	Trọng tâm tàu thay đổi khi khối hàng rời dịch chuyển sang mạn	24
1.12	Ảnh hưởng mặt thoáng chất lỏng đến chiều cao thể vững	26
1.13	Tàu Hui Long bị nghiêng trái do hàng rời có tính nhão chảy	27
1.14	Tàu Bulk Jupiter bị nghiêng và đắm do hàng rời có tính nhão chảy	28
2.1	Hệ tọa độ và các mặt phẳng dùng để khảo sát tàu	36
2.2	Các dạng chuyển động của tàu	37
2.3	Các hệ tọa độ khi nghiên cứu chuyển động lắc	38
2.4	Lắc ngang thân tàu dưới ảnh hưởng của sóng	40
2.5	Biện pháp đo đạc, chuyển đổi dao động lắc ngang sang dạng tín hiệu rời rạc	41
2.6	Nhiều làm ảnh hưởng đến các giá trị đo	41

Số hình	Tên hình	Trang
2.7	Phân bố năng lượng của tín hiệu điều hòa luôn có cường độ lớn hơn so với các tín hiệu dao động không điều hòa	44
2.8	Mô hình xử lý và dự đoán tần số dao động chính của tín hiệu	46
2.9	Phân chia khung tín hiệu	47
2.10	Minh họa sự duy trì năng lượng tại tần số dao động phổ biến	48
2.11	Đồ thị xác định bán kính quay (radius of gyration)	51
2.12	Thuật toán vẽ đường cong cánh tay đòn ổn định tĩnh (G_0Z)	57
2.13	Đồ thị đường cong cánh tay đòn ổn định tĩnh	58
2.14	Diện tích dưới đường cong cánh tay đòn ổn định tĩnh	59
3.1	Mô hình kiến trúc hệ thống thông báo ổn định tàu	61
3.2	Cảm biến gia tốc Module GY-521 6DOF	64
3.3	Thiết bị đo góc nghiêng sử dụng Chip MPU 6050	65
3.4	Màn hình 128x64 Wearable LCD Screen	68
3.5	Thuật toán điều khiển hệ thống thông báo ổn định tàu	69
3.6.	Kiến trúc hệ thống thu nhận và tính toán chu kỳ lắc của tàu	71
3.7.	Sơ đồ liên kết các thành phần trong ứng dụng đọc và phân tích dao động lắc	71
3.8.	Các thông số liên quan đến code được theo dõi bởi công cụ hỗ trợ Visual Studio	72
3.9.	Cấu trúc mã nguồn	73
3.10.	Cấu trúc giao diện đồ họa chính	73
3.11	Giao diện chính của chương trình phần mềm	74
3.12	Cửa sổ điều khiển	74
3.13	Tệp kết quả lưu trữ tự động của Hệ thống	75

Số hình	Tên hình	Trang
3.14	Cửa sổ hiển thị tín hiệu đầu vào	76
3.15	Cửa sổ hiển thị kết quả đầu ra	76
3.16	Cửa sổ hiển thị các thông số ổn định tàu tại thời điểm quan sát	77
3.17	Giao diện đánh giá ổn định tàu theo Bộ luật IS Code-2008	77
3.18	Cửa sổ cài đặt chung	78
3.19	Giao diện nhập các thông số chuyển đi	78
4.1	Máy tính chạy phần mềm của hệ thống	81
4.2	Tàu hàng rời CHANG CHANG NAN HAI	84
4.3	Tàu hàng rời SERENE JUNIPER	85
4.4	Tàu hàng rời LI DIAN 3	87
4.5	Tàu hàng rời LUCKY STAR	89
4.6	Đường cong G_0Z theo tính toán từ chương trình máy tính hàng của tàu LUCKY STAR	92
4.7	Đường cong G_0Z theo tính toán từ hệ thống đã xây dựng cho tàu LUCKY STAR	93
4.8	Tàu hàng rời BMC BRAVO	93
4.9	Khu vực tàu hành trình trong khi tiến hành thực nghiệm hệ thống	94
4.10	Đồ thị biến thiên G_0M theo thời gian thực khi tàu trao đổi nước dằn	96
4.11	Tàu hàng rời TÂN BÌNH 234	98

MỞ ĐẦU

1. Tính cấp thiết của luận án

Trong quá trình hàng hải, con tàu luôn chịu tác động của ngoại lực như sóng, gió. Khả năng tự trở lại vị trí cân bằng khi ngoại lực ngừng tác động là yêu cầu cơ bản để tàu tiếp tục hành trình an toàn trên biển. Khả năng này là tính ổn định của tàu. Để đảm bảo tính ổn định của tàu, sỹ quan hàng hải và các bên liên quan phải tính toán, đánh giá và duy trì tính ổn định của tàu theo các tiêu chuẩn của IMO như: Tiêu chuẩn chung cho tàu hàng theo Bộ luật quốc tế về Ổn định nguyên vẹn (IS Code), ngoài ra còn có tiêu chuẩn đặc biệt cho một số loại tàu như tàu chở gỗ, tàu chở hàng lỏng, tàu chở hàng hạt rời... Mặt khác, tiêu chuẩn đánh giá ổn định khi tàu bị hư hỏng còn được qui định trong Công ước quốc tế về an toàn sinh mạng con người trên biển - SOLAS 74 sửa đổi, bổ sung năm 2014 [28].

Theo thống kê của tổ chức Allianz, từ năm 2009 đến 2018, có tất cả 1036 vụ tai nạn có mức thiệt hại nghiêm trọng, trong đó tai nạn chìm tàu chiếm số lượng lớn nhất (551 vụ) và giữ ở mức cao hàng năm (từ 46÷132 vụ). Cũng theo báo cáo tai nạn của tổ chức này, số vụ tai nạn liên quan đến tàu hàng rời là 93 vụ và hầu hết (80%) các nguyên nhân dẫn đến chìm tàu là do tàu không đảm bảo ổn định nguyên vẹn và ổn định tai nạn [46].

Tính ổn định của tàu biển nói chung, tàu hàng rời nói riêng được đặc trưng bởi hai thông số cơ bản, đó là chiều cao thể vững (G_0M) và cánh tay đòn ổn định tĩnh (G_0Z). Vấn đề ổn định của tàu chủ yếu phát sinh trong quá trình tàu làm hàng, bơm xả nước dằn và những yếu tố bất thường ảnh hưởng đến ổn định tàu trong quá trình chạy biển. Hiện nay, việc tính toán, kiểm tra tính ổn định tàu thường được thực hiện khi lập kế hoạch xếp hàng, trong quá trình xếp hàng, lúc kết thúc xếp hàng và đánh giá lần cuối trước khi tàu hành trình. Một con tàu sau khi được đánh giá đầy đủ theo tiêu chuẩn ổn định của IMO thì được coi là đủ điều kiện về ổn định trước khi tàu rời bến. Tính ổn

định này được mặc định là an toàn cho cả quá trình hàng hải của tàu biển. Tuy nhiên, trong quá trình hành trình, hàng hóa có thể bị xô dịch, hóa lỏng, hư hỏng ẩn tì của vỏ tàu,..., làm cho tính ổn định của con tàu bị suy giảm và có thể bị mất hoàn toàn, ảnh hưởng trực tiếp tới sự an toàn của tàu, hàng hóa và thuyền viên. Thực tế, trong những tình huống đó, sĩ quan hàng hải gặp nhiều khó khăn trong việc tính toán ổn định hiện thời của tàu. Hơn nữa, trong trường hợp tàu phải điều chỉnh nước dằn, sĩ quan có thể chủ quan không kiểm tra tính ổn định của tàu trong quá trình bơm nước dằn. Việc không tính toán kịp thời, đầy đủ tính ổn định của tàu khi hành trình là một trong những nguyên nhân dẫn đến các tai nạn đáng tiếc: tàu bị mất ổn định và bị chìm đắm.

Hàng hóa trong vận tải biển rất phong phú, đa dạng và được vận chuyển trên nhiều chủng loại tàu khác nhau. Một trong số những hàng hóa thường được chở trên tàu chuyên dụng là hàng rời. Hàng rời khi vận chuyển ở một điều kiện nhất định có thể bị nhão chảy và dịch chuyển, làm suy giảm nghiêm trọng tính ổn định của tàu, khiến tàu bị nghiêng dần, cuối cùng dẫn đến lật tàu. Thời gian từ lúc tàu bắt đầu bị nghiêng đến lúc lật tàu có thể diễn ra trong vài tiếng, vài ngày tùy thuộc vào đặc điểm của hàng trên tàu, điều kiện ngoại cảnh, khả năng xử lý tình huống của thuyền trưởng và sỹ quan trên tàu. Thực tế, nhiều tai nạn hàng hải nghiêm trọng đã xảy ra đối với các tàu vận chuyển hàng rời có tính nhão chảy, cướp đi sinh mạng của nhiều thuyền viên và gây tổn thất lớn về hàng hóa [36]. Đặc điểm chung của các tai nạn này đều là sự suy giảm ổn định của tàu không được phát hiện sớm và tính ổn định của tàu bị mất đi khi tàu hành trình trên biển. Do không phát hiện được sớm nên sỹ quan hàng hải đã không đưa ra được phương pháp xử lý, phương pháp điều động thích hợp, làm tính ổn định của con tàu càng suy giảm hơn dẫn đến mất hoàn toàn, kết hợp điều kiện ngoại cảnh bất lợi thì các tai nạn đắm tàu xảy ra là hoàn toàn không thể tránh khỏi.

Như vậy, nếu có thể liên tục cập nhật được tính ổn định của tàu hàng rời theo thời gian thực trong suốt quá trình hàng hải, đưa ra các cảnh báo về sự suy giảm ổn định của tàu sẽ là một trợ giúp hiệu quả, quan trọng với sỹ quan hàng hải. Từ đó, các hành động và biện pháp xử lý sớm được đưa ra, nâng cao an toàn sinh mạng cho con người và con tàu.

Do vấn đề ổn định cho các loại tàu khá rộng, đồng thời tàu chở hàng rời thường phải vận chuyển một số loại hàng có khả năng gây suy giảm tính ổn định cho tàu khi hành trình trên biển, nên **“Nghiên cứu thiết kế hệ thống thông báo ổn định theo thời gian thực cho tàu hàng rời”** là một vấn đề có tính thời sự và cấp thiết cao, được lựa chọn làm đề tài luận án tiến sĩ nhằm góp phần nâng cao an toàn hàng hải.

2. Tổng quan các công trình nghiên cứu liên quan đến lĩnh vực nghiên cứu của đề tài luận án ở trong nước và nước ngoài

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

- Năm 2012, Tác giả Apostolos Papanikolaou, Đại học Kỹ thuật quốc gia Athens, Hy Lạp, đã viết bài báo “Mục đích của tiêu chuẩn an toàn và ổn định tàu biển”, công trình đã phác thảo lại mục tiêu và kết quả thu được của dự án GOALDS của ủy ban châu Âu về đánh giá các công thức tính xác suất ổn định hư hỏng trong chương II-1 của SOLAS 74 cho tàu hàng khô, tàu khách [21], [49].

- Năm 2015, tác giả Mohamed Abdelkader Djebli, Benameur Hamoudi, Omar Imine và Lahouari Adjlout, Khoa Kỹ thuật cơ khí, Đại học Khoa học Công nghệ Oran Mohamed, Algeria, đã viết bài báo “Ứng dụng điện thoại thông minh trong việc thử nghiệm ổn định của tàu”. Nội dung nghiên cứu của bài báo đề cập đến việc sử dụng cảm biến gia tốc có sẵn trong điện thoại thông minh để xác định chu kỳ lắc ngang của tàu, từ chu kỳ lắc ngang xác định được nhóm tác giả cũng tính toán chiều cao thể vững của tàu thông qua công thức

được IMO khuyến cáo. Kết quả thực nghiệm được trình bày trong bài báo mới chỉ được thực nghiệm trên tàu mô hình có tỷ lệ bằng 1/25 của một tàu đánh cá thực tế [37], [47].

- Năm 2015, tác giả Shadman Sakib, Khoa kỹ thuật hàng hải và kiến trúc hải quân thuộc trường Đại học Kỹ thuật và Công nghệ Bangladesh, đã viết bài báo “Thiết bị mới để xác định ổn định động và xếp tải động cho tàu nội địa dựa trên chuyển động lắc ngang của nó”. Bài báo đã đề cập đến nguyên lý xác định ổn định của tàu thông qua chu kỳ lắc ngang bằng cách sử dụng các cảm biến góc gia tốc, kết quả nghiên cứu chỉ dừng ở phạm vi thực nghiệm trong phòng thí nghiệm thông qua các thiết bị tự chế và đối tượng nghiên cứu của tác giả là các tàu thuyền nhỏ hoạt động trong vùng nước nội địa của Bangladesh [44], [48].

- Năm 2017, tác giả Przemysław Krata, Wojciech Wawrzyński, Khoa hàng hải, Đại học Hàng hải Gdynia, Balan, đã viết bài báo “Dự đoán vùng nguy hiểm thông qua mối quan hệ giữa chu kỳ lắc riêng và chiều cao thể vững tương đương”. Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu sự ảnh hưởng của chu kỳ lắc riêng đến đặc tính phi tuyến của đường cong GZ và đề xuất cần sử dụng chiều cao thể vững tương đương (GM_{eq}) thay vì GM ban đầu khi đánh giá ổn định tàu [43].

- Liên quan đến thiết bị đo nghiêng điện tử trang bị trên tàu đáp ứng các tiêu chuẩn theo Nghị quyết MSC.363(92) của IMO thì trên thế giới đã có một số công ty đang chào bán sản phẩm này như: Công ty TNHH Hàng hải UC (UC Marine Company Limited) [52], Công ty TNHH Kỹ thuật Nanjing Ninglu (Nanjing Ninglu Technology Co., Ltd.) [53] của Trung Quốc và Công ty Daniamant của Đan Mạch [54]... Tuy nhiên, các thiết bị này mới chỉ dừng ở việc tính toán các thông số góc nghiêng ngang, nghiêng dọc và chu kỳ lắc ngang của tàu, không có chức năng tính toán ổn định tàu theo thời gian thực cũng như

cảnh báo xu hướng suy giảm ổn định của tàu.

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

Bài báo “Một số khuyến nghị trong công tác vận hành tàu hàng rời có nguy cơ hóa lỏng” của tác giả Nguyễn Kim Phương, Bùi Văn Hưng được đăng trên tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải, trường Đại học Hàng hải Việt Nam, số 46-3/2016 đã đề cập đến hiện tượng hóa lỏng của hàng rời dưới góc độ vật lý để từ đó đưa ra các khuyến nghị trong công tác vận hành tàu chở hàng rời có nguy cơ hóa lỏng cho các sỹ quan hàng hải [10].

Năm 2018, các tác giả Nguyễn Kim Phương, Nguyễn Công Vịnh, Từ Mạnh Chiến đã viết bài báo “Mô phỏng tiến trình xếp dỡ hàng trên tàu hàng rời phục vụ đào tạo và huấn luyện hàng hải” trên tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải, trường Đại học Hàng hải Việt Nam, số 54-4/2018. Bài báo đã mô phỏng được việc tính toán ổn định của một tàu hàng rời cụ thể trong quá trình xếp, dỡ hàng tại cảng để phục vụ cho việc huấn luyện, đào tạo cho các sinh viên ngành điều khiển tàu biển và các sỹ quan hàng hải [12].

Từ kết quả công bố của các công trình, có thể nhận thấy, các công trình khoa học trên chưa đưa ra được phương pháp tính toán và đánh giá ổn định của tàu hàng rời theo thời gian thực trong điều kiện hành trình, cũng như một hệ thống thiết bị hoàn chỉnh cho phép tự động tính toán, hiển thị các thông số đặc trưng cho tính ổn định của tàu theo thời gian thực và đưa ra cảnh báo khi tính ổn định tàu có xu hướng suy giảm.

3. Mục tiêu nghiên cứu

Mục tiêu của đề tài luận án là thiết kế hệ thống thông báo ổn định của tàu hàng rời có khả năng hiển thị liên tục các thông số đặc trưng cho ổn định nguyên vẹn theo thời gian thực, xu hướng thay đổi giá trị và đưa ra cảnh báo khi tính ổn định của tàu không thỏa mãn tiêu chuẩn quy định trong Bộ luật ổn định nguyên vẹn (IS Code 2008) của Tổ chức Hàng hải quốc tế (IMO).

4. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

Để đạt mục tiêu đề ra, đối tượng và phạm vi nghiên cứu của đề tài luận án được xác định cụ thể như sau:

- Đối tượng nghiên cứu: Tàu hàng rời, tính ổn định của tàu hàng rời, phương pháp đánh giá ổn định của tàu hàng rời;
- Phạm vi nghiên cứu: Ổn định nguyên vẹn của tàu hàng rời khi hành trình trên biển, trong điều kiện tàu nổi cân bằng, không bị nghiêng ngang tĩnh.

5. Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp nghiên cứu khoa học là phạm trù trung tâm của phương pháp luận nghiên cứu khoa học. Phương pháp nghiên cứu không chỉ là vấn đề lý luận mà còn là vấn đề có ý nghĩa thực tiễn, do đó việc lựa chọn phương pháp nghiên cứu phù hợp sẽ góp phần quyết định thành công của đề tài.

Các phương pháp được lựa chọn để thực hiện đề tài luận án:

- Phương pháp phân tích và tổng hợp: Phương pháp này được sử dụng để tổng quan các công trình nghiên cứu đã công bố liên quan đến đề tài luận án, cũng như hệ thống hóa cơ sở lý luận về ổn định của tàu hàng nói chung và tàu hàng rời nói riêng;
- Phương pháp mô hình hóa: Đây là phương pháp mô hình hóa chuyển động lắc ngang của tàu dựa trên sự thay đổi của góc nghiêng ngang động của tàu dưới tác động của ngoại lực theo thời gian thực. Trên cơ sở đó, xác định chu kỳ lắc ngang của tàu hàng rời khi hành trình trên biển;
- Phương pháp chuyên gia: Tham vấn chuyên gia hàng hải về việc đánh giá tính ổn định của tàu khi hành trình trên biển, các yếu tố ảnh hưởng đến tính ổn định của tàu hàng rời;
- Phương pháp ứng dụng công nghệ thông tin: Lựa chọn ngôn ngữ lập trình và xây dựng phần mềm của hệ thống thông báo ổn định theo thời gian thực cho tàu hàng rời;

- Phương pháp thực nghiệm: Phương pháp thực nghiệm được áp dụng để đánh giá khả năng hoạt động và độ tin cậy của các thiết bị trong hệ thống, cũng như đánh giá, hiệu chỉnh và hoàn thiện hệ thống.

6. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của đề tài

6.1. Ý nghĩa khoa học

Trong giới hạn đối tượng và phạm vi nghiên cứu, đề tài luận án có ý nghĩa khoa học nhất định trong lĩnh vực khoa học hàng hải, thể hiện sau đây:

- Đề tài luận án đã tổng hợp và hệ thống hóa cơ sở lý luận về ổn định tàu và đặc trưng ổn định của tàu hàng rời;
- Đề tài luận án đã đưa ra phương pháp xác định ổn định tàu một cách liên tục theo thời gian thực dựa trên chuyển động lắc ngang của con tàu.

6.2. Ý nghĩa thực tiễn

Bên cạnh ý nghĩa khoa học, đề tài luận án còn mang lại ý nghĩa thực tiễn trong công tác dẫn tàu an toàn trên biển, cụ thể:

Xây dựng hệ thống tích hợp (phần cứng, phần mềm) cho phép đo, xử lý thông tin ổn định tàu theo thời gian thực, đưa ra cảnh báo khi ổn định tàu bị suy giảm, hệ thống đã được thử nghiệm và cho kết quả tốt;

Hệ thống này có thể áp dụng trên tàu hàng rời nhằm hỗ trợ thuyền trưởng và sĩ quan hàng hải trong quá trình dẫn tàu, góp phần đảm bảo an toàn hàng hải.

7. Những điểm đóng góp mới của luận án

7.1. Về mặt lý luận

Trên cơ sở thu thập, phân tích, đánh giá các công trình khoa học đã công bố từ trước có liên quan đến đề tài luận án, có thể khẳng định một số điểm đóng góp mới của luận án về mặt lý luận như sau:

- Đề xuất phương pháp xác định chu kỳ lắc ngang từ thiết bị đo góc nghiêng ngang của tàu hàng rời theo thời gian thực;

- Đề xuất thuật toán xác định chu kỳ lắc ngang và các thông số ổn định của tàu hàng rời theo thời gian thực;
- Đề xuất mô hình kiến trúc, chức năng của hệ thống thông báo ổn định tàu hàng rời theo thời gian thực;
- Xây dựng phần mềm thông báo ổn định tàu hàng rời theo thời gian thực cho phép: tính toán và hiển thị tự động giá trị của chiều cao thể vững và đồ thị đường cong cánh tay đòn ổn định tĩnh một cách liên tục theo thời gian thực; cảnh báo khi ổn định của con tàu suy giảm, không đảm bảo tiêu chuẩn quy định.

7.2. Về thực tiễn khoa học chuyên ngành hàng hải

Sản phẩm nghiên cứu của đề tài hướng đến áp dụng cho các tàu hàng rời, do đó mọi hoạt động nghiên cứu đều gắn liền với hoạt động của các tàu hàng rời, những điểm đóng góp mới của luận án về thực tiễn như sau:

- Thiết lập hoàn chỉnh hệ thống thông báo ổn định tàu hàng rời theo thời gian thực bao gồm các thiết bị phần cứng và chương trình phần mềm. Hệ thống có thể được xem như là công cụ hỗ trợ sĩ quan hàng hải trong công tác dẫn tàu an toàn, góp phần phòng ngừa, giảm thiểu hậu quả sự cố chìm tàu.
- Hệ thống cũng có thể được ứng dụng trong công tác đào tạo, huấn luyện sĩ quan hàng hải, sinh viên ngành điều khiển tàu biển ở góc độ bổ xung thêm kiến thức, kỹ năng về ổn định tàu hàng nói chung và tàu hàng rời nói riêng.

8. Kết cấu của luận án

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

- Phần mở đầu;
- Phần nội dung (gồm 4 chương):
 - + Chương 1. Cơ sở lý luận về ổn định tàu hàng rời theo thời gian thực;
 - + Chương 2. Tính toán ổn định tàu hàng rời theo thời gian thực thông qua chu kỳ lắc ngang;
 - + Chương 3. Thiết kế và xây dựng hệ thống thông báo ổn định tàu hàng

rời theo thời gian thực;

+ Chương 4. Thực nghiệm hệ thống thông báo ổn định tàu hàng rời theo thời gian thực;

- Phần kết luận và kiến nghị;
- Phần tài liệu tham khảo và phụ lục.

CHƯƠNG 1. CƠ SỞ LÝ LUẬN VỀ ỔN ĐỊNH TÀU HÀNG RỜI THEO THỜI GIAN THỰC

1.1. Khái niệm chung về tàu hàng rời

Tàu chở hàng rời là loại tàu được sử dụng rất nhiều trong việc vận chuyển hàng hóa trên thế giới, nó có thể vận chuyển những hàng hóa ở dạng thô (bulk cargo) như than đá, quặng sắt, ngũ cốc, lưu huỳnh, phế liệu không có đóng thùng hay bao kiện và được chứa trực tiếp trong các khoang hàng chống thấm nước của tàu.

Tàu chuyên dụng chở hàng rời là loại tàu một boong, có cấu trúc vững chắc, có kết hông và kết treo ở hai bên mạn hầm hàng để làm giảm mặt thoáng hầm hàng và dễ điều chỉnh trọng tâm tàu khi cần thiết. Tàu có miệng hầm rộng rãi, thuận lợi cho việc xếp dỡ hàng. Hầm hàng được gia cường chắc chắn chịu được sự va đập của hàng hóa và thiết bị khi làm hàng.

Đối với những hàng hóa có khối lượng chuyên chở rất lớn thì phương thức vận chuyển đường biển bằng tàu hàng rời có thể giúp doanh nghiệp giảm chi phí vận tải hơn so với so với phương thức chở hàng bằng container.

Sức chứa của những tàu hàng rời ở khoảng 25.000DWT (Handysize), đối với những tàu có sức chứa trung bình (Panamax- tàu được thiết kế theo tiêu chuẩn để có thể đi qua kênh đào Panama) vào khoảng 75.000DWT, có những tàu với sức chứa rất lớn lên đến hơn 200.000DWT.

1.1.1. Kích cỡ của một số tàu chở hàng rời

Handysize: từ 20.000DWT đến 40.000DWT;

Handymax: từ 40.000DWT đến 50.000DWT;

Supramax: từ 50.000DWT đến 60.000DWT;

Panamax: từ 60.000DWT từ 80.000DWT;

Post-Panamax (“Baby capers”): nhỏ hơn 125.000DWT;

Capesize: từ 125.000 đến trên 200.000DWT, loại tàu này có thể phân loại như sau:

- Newcastlemax: là loại tàu dài nhất có thể vào được cảng của Newcastle, Australia, sức chứa khoảng 185.000DWT;
- Setouchmax: là loại tàu dài nhất có thể hoạt động ở các vùng biển Setouch, Nhật Bản với sức chứa khoảng 203.000DWT.
- Với nhu cầu vận chuyển hàng hóa ngày càng cao, một số con tàu VLCC (Very Large Crude Carrier-Tàu kích thước rất lớn vận chuyển dầu thô) đang được chuyển đổi sang những con tàu VLOC (Very Large Ore Carrier - Tàu kích thước rất lớn vận chuyển quặng) với sức chứa trên 200.000DWT. Do việc vận chuyển hàng hóa nặng với tải trọng lớn, tuổi thọ của những con tàu này trên thực tế nhỏ hơn so với thiết kế ban đầu. [55]

1.1.2. Các loại tàu hàng rời cơ bản

Tàu hàng rời có thiết bị làm hàng (Geared bulk carriers): Là các tàu nằm trong phạm vi kích thước handy đến handymax và một số ít có kích thước panamax. Loại tàu này được trang bị cần cẩu hoặc băng tải cho phép tàu có thể xếp, dỡ hàng tại cảng mà không cần thiết bị xếp dỡ trên bờ. Điều này mang lại sự linh hoạt cho tàu trong việc vận chuyển hàng với số lượng lớn và các tuyến đường tàu có thể hoạt động, Hình 1.1. [55]



Hình 1.1: Tàu hàng rời có thiết bị làm hàng

Tàu hàng rời không có thiết bị làm hàng (Gearless Bulk Carrier): Là tàu không có cần cẩu hoặc băng tải. Việc xếp, dỡ hàng của những tàu này phụ

thuộc vào thiết bị xếp dỡ trên bờ tại các cảng xếp hoặc dỡ. Loại tàu này có đủ các kích cỡ, kích cỡ lớn nhất là VLOC. Việc sử dụng các tàu hàng rời không có thiết bị làm hàng sẽ giảm được chi phí lắp đặt, vận hành và bảo trì cần cầu hoặc băng tải, Hình 1.2. [55]



Hình 1.2: Tàu hàng rời không có thiết bị làm hàng

Tàu hàng rời kết hợp OBO (Ore-Bulk-Oil Carrier) được thiết kế để vận chuyển cả hàng lỏng và hàng rời khô. Nếu cả hai loại hàng này được vận chuyển đồng thời thì chúng sẽ được chứa trong các hầm và két riêng biệt, Hình 1.3. [55]



Hình 1.3. Tàu hàng rời kết hợp OBO

Tàu hàng rời tự dỡ hàng (Self-dischargers): Là những tàu hàng rời có trang bị băng tải hoặc sử dụng gàu xúc được lắp trên một đường chạy ngang

qua toàn bộ hầm tàu và có thể di dọc mạn tàu. Điều này cho phép tàu dỡ hàng nhanh chóng và hiệu quả hơn, Hình 1.4. [55]



Hình 1.4: Tàu hàng rời tự dỡ hàng

Tàu hàng rời BIBO (Bulk In, Bags Out – Xếp hàng rời, Dỡ đóng bao):
Là các tàu được trang bị hệ thống đóng bao hàng hóa khi hàng hóa được dỡ khỏi tàu. Tàu CHL INNOVATOR (Hình 1.5), là tàu hàng rời BIBO. Trong một giờ, con tàu này có thể dỡ 300 tấn đường rời và đóng thành các bao 50 kg. [55]



Hình 1.5: Tàu hàng rời BIBO

1.2. Ổn định tàu hàng

1.2.1. Khái niệm ổn định tàu hàng

Ổn định của tàu là khả năng quay trở về vị trí cân bằng ban đầu sau khi ngoại lực gây nghiêng bên ngoài ngừng tác động (gió, sóng...).

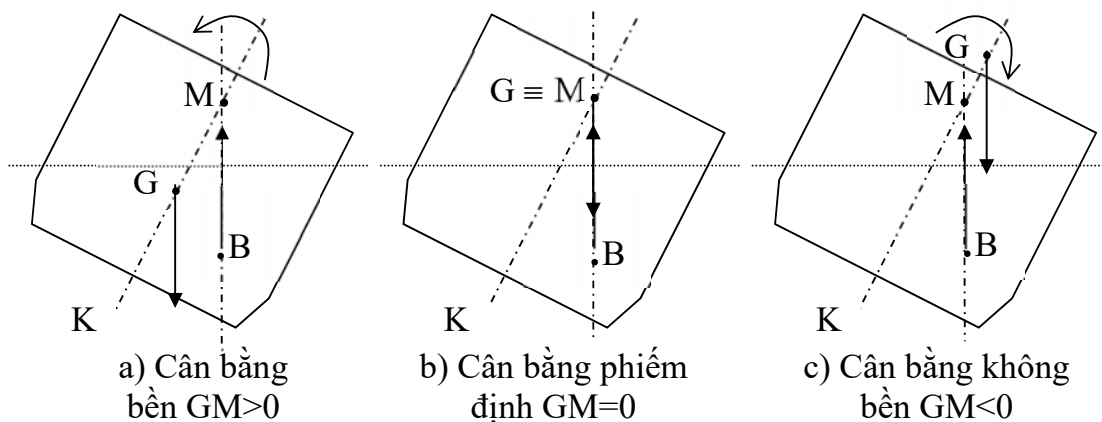
Với một vật thể, có ba trạng thái cân bằng: đó là cân bằng bền, cân bằng không bền và cân bằng phiếm định.

- Cân bằng bền là trạng thái cân bằng mà khi vật đó bị ngoại lực tác động lệch khỏi vị trí cân bằng nó sẽ tự trở lại hoặc có xu thế trở lại vị trí cân bằng ban đầu.

- Cân bằng không bền là trạng thái cân bằng của một vật mà khi bị tác động của ngoại lực đẩy khỏi vị trí cân bằng thì nó bị mất cân bằng, không thể trở lại vị trí cân bằng ban đầu nữa.

- Cân bằng phiếm định là trạng thái cân bằng của một vật mà khi bị ngoại lực tác động đẩy lệch khỏi vị trí cân bằng ban đầu thì ở vị trí mới, nó tự xác lập một trạng thái cân bằng mới.

Đối với con tàu, dựa vào vị trí tương quan của tâm nghiêng M và trọng tâm G mà có thể xảy ra một trong ba trường hợp cân bằng như trên. Hình 1.6 mô tả ba trường hợp cân bằng của tàu như sau:



Hình 1.6: Các trạng thái cân bằng của tàu

- Tại Hình 1.6 a: Trọng tâm G nằm phía dưới tâm nghiêng M, khi tàu nghiêng, trọng lực đặt tại G và lực nổi đặt tại B sẽ tạo thành ngẫu lực. Ngẫu lực này tạo ra mô men có xu hướng đưa tàu trở lại vị trí cân bằng ban đầu. Trường hợp này tàu ở trạng thái cân bằng bền, hay tàu ổn định.

- Tại Hình 1.6 b: Trọng tâm G trùng với tâm nghiêng M, lúc này trọng lực và lực nổi nằm trên một đường thẳng đi qua tâm nghiêng M, mô men do chúng tạo ra là bằng 0, không có xu hướng chống lại chuyển động nghiêng của tàu. Trường hợp này tàu ở trạng thái cân bằng phiếm định, hay tàu không ổn định.

- Tại Hình 1.6 c: Trọng tâm G nằm bên trên tâm nghiêng M, lúc này ngẫu lực tạo thành do trọng lực đặt tại G và lực nổi đặt tại B sẽ sinh ra một mô men cùng chiều với chiều nghiêng của tàu (có thể gọi là mô men lật) và như vậy sẽ làm cho tàu nghiêng thêm. Trường hợp này tàu ở trạng thái cân bằng không bền hay tàu mất ổn định.

1.2.1.1. Ổn định tàu tại góc nghiêng nhỏ

Ổn định tàu tại góc nghiêng nhỏ: Điểm M là tâm của quỹ đạo tâm nổi B, ở góc nghiêng nhỏ, quỹ đạo này được coi là cung tròn và do đó điểm M được coi là cố định. Ổn định của tàu ở góc nghiêng nhỏ, còn gọi là ổn định ban đầu phụ thuộc vào vị trí tương quan giữa tâm nghiêng M và trọng tâm G. Khi G nằm thấp hơn M, tàu sẽ ổn định.

Mô men sinh ra do cặp lực P và Fb gọi là mô men hồi phục và có độ lớn được tính như sau:

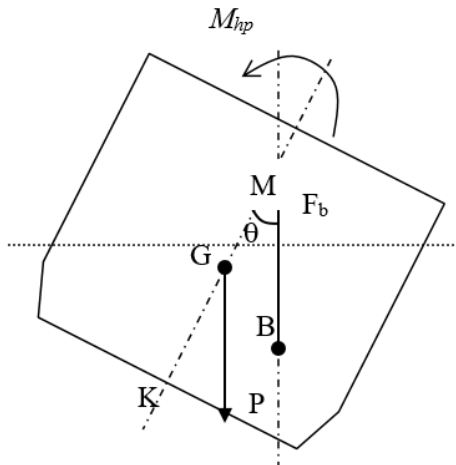
$$M_{hp} = P \times GM \times \sin\theta$$

$$\text{Hay } M_{hp} = D \times GM \times \sin\theta \quad (1.1)$$

Với D là lượng giãn nước của tàu.

Mô men hồi phục càng lớn, tàu có tính ổn định càng cao.

Theo công thức trên, ở điều kiện cùng một lượng giãn nước D, cùng một góc nghiêng θ thì độ lớn của mô men hồi phục phụ thuộc vào độ lớn của GM.



Hình 1.7: Chiều cao thể vững

Tại những góc nghiêng nhỏ, ổn định của tàu được đánh giá bằng độ lớn của GM và GM được gọi là chiều cao thể vững của tàu.

Từ Hình 1.7 có:

$$GM = KM - KG \quad (1.2)$$

Trong đó:

KM là chiều cao tâm nghiêng, được cho trong bảng thủy tĩnh hoặc thước trọng tải của tàu với đối số là lượng giãn nước D (hoặc mớn nước).

KG là chiều cao trọng tâm của tàu được tính theo công thức:

$$KG = \frac{D_0 \times KG_0 + \sum P_i \times KG_i}{D} \quad (1.3)$$

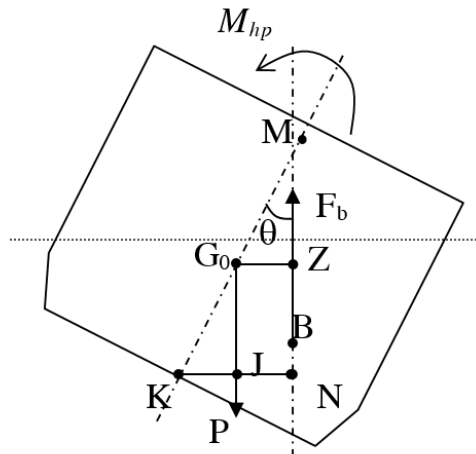
Trong đó :

- D_0 : là trọng lượng tàu không cho trong hồ sơ tàu.
- KG_0 : là chiều cao trọng tâm tàu không cho trong hồ sơ tàu.
- P_i : là các thành phần trọng lượng trên tàu.
- KG_i : là chiều cao trọng tâm của các thành phần trọng lượng so với ký tàu.
- D : là lượng dẫn nước của tàu.
- $D_0 \times KG_0$: là mô men trọng lượng tàu không so với ký tàu.

- $\sum P_i \times KG_i$: là tổng mô men các thành phần trọng lượng khác so với ky tàu.

Để xác định được điểm G, phải xác định được toàn bộ các thành phần làm lên trọng lượng tàu. Trong đó, trọng lượng tàu không (bao gồm thân vỏ và các trang thiết bị hàng hải cần thiết) và tọa độ trọng tâm tàu không, được biết trước và cho trong hồ sơ tàu bởi các xưởng đóng tàu (chỉ số D_0 , KG_0). Ngoài ra còn các thành phần trọng lượng khác bao gồm trọng lượng nước ballast, hàng hóa, dự trữ... Các thành phần này có trọng lượng và tọa độ trọng tâm khác nhau tùy vào điều kiện cụ thể nhưng có thể tính toán hoặc tra từ các bảng cho sẵn trong hồ sơ tàu.

1.2.1.2. Ổn định tàu tại góc nghiêng lớn



Hình 1.8: Ổn định góc nghiêng lớn

Tại các góc nghiêng lớn, quỹ đạo tâm nổi B không còn là một cung tròn nữa nên tâm nghiêng M không phải là cố định. Do đó, không thể dùng chiều cao thế vững GM để đánh giá ổn định của tàu mà dùng đường cong cánh tay đòn ổn định tĩnh G_0Z để đánh giá ổn định của tàu ở những góc nghiêng lớn.

Từ Hình 1.8 có: Đoạn G_0Z biểu thị cánh tay đòn ổn định của tàu khi tàu nghiêng một góc θ . Lúc đó, mô men hồi phục bằng:

$$M_{hp} = D \times G_0 Z \quad (1.4)$$

$$\text{Trong đó: } G_0 Z = KN - KJ \text{ và } KJ = KG_0 \times \sin\theta \quad (1.5)$$

KN ứng với các góc nghiêng được tra trong hồ sơ tàu tại bảng đường cong hoành giao (Stability Cross Curves) với đối số là lượng giãn nước.

KG_0 là chiều cao trọng tâm của tàu đã xét đến ảnh hưởng của mặt thoáng chất lỏng.

$$\text{Lúc đó: } G_0 Z = KN - KG_0 \times \sin\theta \quad (1.6)$$

Dựng đường cong $G_0 Z$:

- Tính chiều cao trọng tâm KG_0 theo $G_0 M$ (được xác định từ chu kỳ lắc ngang của tàu) theo công thức (1.2).
- Từ lượng dẫn nước tra vào Cross Curves Table ứng với các góc nghiêng xác định được KN.
- Lập biểu tính với các góc nghiêng.

Bảng 1.1 : Bảng tính cánh tay đòn $G_0 Z$

θ	$\sin\theta$	KN	$KG_0 \cdot \sin\theta$	$G_0 Z$
	1	2	3	4=3-2
10	0.174			
20	0.342			
30	0.500			
40	0.643			
50	0.766			
60	0.866			
70	0.940			
80	0.985			
90	1.000			

- Vẽ đồ thị đường cong G_0Z tại các góc nghiêng sau đó đánh giá ổn định tàu từ đồ thị đường cong này theo quy định của Bộ luật IS Code 2008.

1.2.2. Quy định của Bộ luật quốc tế về ổn định nguyên vẹn

1.2.2.1 Tiêu chuẩn đối với đặc tính đường cong cánh tay đòn ổn định tĩnh [29]

a. Diện tích dưới cánh tay đòn ổn định (đường cong G_0Z) không nhỏ hơn 0,055 m-rad tính đến góc nghiêng 30° và không nhỏ hơn 0,090 m-rad khi tính tới góc nghiêng 40° hoặc góc ngập nước nếu góc này nhỏ hơn 40° .

Ngoài ra, phần diện tích dưới đường cong G_0Z nằm giữa góc nghiêng 30° và 40° hoặc góc ngập nước nếu góc này nhỏ hơn 40° không được nhỏ hơn 0,030 m-rad.

b. Độ lớn của cánh tay đòn G_0Z tối thiểu phải bằng 0,20 m tại góc nghiêng bằng hoặc lớn hơn 30° .

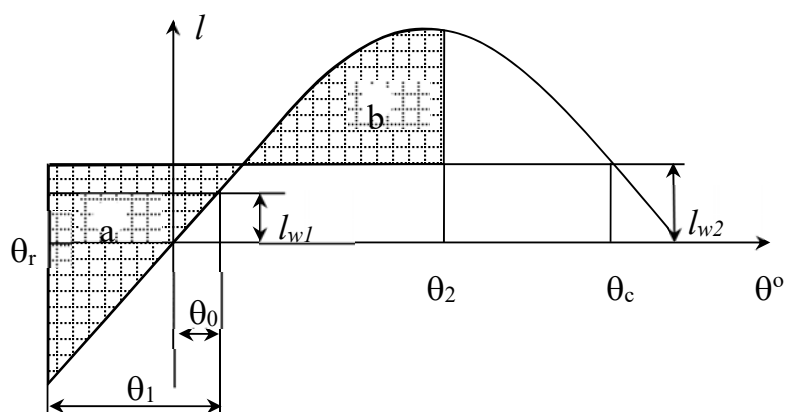
c. Cánh tay đòn ổn định tĩnh G_0Z phải đạt giá trị cực đại tại góc nghiêng tốt nhất là vượt quá 30° nhưng không được nhỏ hơn 25° .

d. Chiều cao thể vững ban đầu sau khi đã hiệu chỉnh ảnh hưởng của mặt thoáng chất lỏng G_0M không được nhỏ hơn 0,15 m.

1.2.2.2 Tiêu chuẩn ổn định khi có tác động của gió giật và lắc ngang (tiêu chuẩn ổn định thời tiết) [29]

Tàu được coi là đảm bảo ổn định theo tiêu chuẩn khi con tàu có đủ sức chịu đựng được tác dụng đồng thời của gió và sóng phù hợp với các yêu cầu dưới đây:

- Gió liên tục thổi vuông góc với mặt phẳng dọc tâm tàu sẽ sinh ra mô men làm tàu nghiêng một góc θ_0 , tương ứng với tay đòn mô men nghiêng do gió gây ra (l_{wl}) (Hình 1.9).



Hình 1.9: Tiêu chuẩn ổn định dưới tác động của sóng gió

- Từ góc θ sinh ra do gió thổi đều, dưới tác dụng của sóng tàu tiếp tục bị nghiêng sang mạn theo chiều gió một góc nghiêng θ_l . Góc nghiêng θ không nên vượt quá 16° hoặc 80% góc mép boong ngập nước (deck edge immersion) nếu góc này nhỏ hơn 16° ;

- Tiếp đó, gió giật tác động và sinh ra cánh tay đòn nghiêng l_{w2} ; và
- Tàu coi là đảm bảo ổn định khi diện tích b bằng hoặc lớn hơn a .

Trong đó:

Diện tích b được giới hạn bởi đường cong GZ, đường thẳng ứng với l_{w2} và góc nghiêng θ_2 , được lấy là góc nhỏ nhất trong các góc sau: góc ngập nước θ_f , hoặc θ_c (góc ứng với giao điểm thứ hai của đường cong ổn định tĩnh GZ với đường thẳng l_{w2}), hoặc 50° .

Diện tích a được giới hạn bởi đường cong GZ, đường thẳng tương ứng với l_{w2} và góc nghiêng tương ứng với biên độ chòng chành θ_r ($\theta_r = \theta_0 - \theta_1$)

Tay đòn nghiêng $l_{w1}(m)$ được lấy cố định cho mọi góc nghiêng và tính theo công thức:

$$l_{w1} = \frac{P \times A \times Z}{1000 \times g \times D} \quad (1.7)$$

Trong đó:

$P = 540 \text{ Pa}$: Áp lực gió

Z : Tay đòn hứng gió là đoạn thẳng đứng đo từ tâm hứng gió

tới diện tích hình chiếu phần chìm của thân tàu trên mặt đối xứng, hoặc gần đúng tới nửa chiều chìm của tàu.

A : Diện tích hứng gió (m^2)

D : Lượng chiếm nước của tàu (t)

g : Gia tốc trọng trường $9.81m/s^2$

$l_{w2} = 1,5 l_{w1}$: Tay đòn nghiêng do tác động của gió giật(m)

Góc nghiêng θ_l ($^\circ$) của tàu hông tròn được tính theo công thức:

$$\theta_l = 109 \times k \times X_1 \times X_2 \times \sqrt{r \times s} \quad (1.8)$$

Trong đó:

k : Hệ số giảm lắc được lấy như sau:

$k = 1,0$ đối với tàu hông tròn không có vây hông hoặc sống đáy giảm lắc;

$k = 0,7$ đối với tàu có hông gãy góc;

k được lấy theo Bảng 1.2 nếu tàu có vây hông hoặc sống đáy giảm lắc hoặc có cả hai.

X_1, X_2 : Hệ số lấy theo Bảng 1.3 và Bảng 1.4

$$r = 0,73 + 0,6 \frac{OG}{d} \quad (1.9)$$

Với OG - khoảng cách từ trọng tâm tàu đến mặt phẳng đường nước (dấu $OG > 0$ nếu trọng tâm G nằm trên mặt phẳng đường nước và ngược lại; d - môn nước định hình trung bình của tàu.

s : Hệ số lấy theo Bảng 1.5 phụ thuộc chu kỳ lắc T (giây)

$$T = \frac{2 \times C \times B}{\sqrt{GM}} \quad (1.10)$$

A_k : là diện tích hình bao tổng cộng của các vây hông hoặc diện tích hình chiếu cạnh của vây đáy hoặc tổng của hai diện tích đó (m^2)

Bảng 1.2: Hệ số k

$\frac{A_k \times 100}{L_{wl} \times B}$	0	1	1,5	2	2,5	3	3,5	≥ 4
K	1,00	0,98	0,95	0,88	0,79	0,74	0,72	0,70

Bảng 1.3: Hệ số X1

B/d	$\leq 2,4$	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	$\geq 3,5$
X ₁	1,00	0,98	0,96	0,95	0,93	0,91	0,90	0,88	0,86	0,84	0,82	0,80

Bảng 1.4: Hệ số X2

C _B	$\leq 0,45$	0,50	0,55	0,60	0,65	$\geq 0,70$
X ₂	0,75	0,82	0,89	0,95	0,97	1,00

Bảng 1.5: Hệ số s

T(giây)	≤ 6	7	8	12	14	16	18	≥ 20
s	0,10	0,098	0,093	0,065	0,053	0,044	0,038	0,035

1.3. Ổn định tàu hàng rời

Trong hồ sơ ổn định và xếp tải của các tàu hàng rời đều đưa ra các tiêu chuẩn ổn định nguyên vẹn theo các yêu cầu, quy định của IMO và tính toán ổn định cho từng trường hợp xếp tải của tàu như ổn định của tàu ở trạng thái tàu không, có nước dẫn và có tải. Các tiêu chuẩn về ổn định nguyên vẹn tàu hàng rời đều tuân thủ các tiêu chuẩn ổn định tàu hàng được quy định trong Bộ luật quốc tế về ổn định nguyên vẹn (IS Code 2008) như đã được trình bày ở mục 1.2.1 và 1.2.2 [29], [30].

1.3.1. Ổn định tàu hàng rời theo thời gian thực

1.3.1.1. Cơ sở dữ liệu theo thời gian thực

Cơ sở dữ liệu theo thời gian thực là một hệ thống cơ sở dữ liệu trong đó khối lượng công việc được xử lý theo thời gian thực cho các bài toán đang có thay đổi liên tục về dữ liệu (ví dụ: hệ thống định vị GPS, hệ thống tự động nhận dạng AIS trên tàu biển ... hoặc các loại dữ liệu khác như tốc độ tàu, độ sâu dưới đáy tàu...).

Khác với các cơ sở dữ liệu truyền thống chứa những dữ liệu ít thay đổi theo thời gian hoặc không bị ảnh hưởng bởi thời gian trong suốt chuyến hành

trình của tàu. Ví dụ, các thông tin liên quan đến hàng hóa, thuyền viên được xác định trước khi tàu hành trình. Đặc biệt là các thông tin liên quan đến ổn định tàu trước chuyến đi, ít khi chúng được tính toán lại trong quá trình tàu chạy biển. Đây cũng chính là một trong các nguyên nhân dẫn tới các vụ tai nạn tàu liên quan đến suy giảm ổn định tàu khi không được phát hiện kịp thời.

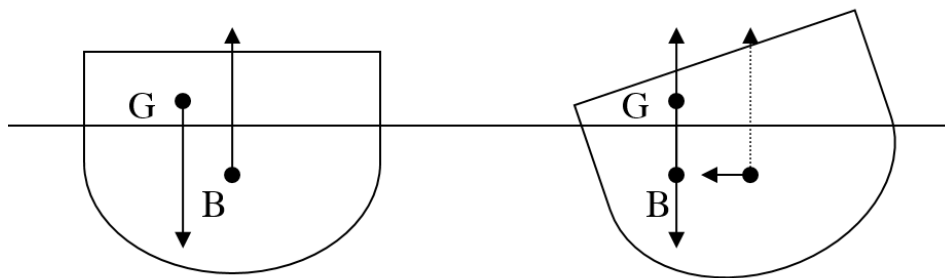
1.3.1.2. Ổn định tàu hàng rời theo thời gian thực

Theo cách tính toán truyền thống trong máy tính xếp tải được trang bị trên các tàu hàng rời thì các thông số ổn định của tàu chỉ xác định được trong quá trình lập kế hoạch xếp hoặc dỡ hàng. Khi tàu hành trình trên biển thì hệ thống máy tính xếp tải trên tàu không có khả năng tính toán ổn định tàu theo thời gian thực. Mỗi khi muốn kiểm tra độ ổn định hiện tại của tàu, các sỹ quan phải xác định được chu kỳ lắc ngang của tàu tại thời điểm đó để làm cơ sở cho việc tính toán ổn định.

Việc thực hiện các tính toán ổn định tàu theo thời gian thực thông qua chu kỳ lắc ngang của tàu trong suốt chuyến đi cũng như đưa ra cảnh báo sự suy giảm ổn định tàu theo thời gian thực sẽ mang lại nhiều lợi ích giúp cho sỹ quan hàng hải có thể nắm bắt kịp thời việc thay đổi dữ liệu ổn định tàu một cách liên tục, nhanh chóng và khi phát hiện ổn định tàu bị suy giảm thì họ sẽ có thời gian phân tích để đưa ra các biện pháp phù hợp nâng cao ổn định tàu.

1.3.2. Các yếu tố ảnh hưởng bất lợi đến ổn định của tàu hàng rời

1.3.2.1. Ảnh hưởng do sự dịch chuyển khối hàng rời



Hình 1.10: Trạng thái cân bằng khi hàng bị dịch chuyển sang bên mạn

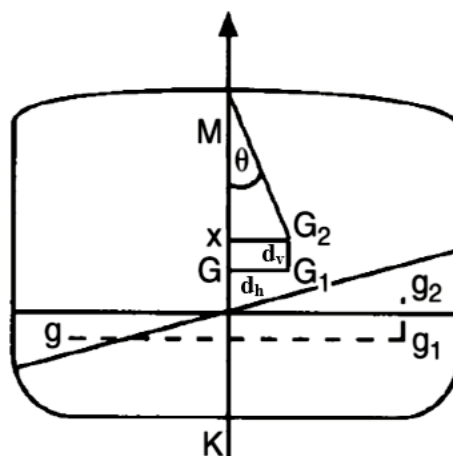
Khi hàng bị dịch chuyển sang bên mạn sẽ làm cho trọng tâm khối hàng dịch chuyển dẫn đến trọng tâm G của tàu cũng dịch chuyển theo và không còn nằm đúng trên mặt phẳng trục dọc của tàu. Khi tàu bị nghiêng thì hình dáng khối nước tàu chiếm chỗ bị thay đổi nên tâm nổi B dịch chuyển sang vị trí mới. Lúc này cặp lực do trọng lực qua trọng tâm G và lực nổi qua tâm nổi B sẽ tạo ra momen nghiêng ngang làm tàu bị nghiêng sang bên mạn hàng dịch chuyển. Góc nghiêng ngang này cứ tăng dần đến khi hình dạng phần vỏ thay đổi đủ lớn làm cho tâm nổi B dịch chuyển sang bên mạn nghiêng làm cho trọng lực và lực nổi nằm trên một trục thẳng, lúc này nó sẽ thiết lập vị trí cân bằng mới.

Trong quá trình tàu làm hàng rời, nếu công tác đánh tầy hàng (san hàng) không tốt thì khi tàu hành trình trên biển trong điều kiện thời tiết xấu rất có thể gây ra hiện tượng khối hàng bị xô dịch, dẫn đến trọng tâm khối hàng bị thay đổi kéo theo trọng tâm tàu cũng thay đổi theo làm ảnh hưởng đến ổn định của tàu.

Giả sử:

- Ban đầu khối hàng rời “P”, có trọng tâm là “ g ” và trọng tâm tàu khi khối hàng rời “P” chưa bị dịch chuyển là “ G ”

- Khi khối hàng rời “P” bị dịch chuyển sang mạn thì trọng tâm của khối hàng sẽ chuyển đến vị trí “ g_2 ”, kéo theo trọng tâm tàu cũng thay đổi và di chuyển song song với hướng gg_2 đến vị trí “ G_2 ”, lúc này tàu bị nghiêng ngang một góc “ θ ” như Hình 1.11. [23]



Hình 1.11: Trọng tâm tàu thay đổi khi khối hàng rời dịch chuyển sang mạn

Khi đó, các thành phần dịch chuyển theo phương ngang tương đương sẽ là g_1 tương ứng với g , G_1 tương ứng G và các thành phần chuyển dịch theo phương thẳng đứng tương đương sẽ là G_1G_2 tương ứng với g_1g_2 .

Từ Hình 1.11, có thể xác định sự thay đổi của trọng tâm tàu khi khối hàng rời bị dịch chuyển theo các công thức sau:

$$GG_1 = \frac{Px d_h}{D} \quad (1.11)$$

$$G_1G_2 = Gx = \frac{Px d_v}{D} \quad (1.12)$$

Trong đó:

GG_1 : Khoảng dịch chuyển theo phương ngang của trọng tâm tàu

G_1G_2 : Khoảng dịch chuyển theo phương thẳng đứng của trọng tâm tàu

P : Trọng lượng khối hàng rời bị dịch chuyển

D : lượng giãn nước của tàu

d_h : khoảng cách dịch chuyển của khối hàng P theo phương ngang

d_v : khoảng cách dịch chuyển của khối hàng P theo phương thẳng đứng

Như vậy:

GM sẽ giảm khi $Gx < 0$ (khi trọng tâm khối hàng được dịch chuyển từ thấp lên cao).

GM sẽ tăng khi $Gx > 0$ (khi trọng tâm khối hàng được dịch chuyển từ cao xuống thấp).

1.3.2.2. Ảnh hưởng của két chứa chất lỏng không đầy đến ổn định tàu hàng rời

Xét một két chất lỏng chứa không đầy, ban đầu trọng tâm của két nằm tại G_1 , trọng tâm của tàu là G . Khi tàu nghiêng một góc θ , chất lỏng sẽ dồn sang mạn thấp, trọng tâm G_1 của két sẽ chuyển thành G'_1 làm trọng tâm của tàu dịch chuyển đến G' . Điểm G' gần với tâm lực nổi B hơn G ban đầu và do đó mô men do cặp lực F_b và P giảm đi, dẫn đến mô men hồi phục giảm, tính ổn định của tàu giảm.

Gọi GG' là đoạn dịch chuyển trọng tâm tàu do tàu nghiêng khi có kết cấu lỏng không đầy.

Mô men hồi phục của tàu sẽ là:

$$M_{hp} = D x (GM x \sin \theta - GG') \quad (1.13)$$

Kéo dài Véc-tơ trọng lực P lên trên, gặp mặt phẳng trục dọc tàu tại G_0 . Khi đó

$$M_{hp} = D x (GM x \sin \theta - GG') = D x G_0 M x \sin \theta \quad (1.14)$$

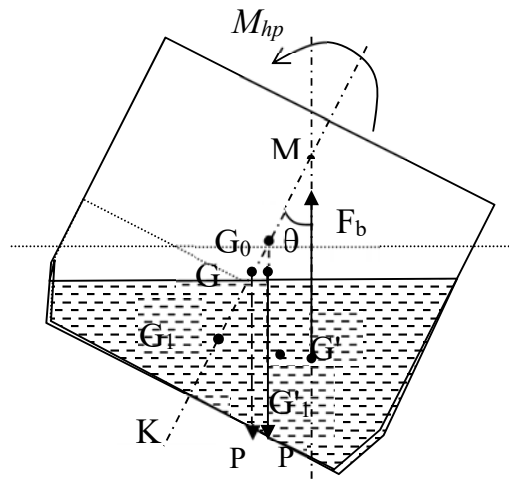
Như vậy mô men hồi phục trong trường hợp này bằng với trường hợp tàu có trọng tâm tại điểm G_0

Nói cách khác, coi trọng tâm tàu đã bị nâng lên một đoạn bằng GG_0 .

Do vậy khi có ảnh hưởng của mặt thoáng chất lỏng

Trong kết cấu không đầy chiều cao thể vũng của tàu sẽ được tính như sau:

$$G_0 M = KM - KG - GG_0 \quad (1.15)$$



Hình 1.12: Ảnh hưởng mặt thoáng chất lỏng đến chiều cao thể vũng

Trong đó GG_0 là lượng giảm GM bởi ảnh hưởng của mô men mặt thoáng do kết cấu lỏng không đầy (làm giảm chiều cao thể vũng), được tính bằng công thức: [1], [5]

$$GG_0 = \frac{\sum I_x x^2 \gamma}{D} (m) \quad (1.16)$$

- I_x là mô-men quán tính của mặt thoáng chất lỏng đối với trục bản thân của kết, đi qua trọng tâm kết, song song với trục dọc của tàu. $I_x = \frac{l \times b^3}{K}$ (m^4)

Trong đó l , b là chiều dài, chiều rộng của kết; K là hệ số hình dáng của mặt thoáng chất lỏng trong kết.

$K = 12$ với kết hình chữ nhật, $K = 36$ với kết hình tam giác vuông, $K = 48$ đối với kết hình tam giác cân.

- γ là tỷ trọng chất lỏng chứa trong kết (t/m^3).

- $I_{xx} \gamma$ là mô-men mặt thoáng chất lỏng (Free Surface Moment - M_{FS}) trong kết chứa không đầy ($t-m$).

- D là lượng giãn nước của tàu.

1.3.2.3. Ảnh hưởng do hàng rời bị hóa lỏng

Đã có rất nhiều tai nạn hàng hải nghiêm trọng xảy ra đối với các tàu vận chuyển hàng rời có tính nhão chảy, các tai nạn liên quan đến loại hàng này đã cướp đi sinh mạng của nhiều thuyền viên và các tàu hàng rời. Có thể kể đến các vụ tai nạn điển hình như:

Tàu Hui Long chở 5.185T quặng huỳnh thạch (Fluorspar) gặp tai nạn do hàng bị hóa lỏng và tàu bị nghiêng bất thường 15° trái sau đó bị đắm ở Sungai Pakning, Indonesia ngày 20/05/2005. [36]



Hình 1.13: Tàu Hui Long bị nghiêng trái do hàng rời có tính nhão chảy

Tàu M/v Asian Forest chở tinh quặng sắt bị lật ở vịnh Bengal phía đông Ấn độ khi vừa mới khởi hành từ cảng Mangalore ngày 18/07/2009.[8]

Tàu M/v Jian Fu Star chở quặng Ni-ken bị lật ở phía nam Đài Loan sau khi khởi hành từ đảo Obi, Indonesia ngày 27/10/2010.[8]

Tàu M/v Vinalines Queen của Việt Nam chở quặng Ni-ken khởi hành từ cảng Morowali, Indonesia bị đắm ngày 25/12/2011.[8]

Tàu Trans Summer chở 54.067T quặng Ni-ken, gặp tai nạn do hàng bị hóa lỏng và đắm ở Subaim, Indonesia ngày 14/08/2013. [36]

Tàu Bulk Jupiter chở 46.400T quặng Bô-xít (Bauxite) hành trình từ Kuantan, Malaysia đi Quigdao, Trung Quốc. Tàu xếp hàng ở Kuantan trong điều kiện thời tiết mưa nhiều và trên đường chạy đến Qingdao, tàu đã gặp điều kiện thời tiết xấu làm cho tàu bị lắc liên tục, hậu quả làm cho hàng rời trong hầm bị hóa lỏng dẫn đến tàu bị nghiêng 45°, sau đó tàu đã bị đắm ở phía Đông Nam của Việt Nam ngày 02/01/2015. [36]



Hình 1.14: Tàu Bulk Jupiter bị nghiêng và đắm do hàng rời có tính nhão chảy

Biểu hiện rõ nhất của con tàu khi bị ảnh hưởng bởi hàng rời có tính nhão chảy là nó bị nghiêng đi và xu thế nghiêng này ngày càng tăng dẫn đến nguy cơ lật tàu. Nguyên nhân dẫn đến điều này là do sự kết hợp của hai nguyên nhân cơ bản như sau:

Nguyên nhân thứ nhất là do một phần hàng đã bị hóa lỏng, lượng hàng này nếu tạo ra bề mặt thoáng tự do đủ lớn sẽ làm suy giảm GM (hoặc GZ) của tàu, giống như một khối hàng lỏng thông thường. Từ đó làm suy giảm tính ổn định của tàu, khiến nó bị lắc ngang mạnh với chu kỳ dao động lớn (thời gian

nghiêng sang hai bên mạn lâu) và nếu GM bị âm nó còn có thể nằm cân bằng ở một vị trí bất kỳ, vị trí có góc nghiêng nhất định [8].

Nguyên nhân thứ hai là do sự dịch chuyển của hàng rời có tính nhão chảy khi bị hóa lỏng trong hầm về một bên mạn tàu làm cho con tàu bị mất cân bằng.

Như vậy một con tàu khi bị nghiêng dần bởi hàng rời có tính nhão chảy là sự ảnh hưởng kết hợp của việc suy giảm tính ổn định do xuất hiện các bề thoáng tự do và sự dịch chuyển hàng sang bên mạn tàu. Các bước thông thường làm con tàu bị ảnh hưởng bởi hàng rời có tính nhão chảy sẽ diễn ra như sau: Dưới tác động rung lắc của tàu khi có sóng biển, một bộ phận hàng có độ ẩm vượt quá ngưỡng cho phép sẽ bị hóa lỏng (thường sự hóa lỏng xuất hiện ở đầu hầm), sự hóa lỏng này làm xuất hiện các bề mặt thoáng tự do. Tàu sẽ bị lắc chậm đi với chu kỳ lắc dài hơn so với trước khi hành trình. Lúc này sự ảnh hưởng có thể diễn tiến theo hai phương hướng:

Nếu lượng hàng bị hóa lỏng đủ lớn về khối lượng và xuất hiện bề mặt thoáng tự do thì GM sẽ bị giảm đến mức âm và tàu bị nghiêng ở góc nghiêng cố định như đã phân tích. Sau khi tàu đã nghiêng thì hàng sẽ tiếp tục trượt về phía mạn nghiêng làm cho xu hướng góc nghiêng ngày càng phát triển dẫn đến nguy cơ lật tàu. Trường hợp này ít khi xảy ra, trường hợp thường xảy ra là chỉ cần một lượng hàng bị hóa lỏng vừa đủ, dựa vào cách dịch chuyển của nó là đã có khả năng gây nghiêng ngay. Nếu là hàng lỏng thông thường thì khi bị sóng biển tác động làm tàu bị lắc ngang, hàng lỏng dịch chuyển tự do sang hai bên mạn và lượng hàng chuyển đi, trả lại luôn bằng nhau do tính chất nhớt của nó đồng nhất và tương đối nhỏ (tính nhớt là tính chất đặc trưng cho lực cản ma sát chống lại chuyển động). Với hàng rời có khả năng hóa lỏng thì khác, do tính nhớt cao hay nói cách khác có dạng sền sệt nên nó không dễ dàng dịch chuyển tự do như vậy, mặt khác toàn bộ lượng hàng bị hóa lỏng lại không đồng nhất với nhau. Khi tàu lắc ngang làm hàng dịch chuyển chảy từ mạn này sang mạn khác sẽ có lúc lượng hàng chảy đi và trả lại không bằng nhau, đến một lúc nào

đó sẽ có một bên bị chảy nhận lượng hàng lớn hơn, tàu bắt đầu bị nghiêng về một phía. Giả sử trong lúc đó có ngoại lực như sóng gió đánh vào mạn làm tàu nghiêng về phía đối diện thì hàng cũng không dễ dịch chuyển về phía đó như hàng lỏng thông thường ngay do tính nhót cao của nó, kết quả là sau khi dao động tàu lại trở về vị trí nghiêng như cũ và hàng lại tiếp tục trượt xuống. Tàu cứ nghiêng dần đến khi diện tích chiếm nước của mạn nghiêng đủ lớn để lực nổi dịch chuyển về phía đó trùng với trục của trọng lực thì mới dừng lại.

Vì vậy khi tàu đã bị ảnh hưởng bởi hàng rời có tính nhão chảy thường có xu hướng nghiêng một phía và góc nghiêng tăng dần có khi tới hơn 30°, thời gian để tàu nghiêng từ vị trí cân bằng thông thường tới góc nghiêng tới hạn có thể vài giờ, cũng có thể vài ngày, nó phụ thuộc vào độ nhót của hàng cũng như khối lượng, vị trí lượng hàng bị hóa lỏng trên tàu. Một con tàu nằm cân bằng ở góc nghiêng lớn sẽ trở nên cực kỳ nguy hiểm khi gặp thời tiết xấu bởi khi đó tính ổn định tàu đã bị suy giảm nghiêm trọng, momen hồi phục của tàu nhỏ khiến tàu không còn khả năng trở lại vị trí an toàn khi có ngoại lực tác động, mặt khác ở mạn tàu nghiêng chiều cao mạn khô sẽ bị giảm xuống đáng kể, sóng biển dễ dàng tràn lên mặt boong. Lúc này chỉ cần một con sóng đủ lớn với góc tác động hiệu quả sẽ sinh ra ngoại lực làm tàu bị lật và bị chìm hoàn toàn. Việc tàu bị lật thì hoàn toàn không cố định chỉ bị lật bên mạn nghiêng, nó còn phụ thuộc vào nhiều yếu tố như tình hình ngoại lực tác động, hướng dịch chuyển của con tàu trên sóng gió, tình trạng hóa lỏng và lượng hàng hóa lỏng.

1.3.3. Một số phương pháp hiệu chỉnh chiều cao thể vững nhằm gia tăng tính ổn định của tàu hàng rời

1.3.3.1. Bơm nước ballast vào két của tàu

Khi ta bơm thêm một lượng nước ballast có khối lượng là P (tấn) vào trong két ballast của tàu thì chiều cao thể vững của tàu sẽ thay đổi một lượng là [1]:

$$\Delta GM = \frac{P}{D+P} \times \left(d_1 + \frac{\Delta d}{2} - GM - KG_{\text{chất lỏng}} \right) \quad (1.17)$$

Với:

$$\Delta d = d_2 - d_1$$

Trong đó:

D: là lượng giãn nước của tàu trước khi bơm ballast;

P: là khối lượng nước ballast mà tàu đã bơm vào két;

d_1 : là mớn nước tương đương của tàu trước khi bơm ballast. Giá trị này được tra từ Hydrostatic Table với đối số là lượng giãn nước D;

d_2 : là mớn nước tương đương của tàu sau khi bơm ballast. Giá trị này được tra từ Hydrostatic Table với đối số là lượng giãn nước (D + P);

$KG_{\text{chất lỏng}}$: là chiều cao trọng tâm khối nước ballast bơm vào;

GM: là chiều cao thể vững của tàu trước khi bơm ballast.

- $KG_{\text{chất lỏng}} < \left(d_1 + \frac{\Delta d}{2} - GM \right)$ thì chiều cao thể vững của tàu sẽ tăng thêm một

lượng ΔGM . Khi đó chiều cao thể vững mới của tàu sẽ là:

$$GM_{\text{mới}} = GM + \Delta GM \quad (1.18)$$

- $KG_{\text{chất lỏng}} > \left(d_1 + \frac{\Delta d}{2} - GM \right)$, thì chiều cao thể vững của tàu sẽ giảm đi một

lượng ΔGM . Khi đó chiều cao thể vững mới của tàu sẽ là:

$$GM_{\text{mới}} = GM - \Delta GM \quad (1.19)$$

- $KG_{\text{chất lỏng}} = \left(d_1 + \frac{\Delta d}{2} - GM \right)$ thì chiều cao thể vững của tàu sẽ không thay đổi.

Lưu ý: Khi bơm nước vào két ballast của tàu để điều chỉnh hạ thấp trọng tâm tàu nhằm gia tăng chiều cao thể vững, cần lựa chọn két ballast ở đáy tàu và phía mạn thấp bơm vào trước. Khi chiều cao thể vững đã đạt giá trị nhất định thì bơm vào két mạn đối diện nhằm đưa tàu về trạng thái cân bằng.

1.3.2.2. Xả nước Ballast từ két của tàu ra ngoài

Khi ta xả một lượng nước ballast có khối lượng là P (tấn) từ két của tàu

ballast ra biển thì chiều cao thể vững của tàu sẽ thay đổi một lượng là [1]:

$$\Delta GM = \frac{P}{D-P} \times \left(d_1 - \frac{\Delta d}{2} - GM - KG_{\text{chất lỏng}} \right) \quad (1.20)$$

Với:

$$\Delta d = d_1 - d_2$$

Trong đó:

D: là lượng giãn nước của tàu trước khi bơm ballast;

P: là khối lượng nước ballast mà tàu đã bơm vào két;

d_1 : là mớn nước tương đương của tàu trước khi xả nước ballast từ tàu ra ngoài biển. Giá trị này được tra từ Bảng thủy tĩnh (Hydrostatic Table) với đối số là lượng giãn nước D;

d_2 : là mớn nước tương đương của tàu sau khi xả nước ballast. Giá trị này được tra từ Hydrostatic Table với đối số là lượng giãn nước (D - P);

$KG_{\text{chất lỏng}}$: là chiều cao trọng tâm khối nước ballast bơm vào;

GM: là chiều cao thể vững của tàu trước khi bơm ballast.

- $KG_{\text{chất lỏng}} < \left(d_1 - \frac{\Delta d}{2} - GM \right)$ thì chiều cao thể vững của tàu sẽ giảm đi một lượng ΔGM . Khi đó chiều cao thể vững mới của tàu sẽ là:

$$GM_{\text{mới}} = GM - \Delta GM \quad (1.21)$$

- $KG_{\text{chất lỏng}} > \left(d_1 - \frac{\Delta d}{2} - GM \right)$, thì chiều cao thể vững của tàu sẽ tăng thêm một lượng ΔGM . Khi đó chiều cao thể vững mới của tàu sẽ là:

$$GM_{\text{mới}} = GM + \Delta GM \quad (1.22)$$

- $KG_{\text{chất lỏng}} = \left(d_1 - \frac{\Delta d}{2} - GM \right)$, thì chiều cao thể vững của tàu sẽ không thay đổi

Lưu ý: Trong công thức tính lượng thay đổi chiều cao thể vững ΔGM , $KG_{\text{chất lỏng}}$ là cao độ trọng tâm của khối nước ballast bơm vào hoặc xả ra, chứ không phải cao độ trọng tâm của két.

1.3.2.3. Đánh tủy hàng hóa

Đánh tủy hàng hóa sẽ làm giảm khả năng dịch chuyển của hàng hóa và giảm thiểu không khí xâm nhập vào hàng hóa. Không khí vào hàng hóa có thể dẫn đến hàng hóa bị nóng lên. Để giảm thiểu những rủi ro này, thì hàng hoá cần phải được đánh tủy hợp lý khi cần thiết.

Việc đánh tủy cần được thực hiện đầy đủ trong tất cả không gian hầm hàng mà dẫn đến quá tải về cấu trúc dưới hoặc tween-deck, để ngăn chặn sự dịch chuyển của hàng hóa số lượng lớn.

Thuyền trưởng yêu cầu đánh tủy hầm hàng để đảm bảo ổn định của tàu, dựa trên thông tin có sẵn, có tính đến các đặc điểm của con tàu và chuyến hành trình dự định.

Khi một hàng hóa là rắn rời, số lượng lớn chỉ được xếp vào không gian phía dưới hầm hàng, tuy nhiên lúc này hầm hàng sẽ bị voi (không đầy), thì hàng hóa sẽ phải được đánh tủy cẩn thận, để đảm bảo ổn định của tàu và an toàn đối với các cấu trúc phía dưới.

Trong trường hợp hàng hóa được xếp cả phía dưới hầm hàng và phía trên tween-deck, thì các tween-deck cần phải được đóng, để tạo ra hai tầng hầm hàng riêng biệt, để bố trí phân phối hàng xuống hầm một cách hợp lý. Chỉ trừ trường hợp khi hàng hóa xếp trên tween-deck có ảnh hưởng tới sức bền và cấu trúc của tween-deck thì hàng hóa sẽ được xếp trong không gian hầm hàng suốt từ dưới sàn hầm lên trên, không phân biệt tween-deck.

Các góc nghỉ của hàng hóa là một chỉ báo về sự mất ổn định có thể gây ra đối với tàu khi hàng hóa được chở với số lượng lớn. Hàng hóa có thể là loại gắn kết hoặc không gắn kết. Hàng hóa gắn kết là loại hàng hóa mà khi một phần bị ẩm ướt sẽ gắn kết lại với phần hàng khô thành khối vững chắc.

Đối với những loại hàng hóa không gắn kết, mà có góc nghỉ nhỏ hơn hoặc bằng 30^0 thì: [1]

- Đánh tủy toàn bộ bề mặt khối hàng, và phải sử dụng biện pháp chằng buộc cố định bề mặt, cũng như biện pháp bù hàng;

- Khi tính toán ổn định của tàu, phải tính đến ảnh hưởng của bề mặt hàng hạt.

Đối với những loại hàng hóa không gắn kết mà có góc nghiêng từ 30° đến 35° thì: [1]

- Đánh tủy toàn bộ bề mặt khối hàng, sao cho độ chênh lệch theo chiều thẳng đứng giữa chỗ cao nhất và thấp nhất của bề mặt đóng hàng không được vượt quá $1/10$ chiều rộng tàu hoặc không được vượt quá 0,15m hoặc;

- Theo quy định của cơ quan có thẩm quyền.

Đối với những loại hàng hóa không gắn kết mà có góc nghiêng lớn hơn 35° thì:

- Đánh tủy toàn bộ bề mặt khối hàng, sao cho độ chênh lệch theo chiều thẳng đứng giữa chỗ cao nhất và thấp nhất của bề mặt đóng hàng không được vượt quá $1/10$ chiều rộng tàu hoặc không được vượt quá 0,2m hoặc;

- Theo quy định của cơ quan có thẩm quyền.

1.4. Kết luận chương 1

Chương 1 của đề tài luận án đã đạt được một số kết quả như sau:

- Tổng quan được các quy định về ổn định nguyên vẹn, tiêu chuẩn đối với đặc tính đường cong cánh tay đòn ổn định tĩnh và tiêu chuẩn ổn định thời tiết theo Bộ luật quốc tế về ổn định nguyên vẹn (IS Code), từ đó xác định được các tiêu chuẩn ổn định cho tàu hàng rời;

- Thông qua công thức thực nghiệm tính toán ổn định tàu của IMO và trong các hồ sơ tàu hàng rời, xác định được chu kỳ lắc ngang là yếu tố quan trọng để đánh giá nhanh ổn định tàu theo thời gian thực;

- Xác định được các yếu tố ảnh hưởng đến ổn định của tàu hàng rời trên cơ sở phân tích một số vụ tai nạn liên quan đến tàu hàng rời;

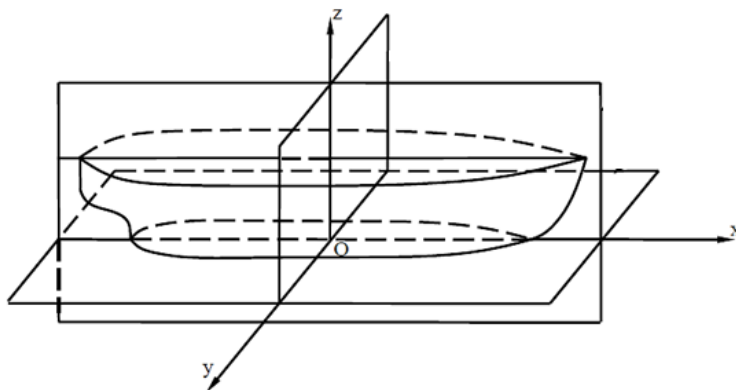
- Đưa ra một số phương pháp hiệu chỉnh chiều cao thể vững nhằm gia tăng tính ổn định của tàu hàng rời;
- Chỉ ra vai trò quan trọng của cơ sở dữ liệu theo thời gian thực so với cơ sở dữ liệu truyền thống liên quan đến tính toán ổn định tàu.

CHƯƠNG 2. TÍNH TOÁN ỔN ĐỊNH TÀU HÀNG RÒI THEO THỜI GIAN THỰC THÔNG QUA CHU KỲ LẮC NGANG

2.1. Tổng quan về chuyển động lắc của tàu

Chuyển động lắc của tàu là chuyển động dao động của tàu ở nước tĩnh hoặc trên sóng, trên mặt nước hoặc dưới mặt nước. Mức độ chịu được lắc định ra tính đi biển của tàu, tức là khả năng tàu duy trì được các tính năng hành hải như: tính nổi, tính ổn định, khả năng hành hải an toàn trên sóng biển.

Trong đa số các trường hợp, nguyên nhân trực tiếp gây lắc là do tác động của sóng, gió lên tàu hoặc do hàng hóa trên tàu xô dịch.



Hình 2.1: Hệ tọa độ và các mặt phẳng dùng để khảo sát tàu

Chuyển động lắc được xác định bằng sự dịch chuyển trọng tâm của tàu theo ba trục vuông góc với nhau trong không gian và sự quay quanh của tàu quanh ba trục quán tính khối lượng của tàu (O, x, y, z). Trục Ox hướng về phía mũi tàu, trục Oy hướng về phía mạn tàu, trục Oz hướng thẳng đứng xuống dưới.

Trong lý thuyết về chuyển động lắc, tàu thủy được xem là vật rắn có sáu bậc tự do. Tương ứng với các bậc tự do này là các chuyển động khác nhau của tàu (Hình 2.2):

- Chuyển động tịnh tiến:
 - + Dịch chuyển dọc (Surge): là chuyển động dao động tịnh tiến theo hướng trục dọc của tàu;
 - + Dịch chuyển ngang (Sway): là chuyển động dao động tịnh tiến theo

hướng trục ngang của tàu;

+ Dịch chuyển lên xuống (Heave): là chuyển động dao động tịnh tiến của tàu dọc theo hướng thẳng đứng;

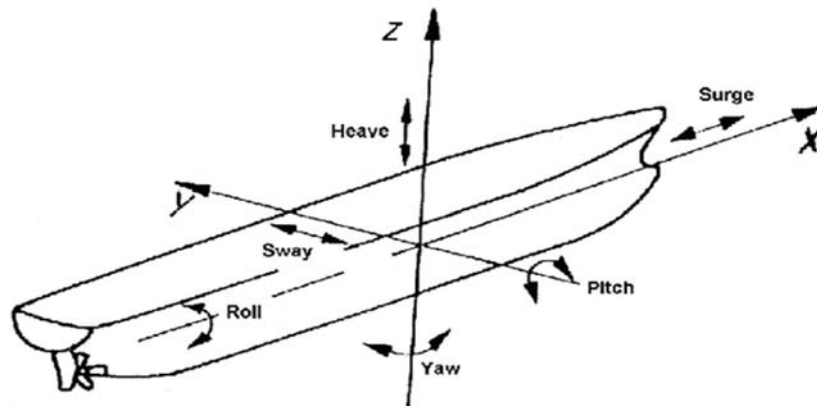
Các chuyển động tịnh tiến của tàu có thể được đo bằng cách sử dụng cảm biến gia tốc.

- Chuyển động quay:

+ Chòng chành ngang (Roll): là chuyển động dao động của tàu xung quanh trục dọc;

+ Chòng chành dọc (Pitch): là chuyển động dao động của tàu xung quanh trục ngang của tàu;

+ Chòng chành đảo mũi (Yaw): là chuyển động dao động của tàu xung quanh trục thẳng đứng.



Hình 2.2: Các dạng chuyển động của tàu

Mỗi một chuyển động lắc của tàu có thể quan sát được một cách riêng biệt hoặc trong sự phối hợp đồng thời giữa các loại chuyển động khác nhau của tàu.

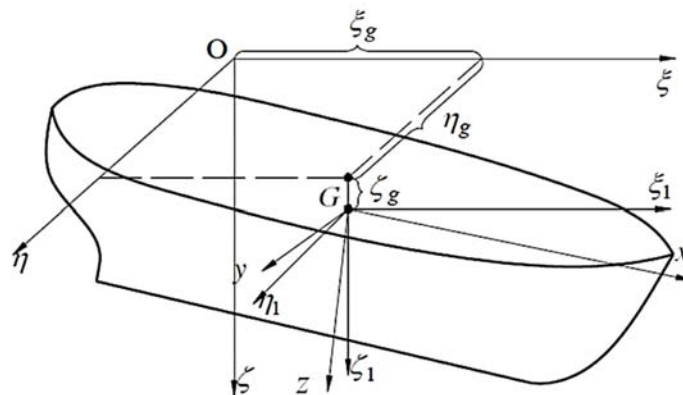
Chuyển động lắc của tàu là hiện tượng có hại đến chính bản thân nó và xuất hiện các hậu quả khác. Biểu hiện của các hậu quả này là làm ảnh hưởng đến điều kiện an toàn của tàu (nước hắt lên boong, xuất hiện độ nghiêng, vận tốc và gia tốc lớn, làm xấu đi tình trạng sức khỏe của con người); xuất hiện sự quá tải quán tính trên thân tàu, thiết bị và các máy móc; suy giảm ổn định khi tàu chạy dưới tác dụng của gió và sóng; xuất hiện mô men uốn bổ sung, sự va

đập của sóng, ..., làm xấu đi đặc tính vận hành và tính năng điều động của tàu.

Chuyển động lắc của tàu đặc trưng bởi giá trị biên độ dịch chuyển, vận tốc và gia tốc tức thời. Biên độ lắc là giá trị độ lệch tức thời lớn nhất của tàu ra khỏi vị trí cân bằng.

Một đặc trưng khác của chuyển động lắc là chu kỳ lắc - khoảng thời gian tàu thực hiện được một dao động toàn phần, được hiểu là khoảng thời gian tàu chuyển động từ vị trí xuất phát đến khi quay trở lại vị trí này. Ví dụ như, tàu thực hiện một dao động toàn phần, nếu từ độ lệch lớn nhất (biên độ) ở mạn trái tàu thực hiện dao động qua mạn phải đến khi nó lại trở về vị trí này ở mạn trái. Tần số lắc đặc trưng cho một dao động toàn phần của tàu lặp lại theo thời gian. Để đánh giá chuyển động lắc người ta sử dụng tần số dao động tròn biểu diễn số dao động toàn phần sau 2π giây, tức là $\sigma = 2\pi/T$, ở đây: σ là tần số lắc; T là chu kỳ của nó. Đơn vị đo của tần số tròn là radian trên giây (rad/s). [7]

Để mô tả dao động của tàu và nước, ta sử dụng hai hệ tọa độ cơ bản và một hệ tọa độ phụ trợ. Hệ tọa độ cơ bản thứ nhất là hệ tọa độ cố định với không gian ($O\xi\eta\zeta$) cho phép mô tả chuyển động tuyệt đối của tàu và chất lỏng. Mặt phẳng ($O\xi\eta$) trùng với mặt nước không bị nhiễu, còn trục mặt nước không bị nhiễu, còn trục khi nghiêng cứ lắc $O\zeta$ hướng thẳng đứng xuống dưới (Hình 2.3).



Hình 2.3: Các hệ tọa độ khi nghiên cứu chuyển động lắc

Hệ tọa độ cơ bản thứ hai là hệ ($Gxyz$) liên kết cố định với tàu. Gốc tọa độ của nó nằm ở khối tâm tàu, trục Gx là trục dọc có chiều dương hướng về

mũi tàu, trục Gy là trục ngang có chiều dương hướng về mạn phải của tàu. Trục Gz là trục thẳng đứng có chiều dương hướng xuống dưới. Hệ tọa độ liên kết (Gxyz) được dùng để mô tả hình dáng thân tàu. Khi nghiên cứu chuyển động lắc của tàu với tốc độ xác lập (ổn định), người ta còn sử dụng hệ tọa độ phụ trợ ($G\xi_1\eta_1\zeta_1$) với gốc tọa độ nằm ở khối tâm tàu. Hệ tọa độ này chuyển động cùng với tốc độ tàu. Khi đó mặt phẳng ($G\xi_1\eta_1$) luôn luôn song song với mặt phẳng ($O\xi\eta$), tương tự các trục của cả hai hệ tọa độ cũng luôn song song với nhau. Ở vị trí cân bằng ban đầu, gốc của hệ tọa độ liên kết và bán liên kết (hệ tọa độ phụ trợ) với gốc của hệ tọa độ cố định nằm trên một đường thẳng đứng với khối tâm tàu.

Dao động của tàu khi chòng chành có thể biểu diễn dưới dạng chuyển động tịnh tiến của khối tâm tàu và chuyển động của tàu quay quanh nó. Loại chuyển động thứ nhất xác định bởi sự thay đổi theo thời gian của các tọa độ của khối tâm ξ_g, η_g, ζ_g và đặc trưng chuyển động dịch chuyển dọc, dịch chuyển ngang và dịch chuyển thẳng đứng của tàu. Loại chuyển động thứ hai xác định bởi chuyển động quay quanh các trục của hệ tọa độ (Gxyz) đối với hệ tọa độ ($G\xi_1\eta_1\zeta_1$) và đặc trưng cho chuyển động chòng chành ngang, chòng chành dọc và chòng chành đảo mũi của tàu. Vì vậy, vị trí của tàu ở thời điểm bất kỳ đặc trưng bởi ba tọa độ khối tâm của nó: ξ_g, η_g, ζ_g và ba tọa độ góc χ, θ, φ . [7]

$$\Delta_m \ddot{\xi} = \Sigma X; \quad \Delta_m \ddot{\eta} = \Sigma Y; \quad \Delta_m \ddot{\zeta} = \Sigma Z; \quad (2.1)$$

$$\begin{cases} I_x \dot{\omega}_x - (I_y - I_z) \omega_y \omega_z = \Sigma M_x; \\ I_y \dot{\omega}_y - (I_z - I_x) \omega_z \omega_x = \Sigma M_y; \\ I_z \dot{\omega}_z - (I_x - I_y) \omega_x \omega_y = \Sigma M_z. \end{cases} \quad (2.2)$$

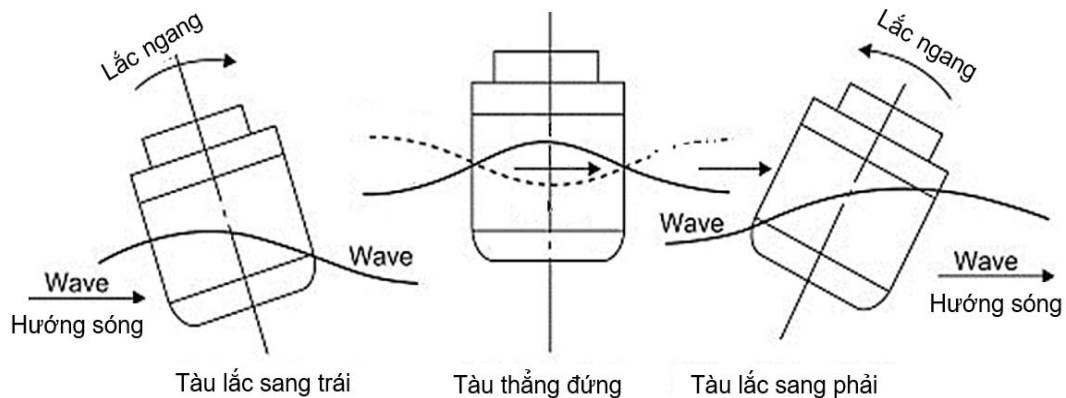
Ở đây: ξ_g, η_g, ζ_g là tọa độ tuyệt đối của khối tâm tàu; $\omega_x, \omega_y, \omega_z$ là hình chiếu vận tốc góc của tàu lên các trục Gx, Gy và Gz; I_x, I_y và I_z là mô men

quán tính chính trung tâm của khối lượng tàu đối với các trục của hệ tọa độ liên kết với tàu. Dấu “chấm” ở phía trên các chữ cái là ký hiệu cho đạo hàm theo thời gian. Ở vế phải của (2.1) là tổng hình chiếu của tất cả các lực tác dụng lên tàu, lên các trục của hệ tọa độ cố định $O\xi$, $O\eta$ và $O\zeta$. Trong hệ phương trình (2.2) là tổng hình chiếu của tất cả các mô men đối với các trục của hệ tọa độ liên kết.

2.2. Phương pháp xác định chu kỳ lắc ngang của tàu từ thiết bị đo góc nghiêng được đặt trên tàu

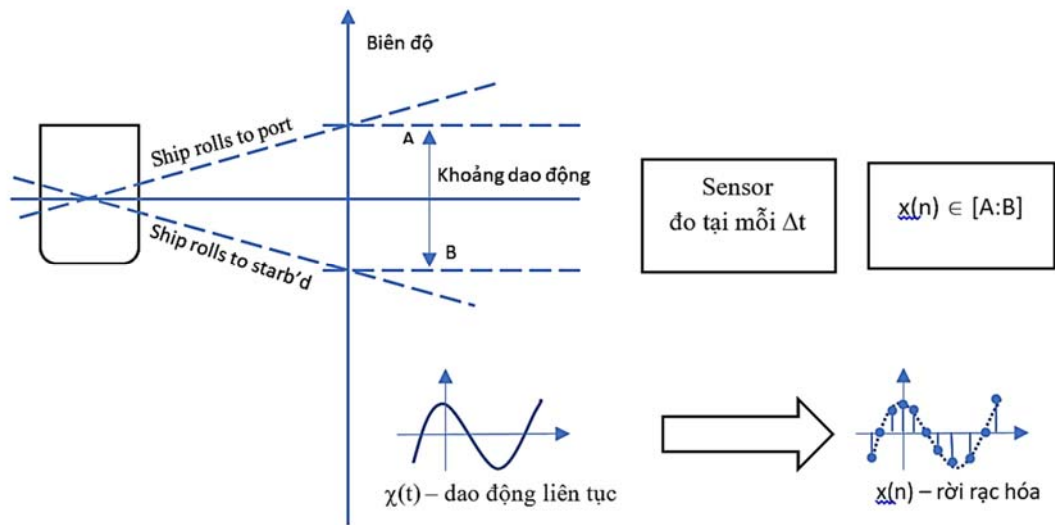
2.2.1. Giới thiệu phương pháp

Trong phạm vi của nghiên cứu liên quan đến rung lắc thân tàu, thông số đo đặc biên độ rung lắc ngang hoặc chúi của tàu là một dạng tín hiệu liên tục $\chi(t)$. Giá trị của tín hiệu tại một thời điểm là giá trị xác định góc nghiêng/độ nghiêng của tàu theo thông số đo xác định [17]. Hình 2.4 thể hiện dạng dao động lắc ngang thân tàu dưới ảnh hưởng của sóng.



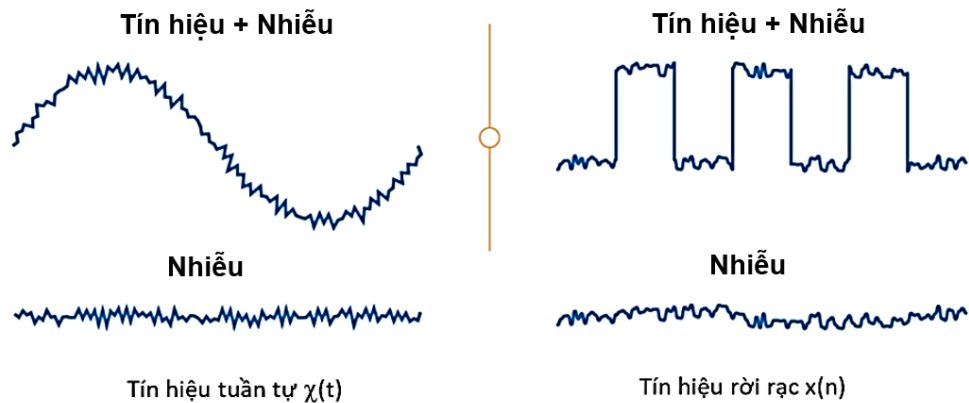
Hình 2.4: Lắc ngang thân tàu dưới ảnh hưởng của sóng

Bằng cách sử dụng các quan trắc (đo đạc) tại sau mỗi thời điểm Δt nhất định, có thể dễ dàng biểu diễn $\chi(t)$ thành dạng tín hiệu với tham số duy nhất là thời gian $x(t)$ [13]. Hình 2.5 thể hiện biện pháp đo đạc và chuyển đổi thông tin biên độ dao động lắc ngang của tàu từ tương tự sang rời rạc.



Hình 2.5: Biện pháp đo đạc, chuyển đổi dao động lắc ngang sang dạng tín hiệu rời rạc

Thông qua việc xác định tần số của tín hiệu thu được $x(t)$, tính toán được chu kỳ lắc của thân tàu một cách gần đúng. Tuy nhiên giá trị này chưa hẳn là dao động lắc riêng của tàu, do còn bị ảnh hưởng bởi sóng biển và nhiều yếu tố khác. Các yếu tố đó thể hiện trên tín hiệu thu được ở việc thay đổi giá trị chính xác của góc nghiêng thân tàu tại thời điểm đo, và được gọi chung là các nhiễu đo đạc/sai số [16]. Như vậy dao động lắc ngang của thân tàu là một hàm trộn lẫn giữa thông tin dao động riêng của tàu và dao động ảnh hưởng bởi sóng biển.



Hình 2.6: Nhiễu làm ảnh hưởng đến các giá trị đo

$$x(n)=r(n)+e(n) \quad (2.3)$$

Phương trình (2.3) thu được sau khi xem xét dao động lắc ngang thân tàu chịu sự ảnh hưởng của sóng biển. Trong đó với $r(n)$ là tín hiệu kỳ vọng đo được còn $e(n)$ là một dạng tín hiệu thuộc dạng nhiễu can dự làm ảnh hưởng đến kết quả đo được.

Để tìm được $r(n)$ một cách chính xác là khá khó khăn, do các tín hiệu nhiễu là ngẫu nhiên và không có quy luật để đoán định trước. Hiện có nhiều phương pháp nhằm giảm thiểu sự tác động của nhiễu đến tín hiệu gốc qua các phương pháp lọc khác nhau.

Như vậy thay vì tìm $r(n)$ một cách chính xác, các nghiên cứu tìm cách biến đổi $e(n)$ về dạng không mấy ảnh hưởng đến tín hiệu gốc $\varepsilon(n)$ như biểu diễn ở phương trình (2.4).

$$x(n)=r(n)+\varepsilon(n) \quad (2.4)$$

Hầu hết các phương pháp lọc này đều giả định là cường độ tần số dao động của tín hiệu gốc $r(n)$ là đủ lớn, trong khi đó mặc dù có tần số dao động cao nhưng cường độ (năng lượng) dao động của $e(n)$ thường là nhỏ. Trong đo lường dao động lắc ngang của tàu $e(n)$ là sự kết hợp tác động giữa các dao động sóng của môi trường xung quanh cộng với các sai số trong đo đạc như biểu diễn trong phương trình (2.5), trong đó $w(n)$ biểu diễn sự tác động của sóng biển và $d(n)$ biểu diễn sự sai số trong kết quả đo.

$$e(n)=w(n)+d(n) \quad (2.5)$$

Thông thường $d(n)$ khá nhỏ và có thể dễ dàng loại bỏ bằng cách sử dụng bộ đếm thời gian chuẩn xác trong thiết bị hoặc sử dụng phương pháp làm mịn tín hiệu, còn $w(n)$ thì lại phụ thuộc phần lớn vào môi trường với cường độ dao động lớn, nhiều trường hợp lớn hơn cả dao động lắc ngang của tàu. Do vậy các phương pháp lọc nhiễu thông dụng không phát huy hiệu quả trong việc loại bỏ $w(n)$. Tuy vậy, có thể dựa vào một đặc điểm đặc thù của sóng là sự ngẫu nhiên, năng lượng dao động của sóng biển là rất lớn nhưng không liên

tục để lọc loại nhiễu này.

2.2.2. Biến đổi Fourier

Biến đổi Fourier có rất nhiều ứng dụng khoa học, ví dụ như trong vật lý, số học, xử lý tín hiệu, xác suất, thống kê, mật mã, âm học, hải dương học, quang học, hình học và rất nhiều lĩnh vực khác. Trong xử lý tín hiệu và các ngành liên quan, biến đổi Fourier thường được nghĩ đến như sự chuyển đổi tín hiệu thành các thành phần biên độ và tần số. Biến đổi Fourier được thực hiện tùy theo dạng tín hiệu là liên tục hoặc rời rạc, trong phạm vi nghiên cứu các biến đổi Fourier rời rạc được quan tâm đưa vào ứng dụng [13], [15].

Trong toán học, phép biến đổi Fourier rời rạc (DFT), đôi khi còn được gọi là biến đổi Fourier hữu hạn, là một biến đổi trong giải tích Fourier cho các tín hiệu thời gian rời rạc. Đầu vào của biến đổi này là một chuỗi hữu hạn các số thực hoặc số phức, làm biến đổi này là một công cụ lý tưởng để xử lý thông tin trên các máy tính. Đặc biệt, biến đổi này được sử dụng rộng rãi trong xử lý tín hiệu và các ngành liên quan đến phân tích tần số chứa trong một tín hiệu, để giải phương trình đạo hàm riêng, và để làm các phép như tích chập. Biến đổi này có thể được tính nhanh bởi thuật toán biến đổi Fourier nhanh (FFT).

Dãy của $x(n)$ số thực $x_0, \dots, x_{N-1}$ được biến đổi thành chuỗi của N số phức $X_0, \dots, X_{N-1}$ bởi công thức sau đây:

$$X_k = \sum_{n=0}^{N-1} x_n e^{-\frac{2\pi i}{N} kn} \quad k = 0, \dots, N-1 \quad (2.6)$$

Với e là cơ số của logarit tự nhiên, i là đơn vị ảo ($i^2 = -1$). Phép biến đổi được ký hiệu là $F(x)$ hoặc F_x . Phương trình (2.6) mô tả tín hiệu dưới dạng số phức X_k đại diện cho biên độ và pha của các bước sóng khác nhau của tín hiệu vào $x(n)$.

DFT có nhiều ứng dụng rộng rãi trong nhiều ngành khác nhau. Tất cả các ứng dụng của DFT đều dựa trên một tính chất quan trọng là DFT và IDFT đều có thể được tính nhanh chóng bằng thuật toán biến đổi Fourier nhanh. Khi sử

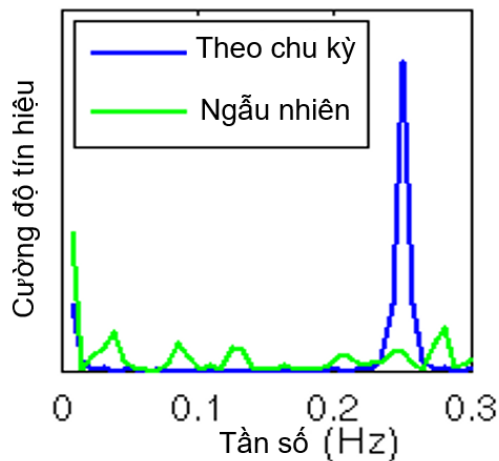
dùng DFT để phân tích phổ, dãy $x(n)$ thường đại diện cho một dãy hữu hạn các mẫu tại các thời điểm cách đều nhau của một tín hiệu $x(t)$.

2.2.3. Phổ năng lượng

Trong xử lý tín hiệu thống kê và vật lý, mật độ phổ, mật độ phổ công suất (PSD), hoặc mật độ phổ năng lượng (ESD), là một hàm thực và dương theo biến tần số gắn với các quá trình ngẫu nhiên dừng, hoặc hàm xác định theo thời gian, có thứ nguyên là công suất trên Hz [13], hoặc năng lượng trên Hz. Nó thường được gọi đơn giản là phổ của tín hiệu. Qua trực giác, mật độ phổ giữ lại phổ tần suất của quá trình ngẫu nhiên và giúp nhận dạng tính tuần hoàn. Ký hiệu phổ năng lượng của của một tín hiệu $x(n)$ là $PSD_{x(n)}^k$, khi đó mật độ năng lượng phân bố trên tần số f tính dựa trên biến đổi Fourier của tín hiệu $x(n)$ được cho như công thức (2.7)

$$PSD_{x(n)}^k = |X_k|^2 \quad (2.7)$$

trong đó X_k là biến đổi Fourier của tín hiệu $x(n)$ ban đầu tại tần số k .



Hình 2.7: Phân bố năng lượng của tín hiệu điều hòa luôn có cường độ lớn hơn so với các tín hiệu dao động không điều hòa

2.2.4. Mô hình xác định tần số và chu kỳ dao động lắc ngang của tàu

Xác định tần số riêng dao động lắc ngang của tàu thuyền là yếu tố cần thiết để tìm chu kỳ lắc ngang, từ đó tiến tới áp dụng trong các phép tính đánh

giá mức độ ổn định của tàu. Như trình bày trong Mục 2.2.1, dao động lắc ngang của tàu đo đạc trong thực tế là tín hiệu rời rạc $x(n)$ được tổng hợp đến từ dao động riêng $r(n)$, phần nhiễu động ảnh hưởng bởi dao động của sóng $w(n)$ và nhiễu trong quá trình đo đạc $d(n)$. Việc giải phương trình (2.3) để tìm ra $r(n)$ có thể cho ra rất nhiều nghiệm khả thi, vì vậy tiến hành phân tách trực tiếp $e(n)$ khỏi $x(n)$ là không khả thi. Trong phạm vi của đề tài, nghiên cứu sinh đề xuất cách tiếp cận gần đúng, nhằm giảm thiểu năng lượng của $e(n)$ qua một số các bước tiếp cận như mô tả trực quan trong lưu đồ thuật toán (Hình 2.8).

Từ các điều kiện thực nghiệm, có thể nhận thấy:

- Dao động lắc ngang của tàu là một dao động tuần hoàn. Trong đó chu kỳ lắc hay tần số dao động thay đổi theo thời gian, việc biến đổi (lên/xuống) theo xu hướng dần đều. Do vậy trong khoảng thời gian ngắn, tần số dao động của sóng thường tập trung trong một khoảng Δf xác định.

- Dao động của sóng biển là các dao động ngẫu nhiên, bị ảnh hưởng bởi các điều kiện thời tiết tại khu vực tàu hoạt động. Việc này cho thấy tần số dao động của sóng không tập trung vào một giá trị nhất định mà phân tán trải rộng trên các tần số. Như vậy cường độ năng lượng phân bố trên một tần số nào đó thường là nhỏ, cho dù năng lượng của sóng là rất lớn nếu xét trong thời gian dài.

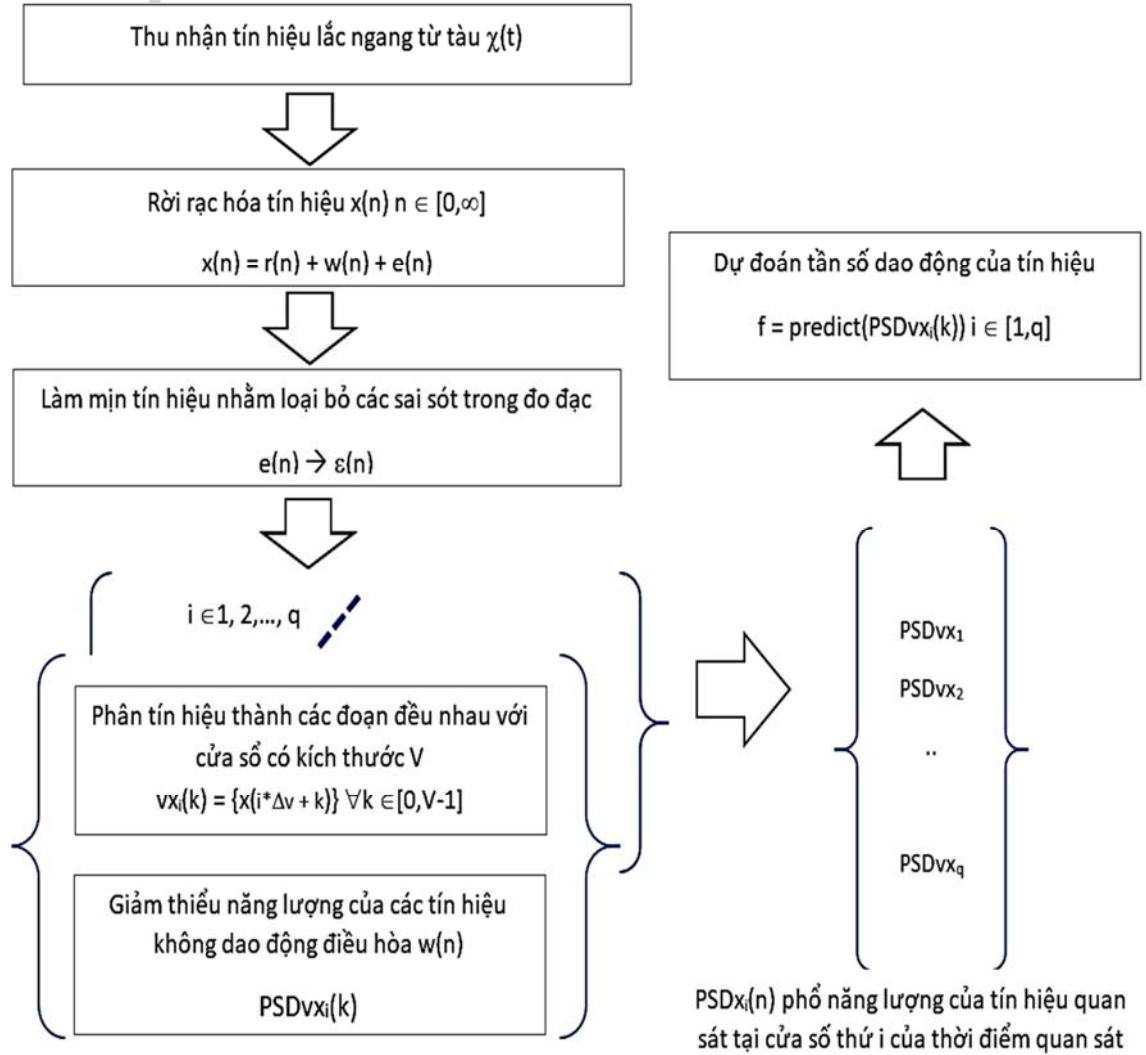
Căn cứ trên các đánh giá về tính chất dao động của các tín hiệu $r(n)$ và $w(n)$, tác giả đưa ra cách tiếp cận theo các bước như sau:

Đo đạc và tiến hành rời rạc hóa tín hiệu dao động $\chi(t)$ của tàu trong thời gian thực nghiệm tín hiệu rời rạc $x(n)$ như phương trình số (2.3) và (2.5), $x(n)$ được xác định là một tín hiệu hữu hạn trong khoảng thời gian đo đạc.

- Tiến hành làm mịn tín hiệu để giảm các nhiễu phát sinh do sự sai số của thiết bị đo $d(n)$. Việc này được thực hiện qua áp dụng các phương pháp làm mịn tín hiệu.

Phân đoạn tín hiệu thành các khoảng nhỏ với kích thước V (phút). Trong đó giả định tần số dao động của sóng không có thay đổi quá nhiều trong

khoảng thời gian xem xét. Như vậy năng lượng của tín hiệu $r(n)$ sẽ tập trung trên tần số dao động của nó ký hiệu f_r . Thực tế giá trị của f_r thay đổi trong khoảng $f_r \pm \Delta u$ với Δu nhỏ. Hình 2.9, thể hiện cách tiếp cận trong cách phân chia cửa sổ quan sát, thay vì chia thành các cửa sổ tuần tự, tác giả tiến hành chia các cửa sổ với độ lệch Δv (giây) chồng đè lên nhau theo thời gian.

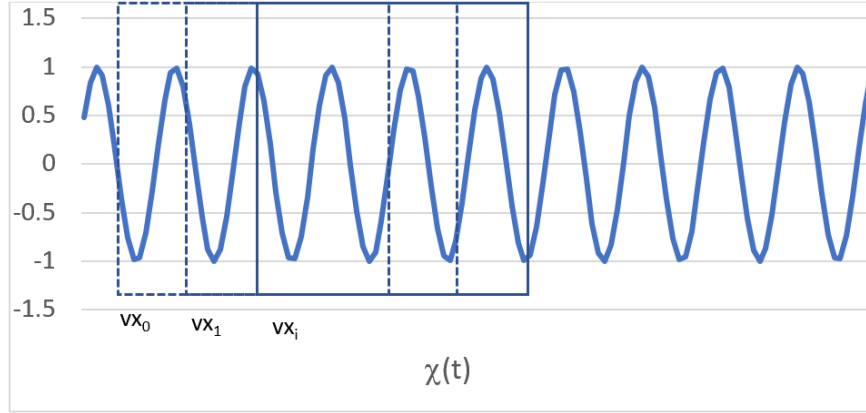


Hình 2.8: Mô hình xử lý và dự đoán tần số dao động chính của tín hiệu

$$vx_i(k) = x(i \cdot \Delta v + k) \quad \forall k \in [1, V] \quad (2.8)$$

- Bước tiếp theo tiến hành giảm thiểu năng lượng của thành phần $w(n)$ trong $x(n)$. Giả sử ký hiệu các tín hiệu thu được ở bước quan sát thứ j theo cửa sổ có kích thước V lần lượt là $vx_i(k)$ với $i \geq 0$ như phương trình (2.8). Ký hiệu

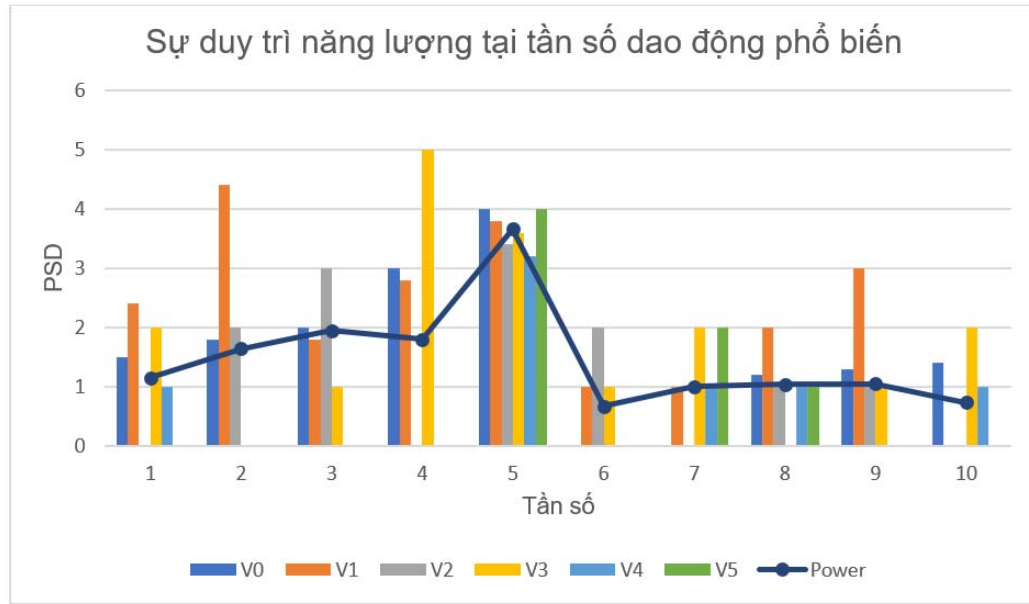
PSD_i là phổ năng lượng tương ứng với từng $vx_i(k)$, với kỳ vọng trong khoảng thời gian Δv , tần số dao động của $r(n)$ vẫn duy trì tại một giá trị $\mathcal{F}^r$ hoặc chưa kịp thay đổi quá lớn, trong khi đó tần số dao động $\mathcal{F}^w$ của $w(n)$ lại biến đổi với độ lệch lớn hơn nhiều so với $\mathcal{F}^r$ trong cửa sổ quan sát. Khi đó năng lượng của dao động điều hòa luôn được duy trì một lượng nhất định tại tần số dao động (Đồng nghĩa với việc tần số dao động chính sẽ có xác suất lớn được phân bổ năng lượng ở mức cao), các tần số khác đóng góp năng lượng không liên tục và thường có độ lệch lớn. Dựa vào tính chất này, tác giả xây dựng hàm loại bỏ (điều chỉnh) sự phân bổ năng lượng tại các tần số dựa trên xác suất đóng góp năng lượng của nó tại các lần quan sát. Ký hiệu là $Power_j$ như phương trình (2.9).



Hình 2.9: Phân chia khung tín hiệu

$$Power_j = \left\{ AVG_{v_i, f} \left(PSD_i^f \right) \right\} \quad (2.9)$$

Tại lần quan sát thứ j với cửa sổ có kích thước V (Ký hiệu là V_j), ta thu được một phổ phân bổ năng lượng $Power_j$ đại diện, trong đó năng lượng dao động của những tần số f với xác suất xuất hiện cao trong các tín hiệu thành phần sẽ được duy trì, còn các trường hợp khác bị giảm thiểu như mô tả trong Hình 2.10. Trong đó, ta thấy tần số $f = 5$, có tỉ lệ phân bổ năng lượng thường xuyên ở mức cao, trong khi đó việc phân bổ năng lượng này là không đều ở các tần số khác. Áp dụng công thức (2.9) ta có thể suy được tần số dao động đại diện của cửa sổ chứa 5 tín hiệu thành phần là $f = 5$ (tần số có mức phân bổ năng lượng cao nhất).



Hình 2.10: Minh họa sự duy trì năng lượng tại tần số dao động phổ biến

Tần số còn duy trì được năng lượng ở mức cao nhất, chính là tần số dao động kỳ vọng của tín hiệu quan sát trong cửa sổ V_j . Tuy vậy nếu chỉ với một quan sát đơn, sẽ khó quyết định được tần số F_j của một cửa sổ V_j bất kỳ là tần số dao động của tàu. Do vậy, để khách quan, nghiên cứu sinh tiến hành quan sát sự biến động của tần số f trong q cửa sổ liên tiếp. Vì năng lượng của $w(n)$ đã được giảm thiểu, nên năng lượng phổ biến của các tín hiệu quan sát sẽ tập trung xung quanh tần số dao động chính của $x(n)$. Bằng cách ứng dụng phương pháp Hồi quy tuyến tính [18], qua xây dựng hàm predict như phương trình (2.10), có thể tính được giá trị tần số dao động gần đúng F của $r(n)$ trong khoảng thời gian xem xét (T tính theo s), dựa vào tần số dao động của q tín hiệu đã quan sát được. Tần số này cũng có thể xem như là tần số dao động của tàu tại thời điểm bắt đầu của kỳ quan sát thứ $q+1$.

$$F_{q+1} = \text{predict}(\{Power_j \mid j \in [1, q]\}) = AVG_{\forall j \in [1..q]}(F_j) \quad (2.10)$$

- Bên cạnh đó trong trường hợp xem xét, dao động lắc ngang của tàu có sự biến thiên tăng/giảm đều theo thời gian (Không có sự thay đổi đột ngột). Ta có thể xây dựng một hàm nội suy đa thức $P(x)$ để dự đoán.

$$P(x) = \prod_{i \in [1..q]} (x - F_i) \quad (2.11)$$

Khi đó tần số dao động của lần quan sát thứ q+1 được kỳ vọng có thể tính gần đúng là $F_{q+1} = P(q+1)$.

- Sau khi có tần số dao động gần đúng của tàu, chu kỳ dao động của tàu tại kỳ quan sát thứ k (C_k) được tính bằng tỉ số của thời gian quan sát T (s) cố định, với tần số F_k tính được như công thức (2.12).

$$C_k = \frac{T}{F_k} \text{ (số lần dao động/s)} \quad (2.12)$$

2.3. Xác định các thông số ổn định của tàu hàng rời từ chu kỳ lắc ngang

2.3.1. Xác định chiều cao thể vững của tàu hàng rời thông qua chu kỳ lắc ngang

Trong thực tế, để tiện cho việc kiểm tra G_0M của tàu, trong các hồ sơ tàu đã lập sẵn bảng kiểm tra G_0M (Rolling Period Table) như Bảng 2.1 hoặc đồ thị các đường cong kiểm tra G_0M (Rolling Period-GoM Curves) thông qua chu kỳ lắc và mớn nước trung bình của tàu, (mục 8 phần Phụ lục).

Bảng 2.1: Bảng tra G_0M từ chu kỳ lắc ngang của tàu hàng rời

d(m)	2.000	3.000	4.000	5.000	6.000	7.000	8.000	9.000	10.000
(K/B) ²	0.363	0.246	0.194	0.166	0.149	0.137	0.13	0.125	0.122
(2.01K) ²	991.39	671.85	529.83	453.36	406.94	374.16	355.04	341.39	333.20
Ts	(1/Ts) ²	GoM IN METER							
5	0.04000	39.66	26.87	21.19	18.13	16.28	14.97	14.20	13.66
6	0.02778	27.54	18.66	14.72	12.59	11.30	10.39	9.86	9.48
7	0.02041	20.23	13.71	10.81	9.25	8.30	7.64	7.25	6.97
8	0.01563	15.49	10.50	8.28	7.08	6.36	5.85	5.55	5.33
9	0.01235	12.24	8.29	6.54	5.60	5.02	4.62	4.38	4.21
10	0.01000	9.91	6.72	5.30	4.53	4.07	3.74	3.55	3.41
11	0.00826	8.19	5.55	4.38	3.75	3.36	3.09	2.93	2.82
12	0.00694	6.88	4.67	3.68	3.15	2.83	2.60	2.47	2.37
13	0.00592	5.87	3.98	3.14	2.68	2.41	2.21	2.10	2.02
14	0.00510	5.06	3.43	2.70	2.31	2.08	1.91	1.81	1.74
15	0.00444	4.41	2.99	2.35	2.01	1.81	1.66	1.58	1.52
16	0.00391	3.87	2.62	2.07	1.77	1.59	1.46	1.39	1.33
17	0.00346	3.43	2.32	1.83	1.57	1.41	1.29	1.23	1.18
18	0.00309	3.06	2.07	1.64	1.40	1.26	1.15	1.10	1.05
19	0.00277	2.75	1.86	1.47	1.26	1.13	1.04	0.98	0.95
20	0.00250	2.48	1.68	1.32	1.13	1.02	0.94	0.89	0.85
21	0.00227	2.25	1.52	1.20	1.03	0.92	0.85	0.81	0.77
22	0.00207	2.05	1.39	1.09	0.94	0.84	0.77	0.73	0.71
23	0.00189	1.87	1.27	1.00	0.86	0.77	0.71	0.67	0.65
24	0.00174	1.72	1.17	0.92	0.79	0.71	0.65	0.62	0.59
25	0.00160	1.59	1.07	0.85	0.73	0.65	0.60	0.57	0.55
26	0.00148	1.47	0.99	0.78	0.67	0.60	0.55	0.53	0.51
27	0.00137	1.36	0.92	0.73	0.62	0.56	0.51	0.49	0.47
28	0.00128	1.26	0.86	0.68	0.58	0.52	0.48	0.45	0.44
29	0.00119	1.18	0.80	0.63	0.54	0.48	0.44	0.42	0.41
30	0.00111	1.10	0.75	0.59	0.50	0.45	0.42	0.39	0.38

Mớn nước trung bình hoặc lượng dẫn nước tương ứng của tàu được xác

định ở thời điểm trước khi tàu hành trình. Hai giá trị này có thể lấy từ sơ đồ xếp hàng của tàu (Cargo stowage plan), sau đó hiệu chỉnh với lượng tiêu thụ nhiên liệu, nước ngọt cho đến thời điểm khảo sát (dùng Bảng 2.7).

Trên cơ sở bảng tra nói trên có thể lập chương trình tra cứu giá trị G_0M từ đối số là chu kỳ lắc đã đo được (T), mớn nước trung bình hoặc lượng dẫn nước của tàu.

Các công thức làm cơ sở cho tính toán lập bảng nhằm tra cứu G_0M từ chu kỳ lắc ngang của tàu, như sau:

a. Công thức tổng quát đưa ra trong Bộ luật IS code [29]

$$T = \frac{2 \times C \times B}{\sqrt{G_0M}}$$

$$G_0M = \left(2 \times C \times \frac{B}{T}\right)^2 \quad (2.13)$$

C là hệ số quán tính chuyển động lắc, $0.75 < C < 0.80$ đối với vỏ tròn, đối với tàu RoRo-Ship C có thể ≈ 1 . Có nhiều cách để xác định giá trị C, có thể tra trong hồ sơ đóng tàu hoặc tính toán theo hướng dẫn của IMO (IS Code) như sau:

$$C = 0.373 + 0.023 \times \left(\frac{B}{d}\right) - 0.043 \times \left(\frac{L_{wl}}{100}\right) \quad (2.14)$$

d: mớn nước định hình trung bình của tàu (tương ứng với lượng dẫn nước D của tàu ở thời điểm khảo sát) (m)

B: Chiều rộng định hình của tàu (m)

L_{wl} : chiều dài đường nước của tàu (m)

T: Chu kỳ lắc ngang của tàu (s)

b. Công thức thực nghiệm trong hồ sơ tàu hàng rời

Trong chuyến hành trình, G_0M của tàu có thể xác định một cách gần đúng nếu như xác định được chu kỳ lắc ngang và mớn nước trung bình của tàu tại thời điểm đó. Chu kỳ lắc của tàu được xác định bằng công thức toán học như sau: [41], [42]

$$T_s = 2\pi \times \frac{K}{\sqrt{g \times G_0 M}} = 2,01 \times \frac{K}{\sqrt{G_0 M}} \quad (2.15)$$

Hay:

$$G_0 M = \left(\frac{2,01 \times K}{T_s} \right)^2 \quad (2.16)$$

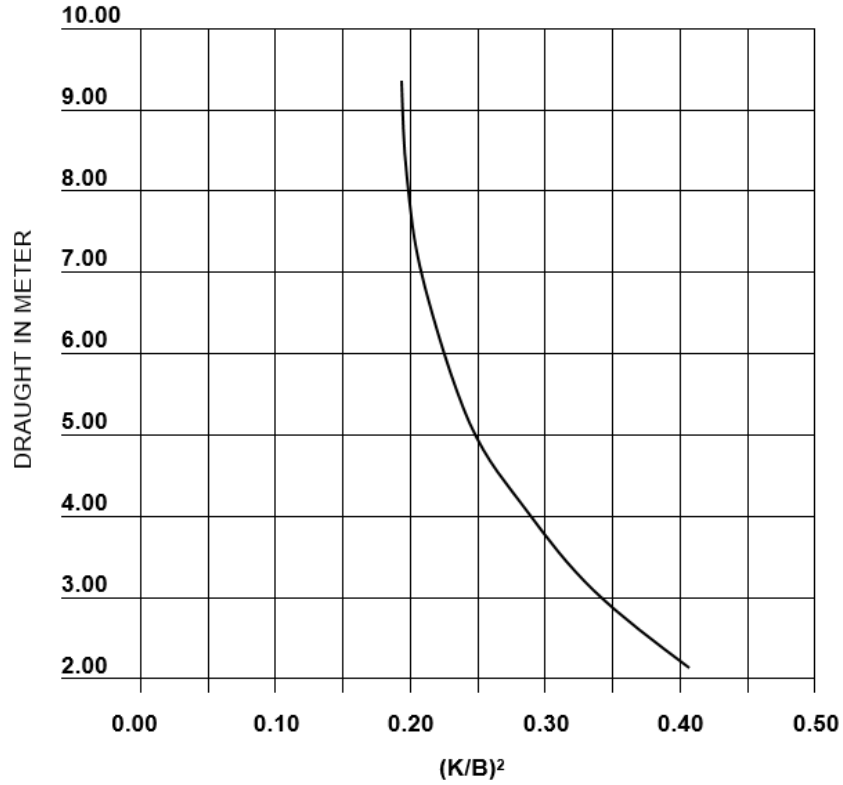
Với: K được xác định theo công thức sau:

$$\left(\frac{K}{B} \right)^2 = f \times \left(C_b \times C_u + 1,10 \times C_u \times (1 - C_b) \times \left(\frac{H_s}{d} \gamma - 2,20 \right) + \left(\frac{H_s}{B} \right)^2 \right) \quad (2.17)$$

$$K = B \times \sqrt{f \times \left(C_b \times C_u + 1,10 \times C_u \times (1 - C_b) \times \left(\frac{H_s}{d} \gamma - 2,20 \right) + \left(\frac{H_s}{B} \right)^2 \right)} \quad (2.18)$$

Trong đó:

K là bán kính quay (radius of gyration) (m): ngoài việc được xác định theo công thức (2.18) thì K còn có thể được xác định theo đồ thị đường cong $\left(\frac{K}{B} \right)^2$ được cho sẵn trong hồ sơ tàu (Hình 2.11).



Hình 2.11: Đồ thị xác định bán kính quay (radius of gyration)

B là chiều rộng định hình (m)

H_S là hệ số ảnh hưởng của chiều chìm của tàu và được xác định qua công thức:

$$H_S = D + \frac{A_S}{L_{PP}} \quad (2.19)$$

D là chiều cao mạn định hình của tàu

A_S là diện tích phần hứng gió tại mạn quan sát

C_U là hệ số diện tích phần hứng gió được xác định bằng công thức:

$$C_U = \frac{\text{Diện tích phần hứng gió trên mặt boong}}{(B \times L_{PP})} \quad (2.20)$$

C_b là hệ số béo

f là hệ số có giá trị từ 0,136 (tàu nhẹ tải) đến 0,131 (tàu đầy tải) (giá trị này chỉ áp dụng cho tàu hàng)

g là gia tốc trọng trường (9,8 m/s²)

γ là hệ số được xác định bằng công thức:

$$\gamma = 1 - e^{-28 \times (d/d_0)^2} \quad (2.21)$$

d là mớn nước trung bình của tàu

d_0 là mớn nước của tàu trong trạng thái đầy tải

2.3.2. Vẽ đường cong cánh tay đòn ổn định tĩnh và xác định các thông số đánh giá ổn định theo tiêu chuẩn của IMO

2.3.2.1. Giới thiệu một số bảng tra thông dụng trong hồ sơ tàu

Trong hồ sơ của mỗi tàu có rất nhiều bảng tra cũng như hướng dẫn tính toán cụ thể về ổn định, mớn nước cũng như sức bền cho con tàu đó. Dưới đây là một số bảng tra thông dụng dùng để xác định chiều cao thể vững và dựng đường cong cánh tay đòn ổn định tĩnh của tàu. [20], [23]

Bảng thủy tĩnh:

Bảng thủy tĩnh (Bảng 2.2) cung cấp các thông số thủy tĩnh của tàu. Để tra các thông số thủy tĩnh, thường dùng đối số là lượng giãn nước của tàu (D) hoặc mớn nước tương đương (d).

Bảng 2.2: Bảng thủy tĩnh

HYDRROSTATIC TABLE								
DRAFT	DISP.	TPC	LCB	LCF	MTC	KB	TKM	LKM
2.50	14129.62	59.41	-7.52	-7.38	770.91	1.34	33.70	1192.49
2.51	14189.02	59.42	-7.52	-7.38	771.24	1.34	33.57	1187.80
2.52	14248.44	59.43	-7.52	-7.38	771.57	1.35	33.44	1183.14
2.53	14307.87	59.44	-7.52	-7.38	771.90	1.35	33.33	1178.87
2.54	14367.31	59.45	-7.52	-7.38	772.22	1.36	33.22	1174.68
2.55	14426.76	59.45	-7.52	-7.38	772.54	1.36	33.10	1170.51
2.56	14486.21	59.46	-7.52	-7.39	772.86	1.37	32.99	1166.36
2.57	14545.67	59.47	-7.51	-7.39	773.18	1.37	32.88	1162.24
2.58	14605.14	59.48	-7.51	-7.39	773.50	1.38	32.77	1158.13
2.59	14664.62	59.49	-7.51	-7.39	773.81	1.39	32.66	1154.04
2.60	14724.11	59.50	-7.51	-7.39	774.13	1.39	32.55	1149.98
2.61	14783.61	59.51	-7.51	-7.39	774.44	1.40	32.44	1145.93
2.62	14843.12	59.52	-7.51	-7.39	774.75	1.40	32.33	1141.90
2.63	14902.64	59.53	-7.51	-7.39	775.06	1.41	32.22	1137.90
2.64	14962.17	59.54	-7.51	-7.40	775.37	1.41	32.11	1133.91
2.65	15021.71	59.55	-7.51	-7.40	775.68	1.42	32.00	1129.94
2.66	15081.26	59.55	-7.51	-7.40	775.98	1.42	31.90	1126.00
2.67	15140.81	59.56	-7.51	-7.40	776.28	1.43	31.79	1122.07
2.68	15200.37	59.57	-7.51	-7.40	776.59	1.43	31.69	1118.16

- Bảng đường cong hoành giao:

Bảng đường cong hoành giao (Bảng 2.3) cung cấp giá trị KN với đối số tra là lượng giãn nước của tàu và góc nghiêng tương ứng. Trong hồ sơ tàu chỉ có bảng đường cong hoành giao cho trường hợp tàu nguyên vẹn mà không có bảng đường cong hoành giao cho trường hợp tàu bị tai nạn.

Đối với một số tàu hàng khô, việc xây dựng bảng đường cong hoành giao được thực hiện với giả thuyết tàu có chiều cao trọng tâm tàu KG_A nào đó. Khi đó, công thức tính cánh tay đòn ổn định tĩnh trong trường hợp tàu nguyên vẹn như sau:

$$G_0Z = GZ_A - (KG_0 - KG_A) \sin \theta \quad (2.23)$$

Trong đó: GZ_A là giá trị được tra từ bảng đường cong hoành giao với đối số là lượng giãn nước của tàu và góc nghiêng tương ứng; KG_0 là chiều cao trọng tâm tàu đã hiệu chỉnh ảnh hưởng của mô-men mặt thoáng chất lỏng; KG_A là chiều cao trọng tâm tàu giả định.

Bảng 2.3: Bảng đường cong hoành giao giả định

CROSS TABLE (KG _A = 10)											
DISP.(T)	5	10	12	15	20	25	30	35	40	45	50
54,000	0.344	0.706	0.859	1.102	1.553	2.081	2.679	3.219	3.504	3.57	3.478
55,000	0.338	0.695	0.845	1.084	1.528	2.047	2.644	3.184	3.464	3.528	3.437
56,000	0.333	0.684	0.832	1.067	1.504	2.016	2.61	3.149	3.424	3.486	3.395
57,000	0.328	0.674	0.820	1.051	1.482	1.986	2.577	3.112	3.383	3.443	3.352
58,000	0.324	0.665	0.808	1.036	1.461	1.958	2.545	3.074	3.34	3.399	3.309
59,000	0.320	0.656	0.798	1.023	1.441	1.931	2.513	3.036	3.297	3.354	3.265
60,000	0.316	0.648	0.788	1.01	1.423	1.907	2.483	2.996	3.253	3.309	3.221
61,000	0.313	0.641	0.780	0.999	1.407	1.886	2.456	2.954	3.207	3.263	3.176
62,000	0.310	0.635	0.772	0.989	1.393	1.866	2.429	2.911	3.161	3.216	3.13
63,000	0.308	0.629	0.765	0.98	1.379	1.848	2.402	2.868	3.114	3.168	3.084
64,000	0.305	0.624	0.759	0.972	1.367	1.831	2.374	2.825	3.067	3.12	3.038
65,000	0.303	0.619	0.753	0.964	1.355	1.815	2.347	2.781	3.018	3.071	2.991
66,000	0.301	0.615	0.748	0.957	1.345	1.8	2.319	2.737	2.969	3.022	2.943
67,000	0.299	0.611	0.744	0.951	1.336	1.789	2.291	2.691	2.918	2.972	2.895
68,000	0.298	0.608	0.740	0.946	1.328	1.779	2.264	2.645	2.867	2.921	2.846
69,000	0.297	0.606	0.736	0.942	1.321	1.769	2.236	2.6	2.816	2.87	2.797
70,000	0.296	0.603	0.733	0.938	1.315	1.759	2.208	2.554	2.764	2.818	2.747
71,000	0.295	0.601	0.731	0.935	1.31	1.749	2.179	2.509	2.712	2.766	2.697
72,000	0.294	0.600	0.729	0.932	1.305	1.739	2.151	2.463	2.659	2.713	2.647

- Bảng sức chứa các hầm hàng:

Bảng thông số hầm hàng (Bảng 2.4) cung cấp các thông số hoành độ, tung độ của trọng tâm khối hàng trong hầm hàng đó. Để tra các thông số này, dùng đối số tra là chiều cao của khối hàng hoặc dung tích của khối hàng bên trong hầm hàng.

Bảng 2.4: Bảng sức chứa hầm hàng

From B.L(m)	Volume (m ³)	MG (m)	CLG (m)	KG (m)	Grain Moment
1.68	0.00	65.19	0.00	1.68	0.00
2.18	228.00	65.22	0.00	1.93	2623.30
2.48	368.70	65.25	0.00	2.08	4149.60
2.68	470.10	65.29	0.00	2.19	5218.00
3.18	727.50	65.37	0.00	2.45	7785.40
3.68	999.90	65.46	0.00	2.72	10285.10
4.18	1286.80	65.53	0.00	2.99	12703.90
4.68	1589.20	65.61	0.00	3.26	15036.30
4.80	1663.80	65.62	0.00	3.33	15589.50
5.00	1792.70	65.65	0.00	3.44	16497.60
5.18	1906.40	65.68	0.00	3.54	17275.90
5.29	1978.40	65.69	0.00	3.60	17755.70
5.53	2143.10	65.71	0.00	3.74	18807.20
5.68	2245.50	65.73	0.00	3.83	19429.90

- Bảng sức chứa các kết:

Bảng thông số kết (Bảng 2.5) cung cấp các thông số hoành độ, tung độ

của trọng tâm khối nước trong két cũng như cung cấp thông số mô-men quán tính của khối nước trong két gây ra. Để tra các thông số này, dùng đối số tra là chiều cao chất lỏng hoặc thể tích của khối nước bên trong két.

Bảng 2.5: Bảng sức chứa két

From B.L(m)	Volume (m ³)	MG (m)	CLG (m)	KG (m)	Inertia (m ⁴)
0.00	0.00	-84.74	5.02	0.00	2087.90
0.50	121.50	-85.01	5.35	0.26	3040.20
0.88	225.70	-85.15	5.61	0.46	3672.30
1.00	261.30	-85.24	5.68	0.52	3780.80
1.50	405.80	-85.38	5.85	0.78	4201.90
1.68	460.00	-85.43	5.91	0.88	4340.80
2.00	485.40	-85.48	6.17	0.93	141.40
2.50	526.00	-85.57	6.56	1.03	121.40
3.00	563.30	-85.65	6.89	1.15	99.50
3.50	597.00	-85.72	7.17	1.26	78.60
4.00	626.40	-85.79	7.40	1.38	59.50
4.50	651.10	-85.85	7.60	1.49	43.30
5.00	670.90	-85.90	7.75	1.59	30.00
5.50	685.40	-85.95	7.86	1.66	19.30

- Bảng góc ngập nước của tàu:

Góc ngập nước của tàu (Angle of flooding- θ_f) là góc nghiêng mà tại đó nước bắt đầu tràn vào tàu qua các kết cấu hở của thân tàu hoặc qua những chỗ không thể đóng kín nước của cabin. Sử dụng lượng giãn nước của tàu để tra góc ngập nước từ bảng góc ngập nước của tàu (Bảng 2.6).

Bảng 2.6: Bảng tra góc ngập nước của tàu

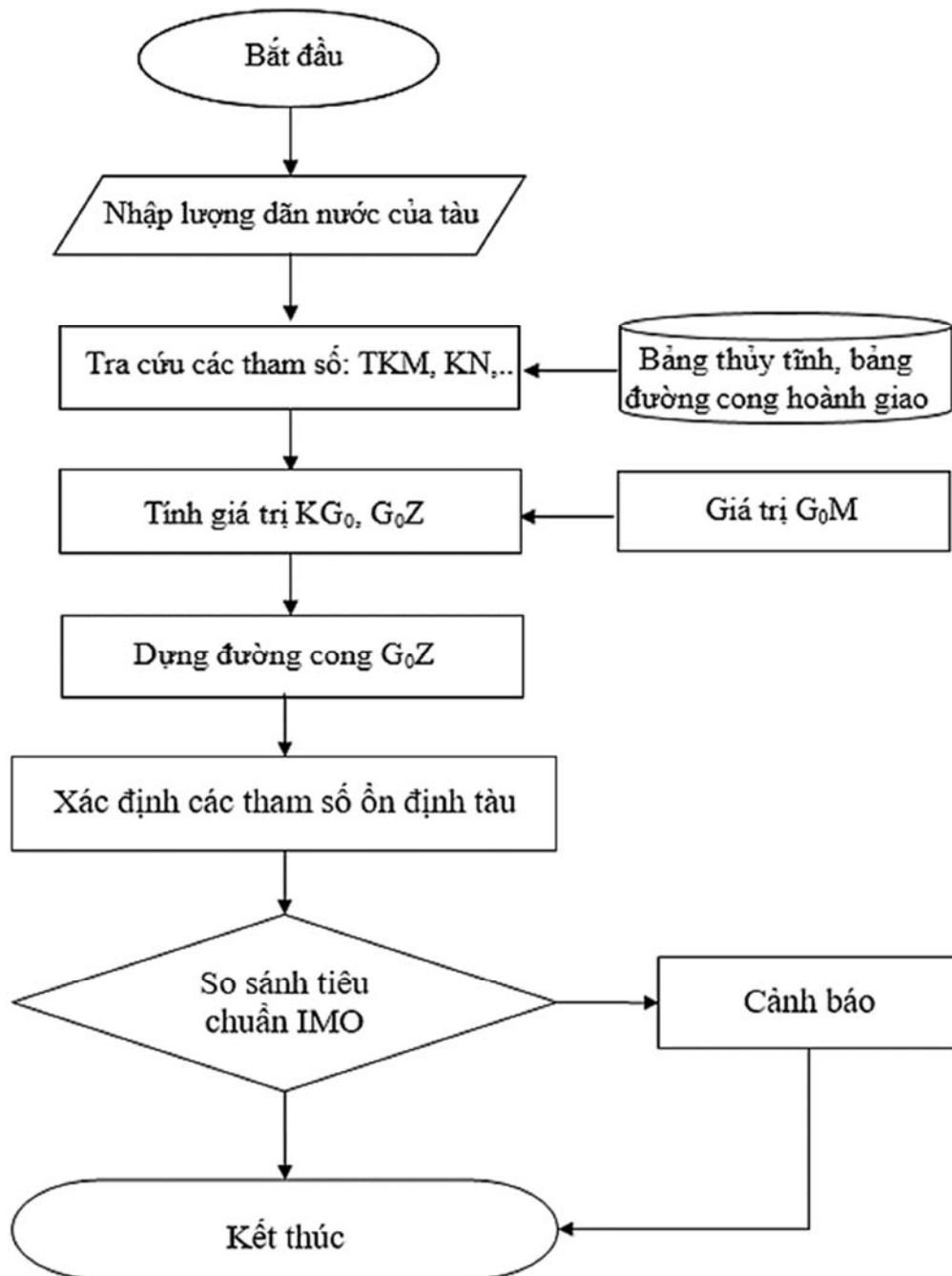
FLOODING ANGLE			
D	θ	D	θ
22000	90	45000	65.4
23000	88	46000	64.9
24000	87	47000	64.2
25000	86	48000	63.6
26000	85.5	49000	62.7
27000	83.5	50000	62
28000	82.5	51000	61
29000	81	52000	60.5
30000	80.2	53000	59.8
31000	79	54000	59

Bảng 2.7: Bảng tính trạng tải trọng của tàu

ITEM	%	WEIGHT (T)	MID.G (M)	MOMEN (T-M)	KG (M)	MOMEN (T-M)	M _{FS} (T-M)
NO.1 CARGO HOLD							
NO.2 CARGO HOLD							
.....							
CARGO GRAND TOTAL							
FORE PEAK TANK							
NO.1 WBT (P)&(S)							
.....							
AFT PEAK TANK							
WATER BALLAST TOTAL							
FRESH .W.T (P)							
FRESH .W.T (S)							
FRESH WATER TOTAL							
NO.1 FUEL OIL TANK (C)							
NO.2 FUEL OIL TANK (C)							
FUEL OIL TOTAL							
DIESEL OIL TANK (P)							
DIESEL OIL TANK (S)							
DIESEL OIL TOTAL							
CONSTANTS							
LIGHT WEIGHT							
DISPLACEMENT (lượng giãn nước)							

2.3.2.2. Vẽ đường cong cánh tay đòn ổn định tĩnh G_0Z

Việc tính toán và vẽ được đường cong cánh tay đòn ổn định tĩnh (G_0Z) của tàu được thực hiện theo thuật toán như Hình 2.12:



Hình 2.12: Thuật toán vẽ đường cong cánh tay đòn ổn định tĩnh (G_0Z)

- Từ lượng dẫn nước của tàu ở thời điểm khảo sát, tra bảng Thủy tĩnh để

tìm các giá trị: TPC, LCB, LCF, TKM, LKM. Tương tự với bảng Đường cong hoành giao (Cross Curves Table), thu được giá trị KN.

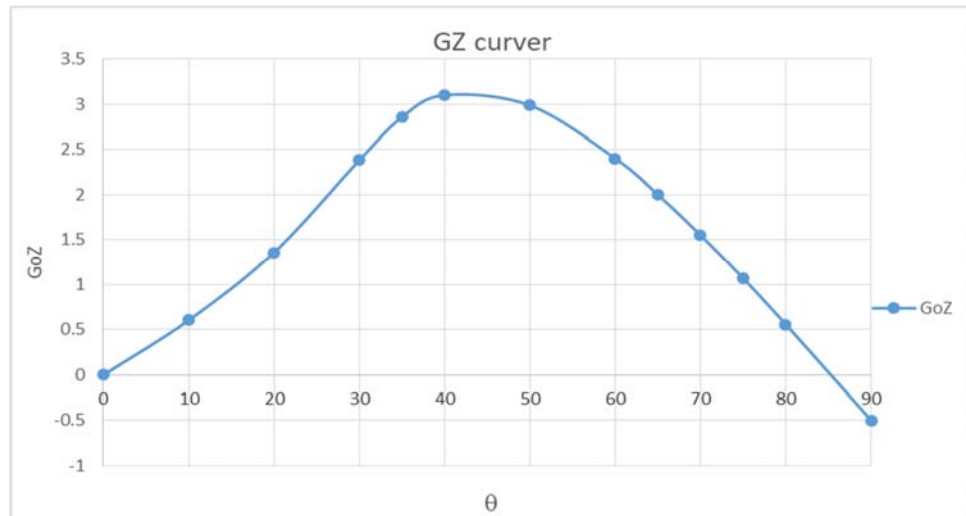
- Tính giá trị KG_0 (chiều cao trọng tâm tàu) từ giá trị TKM và giá trị G_0M (xác định từ chu kỳ lắc ngang của tàu) theo công thức:

$$KG_0 = TKM - G_0M \quad (2.23)$$

Trên cơ sở giá trị KG_0 tìm được, các giá trị G_0Z ở các góc nghiêng θ khác nhau được xác định qua công thức:

$$G_0Z = KN - KG_0 \sin \theta \quad (2.24)$$

- Tiến hành dựng đường cong cánh tay đòn ổn định tĩnh G_0Z tương ứng với các góc nghiêng $\theta = 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ, \dots, 90^\circ$ (Hình 2.13).



Hình 2.13: Đồ thị đường cong cánh tay đòn ổn định tĩnh

- Xác định các tham số để đánh giá tính ổn định của tàu theo tiêu chuẩn IMO [29], các tham số cần xác định:

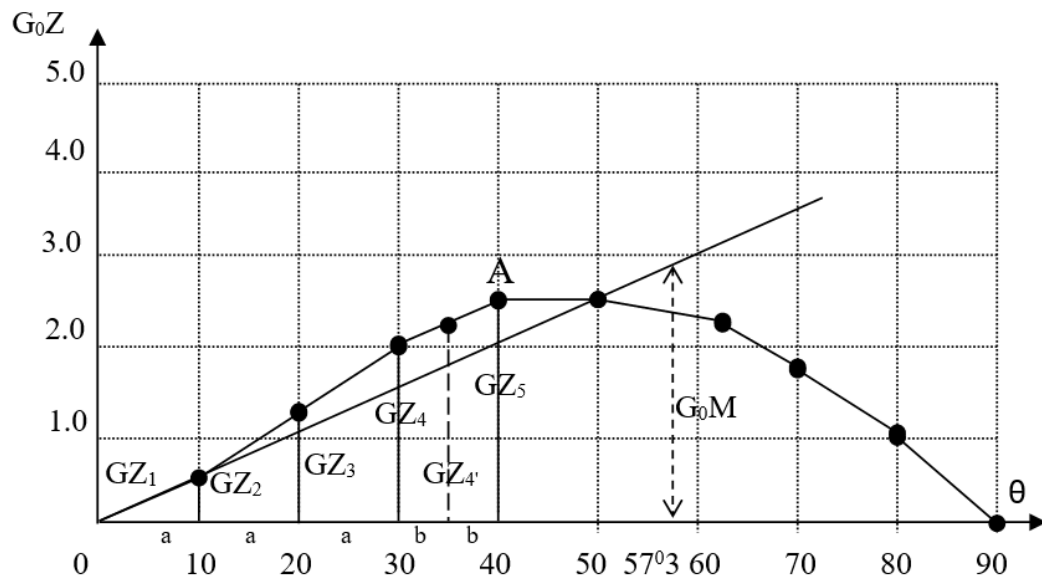
- + Diện tích dưới cánh tay đòn ổn định tĩnh (đường cong G_0Z) tính đến góc nghiêng 30°
- + Diện tích dưới cánh tay đòn ổn định tĩnh tính tới góc nghiêng 40° hoặc góc ngập nước nếu góc này nhỏ hơn 40° .
- + Phần diện tích dưới đường cong G_0Z nằm giữa góc nghiêng 30° và 40°

hoặc góc ngập nước nếu góc này nhỏ hơn 40° .

- + Độ lớn của cánh tay đòn G_0Z tại góc nghiêng bằng hoặc lớn hơn 30° .
- + Giá trị cực đại của G_0Z .
- + Chiều cao thể vững ban đầu sau khi đã hiệu chỉnh ảnh hưởng của mặt thoáng chất lỏng G_0M .

Từ Hình 2.14, ta dùng phương pháp tính tích phân đường cong sau khi tìm được phương trình đường cong G_0Z (hoặc dùng phương pháp gần đúng SIMPSON) để xác định các giá trị diện tích dưới đường cong như quy định của IMO nói trên và so sánh với các giá trị quy định của IMO tương ứng để đánh giá chung về tính ổn định của tàu ở thời điểm khảo sát.

Sử dụng quy tắc Simpson để tính diện tích phía dưới đường cong G_0Z



Hình 2.14: Diện tích dưới đường cong cánh tay đòn ổn định tĩnh

Sử dụng quy tắc Simpson số 2:

$$\begin{aligned} A(30^\circ) &= \frac{3}{8}a \times (GZ_1 + GZ_2 \times 3 + GZ_3 \times 3 + GZ_4) \text{ (m-độ)} \\ &= A(30^\circ) \text{ m-độ} / 57^\circ3 \text{ (m-rad)}. \end{aligned} \quad (2.25)$$

Sử dụng quy tắc Simpson số 1:

$$A(40^\circ) = \frac{a}{3} \times (GZ_1 + GZ_2 \times 4 + GZ_3 \times 2 + GZ_4 \times 4 + GZ_5) \text{ (m-độ)} \quad (2.26)$$

$$=A(40^{\circ}) \text{ m-độ}/57^{\circ}3 \text{ (m-rad)}.$$

Trong đó a là khoảng chia theo Hình 2.14 là 10° một. GZ_{1-5} là độ lớn của GZ tại các góc nghiêng $0^{\circ}, 10^{\circ}, 20^{\circ}, 30^{\circ}, 40^{\circ}$.

$$\begin{aligned} A(30^{\circ} - 40^{\circ}) &= \frac{b}{3} \times (GZ_4 + GZ_4' \times 4 + GZ_5) \text{ (m-độ)} \\ &= A(30^{\circ} - 40^{\circ}) \text{ m-độ}/57^{\circ}3 \text{ (m-rad)} \end{aligned} \quad (2.27)$$

Trong đó b là khoảng chia theo Hình 2.14 có giá trị 5° một. GZ_4, GZ_4', GZ_5 là độ lớn của GZ tại các góc nghiêng $30^{\circ}, 35^{\circ}, 40^{\circ}$.

Tương tự với các diện tích khác, các giá trị diện tích dưới đường cong tính được sẽ được so sánh với các giá trị quy định của IMO tương ứng để đánh giá chung về tính ổn định của tàu ở thời điểm khảo sát.

2.4. Kết luận chương 2

Để tính toán, đánh giá được các thông số ổn định tàu hàng rời theo thời gian thực thông qua chu kỳ lắc ngang của tàu, Chương 2 của đề tài luận án đã đạt được một số kết quả như sau:

- Tổng quan về chuyển động lắc của tàu, xác định các dạng chuyển động lắc của tàu và ảnh hưởng của chúng đến ổn định và an toàn của tàu;
- Xây dựng được thuật toán xác định chu kỳ lắc ngang theo thời gian thực từ giá trị góc nghiêng ngang thay đổi theo thời gian của tàu;
- Xây dựng được phương pháp tính toán các thông số đặc trưng cho ổn định nguyên vẹn của tàu hàng rời thông qua chu kỳ lắc ngang của nó. Ứng với mỗi giá trị chu kỳ lắc ngang, tính toán được giá trị chiều cao thể vũng (G_0M) và đường cong cánh tay đòn ổn định tĩnh (G_0Z) theo thời gian thực.

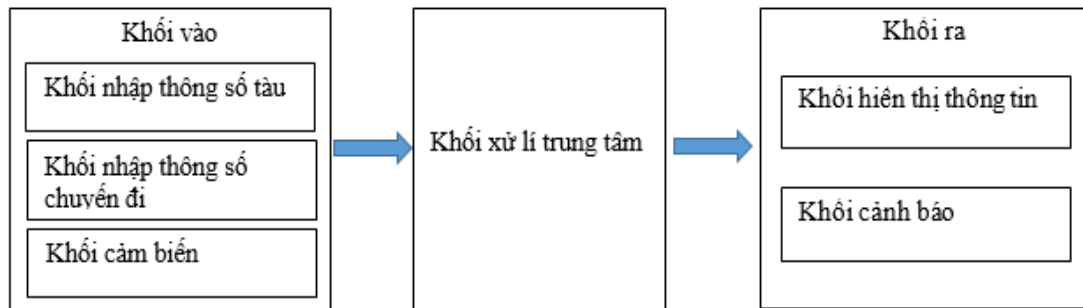
Các kết quả đạt được ở trên là cơ sở cho việc thiết kế, xây dựng hệ thống thông báo ổn định tàu hàng rời theo thời gian thực được thực hiện ở các nội dung tiếp theo của đề tài luận án.

CHƯƠNG 3. THIẾT KẾ VÀ XÂY DỰNG HỆ THỐNG THÔNG BÁO ỔN ĐỊNH TÀU HÀNG RỜI THEO THỜI GIAN THỰC

3.1. Mô hình kiến trúc hệ thống

3.1.1. Mô hình kiến trúc hệ thống

Trên cơ sở các nội dung đã phân tích trong Chương 1 và Chương 2, mô hình kiến trúc hệ thống thông báo ổn định tàu hàng rời theo thời gian thực được đề xuất:



Hình 3.1: Mô hình kiến trúc hệ thống thông báo ổn định tàu

Khối nhập thông số tàu: các bảng thông số của hồ sơ tàu phục vụ tính toán như: bảng thủy tĩnh, bảng đường cong hoành giao, bảng thông số kết, ...

Khối nhập thông số chuyển đi: Lượng dẫn nước (D)/món nước trung bình ban đầu (d) của tàu; Lượng tiêu thụ nhiên liệu, nước ngọt cho đến thời điểm khảo sát (Ct).

Khối cảm biến: sự kết hợp của các cảm biến gia tốc, cảm biến đo tín hiệu góc nghiêng, ...

Khối xử lý trung tâm: điều khiển hoạt động chung của hệ thống, tính toán các tham số: góc nghiêng, chu kỳ lắc ngang, các thông số ổn định của tàu, đánh giá ổn định tàu để đưa ra cảnh báo cho sỹ quan hàng hải.

Khối hiển thị thông tin: cho phép hiển thị theo thời gian thực các thông tin như: Chu kỳ lắc ngang, G_0M , đường cong G_0Z , bảng các giá trị của tham số ổn định của tàu ở thời điểm khảo sát theo tiêu chuẩn IMO, ...

Khởi lưu trữ: lưu trữ cơ sở dữ liệu tàu, thông tin ổn định tàu, ...

Khởi cảnh báo: bao gồm còi và đèn được sử dụng để cảnh báo cho sỹ quan thuyền viên biết khi các thông số ổn định của tàu nằm ngoài giá trị cho phép một cách trực quan.

3.1.2. Nguyên lý hoạt động

Khởi tạo hệ thống, các tham số tàu như: bảng thủy tĩnh, bảng đường cong hoành giao, bảng thông số các kết... cũng như giới hạn góc nghiêng, chu kỳ lắc ngang... sẽ được thiết lập.

Tiếp đến, các tham số chuyển đi như mớn nước, lượng giãn nước, lượng tiêu hao nước ngọt và nhiên liệu,... sẽ được khởi tạo.

Từ các cảm biến góc, cảm biến gia tốc, tín hiệu được gửi về Khởi xử lý trung tâm.

Tại Khởi xử lý trung tâm, tín hiệu góc nghiêng sẽ được sử dụng để xác định chu kỳ lắc ngang tổng hợp. Bằng các thuật toán, khối xử lý trung tâm tách ra được chu kỳ lắc ngang riêng của con tàu. Sự kết hợp của giá trị chu kỳ lắc ngang với các tham số tàu và tham số chuyển đi cho phép hệ thống tính toán các thông số ổn định của tàu và đưa ra các đánh giá dựa theo các tiêu chuẩn ổn định đối với tàu hàng rời được quy định bởi IMO một cách liên tục theo thời gian thực.

Các thông số ổn định của tàu được tính toán và đánh giá liên tục thông qua chu kỳ lắc ngang do hệ thống xác định được trong quá trình tàu bị lắc ngang. Các thông tin về ổn định của tàu và kết quả đánh giá ổn định được hiển thị theo thời gian thực trên màn hình thông qua Khởi hiển thị.

Trong trường hợp các thông số ổn định tàu nằm ngoài các tiêu chuẩn ổn định cho phép thì tín hiệu cảnh báo bằng âm thanh, ánh sáng và hình ảnh sẽ được gửi đến Thiết bị cảnh báo nhằm cảnh báo cho các sỹ quan, thuyền viên biết về việc ổn định của tàu đang bị suy giảm, từ đó có thể đưa ra các biện pháp đảm bảo ổn định cho tàu kịp thời.

3.2. Các yêu cầu đối với hệ thống

3.2.1. Yêu cầu về chức năng của hệ thống

Hệ thống hoạt động độc lập đối với các hệ thống, trang thiết bị khác trên buồng lái để không ảnh hưởng đến tính năng hoạt động thông thường của chúng.

Thiết bị trong hệ thống phải được kiểm định để đáp ứng các yêu cầu của tổ chức IMO hoặc tổ chức đăng kiểm nếu có.

Hệ thống phải cho phép người sử dụng cài đặt các thông số ban đầu của tàu để phục vụ cho việc tính toán.

Hệ thống phải có chức năng tính toán các thông số ổn định theo thời gian thực của tàu hàng rời thông qua chu kỳ lắc và đưa ra các cảnh báo bằng hình ảnh, âm thanh và ánh sáng để cảnh báo cho thuyền trưởng, sỹ quan nhận biết.

Màn hình hiển thị và bảng điều khiển cho phép người sử dụng điều chỉnh độ sáng tối để phù hợp với điều kiện hàng hải trên buồng lái.

Các âm thanh, ánh sáng cảnh báo đảm bảo không bị trùng lặp với các báo động của các hệ thống, trang thiết bị khác khi được lắp đặt trên tàu.

3.2.2. Phạm vi áp dụng của hệ thống

Hệ thống được áp dụng cho tàu hàng rời cụ thể.

Hệ thống thông báo ổn định tàu hàng rời theo thời gian thực cho sỹ quan hàng hải giới hạn ở những chức năng như:

- + Đo lường và hiển thị chu kỳ lắc ngang;
- + Hiển thị thông tin ổn định và xu hướng thay đổi giá trị ổn định;
- + Cảnh báo bằng hình ảnh, âm thanh và ánh sáng.

3.3. Xây dựng hệ thống phần cứng

3.3.1. Khối cảm biến

3.3.1.1. Cảm biến gia tốc góc

Cảm biến góc gia tốc góc là một hệ thống cảm biến chuyển động có tới 6 trục cảm biến bao gồm 3 con quay hồi chuyển (axis gyroscope), 3 gia tốc kế (axis accelerometer).

Cảm biến gia tốc góc có ba bộ chuyển đổi ADC (analog-to-digital) 16-bit để số hóa các đầu ra con quay hồi chuyển và ba ADC 16-bit để số hóa các đầu ra gia tốc kế. Để theo dõi chính xác cả chuyển động nhanh và chuyển động chậm, các bộ phận này có thang đo chính quy có thể lập trình được cho người sử dụng với phạm vi là ± 250 , ± 500 , ± 1.000 , và ± 2.000 độ/giây (dps) và một máy gia tốc kế có thể lập trình trong dải $\pm 2g$, $\pm 4g$, $\pm 8g$, và $\pm 16g$.

Ngoài ra, cảm biến gia tốc còn có 1 đơn vị tăng tốc phần cứng chuyên xử lý tín hiệu (Digital Motion Processor - DMP) do cảm biến thu thập và thực hiện các tính toán cần thiết. Điều này giúp giảm bớt đáng kể phần xử lý tính toán của vi điều khiển, cải thiện tốc độ xử lý và cho ra phản hồi nhanh hơn.

Hơn nữa, cảm biến có sẵn bộ đệm dữ liệu cho phép vi điều khiển phát lệnh cho cảm biến, và nhận về dữ liệu sau khi cảm biến tính toán xong.

Trong phạm vi của luận án, cảm biến gia tốc Module GY-521 6DOF [56] (Hình 3.2) được lựa chọn để xác định các chuyển động của tàu với các thông số chính như:

- Điện áp sử dụng: 3~5VDC
- Điện áp giao tiếp: 3~5VDC
- Chuẩn giao tiếp: I2C
- Giá trị Gyroscopes trong khoảng: ± 250 , ± 500 , ± 1.000 , và ± 2.000 độ/giây (dps)
- Giá trị Acceleration trong khoảng: $\pm 2g$, $\pm 4g$, $\pm 8g$, và $\pm 16g$



Hình 3.2: Cảm biến gia tốc Module GY-521 6DOF

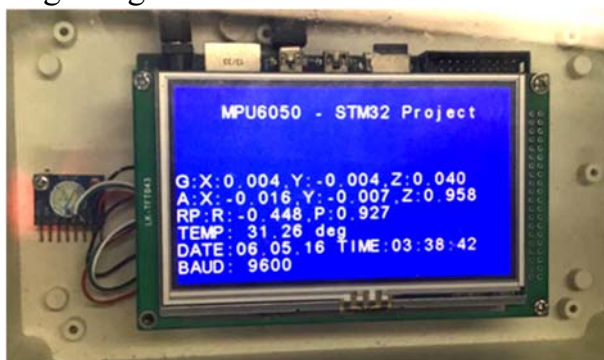
3.3.1.2. Thiết bị đo góc nghiêng tàu

Thiết bị đo góc nghiêng tàu được xem là một trong những bộ phận quan trọng nhất trong hệ thống, vì tín hiệu từ thiết bị sau khi đưa vào chương trình được xử lý bằng những thuật toán chuyên dụng sẽ cho ra kết quả chu kỳ lắc ngang của tàu. Do đó, thiết bị này đòi hỏi phải có độ chính xác cao thì kết quả tính toán mới đảm bảo độ tin cậy khi sử dụng để tính toán các thông số ổn định của tàu theo thời gian thực.

Để đánh giá độ tin cậy của thiết bị đo góc nghiêng tàu, nghiên cứu sinh đã tham khảo các yêu cầu của nghị quyết MSC.363(92) về Tiêu chuẩn thi hành đối với thiết bị đo nghiêng điện tử như sau [32], [52], [53]:

- Thiết bị đo độ nghiêng điện tử phải có khả năng đo góc nghiêng thực tế và xác định biên độ dao động lắc ngang của con tàu trên phạm vi ± 90 độ.
- Máy đo độ nghiêng điện tử phải có khả năng đo thời gian giữa các giá trị dao động lắc tối đa và xác định thời gian chu kỳ lắc trong phạm vi tối thiểu từ 4s đến 40s.
- Máy đo độ nghiêng điện tử phải cung cấp dữ liệu với độ chính xác đủ để đánh giá đúng trạng thái động của tàu. Độ chính xác tối thiểu của các phép đo phải là 5% giá trị đọc hoặc ± 1 độ, tùy theo giá trị nào lớn hơn đối với phép đo góc và 5% giá trị đọc hoặc ± 1 s, tùy theo giá trị nào lớn hơn cho phép đo thời gian.

Trong phạm vi của luận án, thiết bị đo góc nghiêng sử dụng chip MPU 6050 được lựa chọn (Hình 3.3). Các tính năng chính của chip MPU 6050 [56] được chỉ ra trong Bảng 3.1.



Hình 3.3: Thiết bị đo góc nghiêng sử dụng chip MPU 6050

Bảng 3.1: Các tính năng chính của chip MPU 6050

Con quay hồi chuyển (Gyroscope)	Gia tốc kế (Accelerometer)
- Tích hợp ADC 16 bit cho phép lấy dữ liệu đồng thời của các con quay hồi chuyển, với 16-bit ta sẽ có $2^{16} = 65.536$ giá trị cho 1 cảm biến. - Tăng độ chính xác và độ nhạy của cân bằng nhiệt độ giúp giảm sự hiệu chỉnh của người dùng. - Cải thiện hiệu suất và giảm nhiễu khi hoạt động ở tần số thấp. - Dòng hoạt động: 3,6mA - Dòng chờ: 5μA	- Tích hợp ADC 16 bit cho phép lấy dữ liệu đồng thời của các gia tốc kế, với 16-bit ta sẽ có $2^{16} = 65.536$ giá trị cho 1 cảm biến. - Dòng hoạt động: 500μA. - Dòng ở chế độ công suất thấp: 10μA ở 1,25Hz, 20μA ở 5Hz, 60μA ở 20Hz, 110μA ở 40Hz. - Phát hiện hướng và điều hướng. - Ngắt do người sử dụng tự lập trình. - Thêm một cổng I2C phụ để đọc dữ liệu từ các cảm biến bên ngoài. - Chịu shock 10.000g. - Bộ lọc kỹ thuật số do người sử dụng lập trình cho cảm biến con quay, cảm biến gia tốc, và cảm biến nhiệt độ. - Bộ đệm 1.024 bytes FIFO làm giảm tiêu thụ năng lượng.

Để đảm bảo các yêu cầu của IMO đối với thiết bị đo góc nghiêng tàu, thiết bị đo góc nghiêng sử dụng chip MPU 6050 đã được gửi đến Trung tâm kỹ thuật tiêu chuẩn đo lường chất lượng Hải Phòng để đánh giá và kết quả đo cho thấy đều thỏa mãn các yêu cầu về phép đo góc nghiêng và phép đo thời gian (Mục 7 của Phụ lục).

3.3.2. Khối xử lý trung tâm

Khối xử lý trung tâm với chức năng xử lý các thuật toán xác định chu kỳ lắc ngang và các công thức tính toán các thông số ổn định của tàu vì vậy có thể dùng máy tính (PC) hoặc các Vi điều khiển.

Với máy tính: khả năng xử lý, tính toán với tốc độ cao (GHz), giao tiếp với người dùng thân thiện qua màn hình, bàn phím và đặc biệt khả năng lưu trữ dữ liệu lớn.

Vi điều khiển: khả năng xử lý thấp, hạn chế trong giao tiếp với người dùng, khả năng lưu trữ dữ liệu nhỏ.

Trong phạm vi của luận án, nghiên cứu sinh lựa chọn máy tính PC với cấu hình:

- Bộ xử lý 2GHz (32-bit hoặc 64-bit);
- RAM 4GB (32-bit);
- Ổ cứng 120GB;
- Thiết bị đồ họa DirectX 9 với WDDM 1.0 hoặc ổ lớn hơn.

3.3.3. Khối hiển thị

Hiển thị thông tin theo thời gian thực: Chu kỳ lắc ngang; chiều cao thể vững; đồ thị chiều cao thể vững và cánh tay đòn ổn định tĩnh theo thời gian thực; bảng so sánh các thông số ổn định tàu hiện tại với tiêu chuẩn của Bộ luật IS-Code; đưa ra cảnh báo khi các thông số ổn định của tàu có xu hướng bị suy giảm. Bên cạnh màn hình hiển thị các thông số ổn định đi kèm với máy tính cá nhân, để hiển thị dữ liệu tại vi điều khiển, màn hình LCD 128x64 Wearable Lcd Screen cũng được sử dụng. Các thông số kỹ thuật của LCD bao gồm:

- Nguồn cấp 3,3V;
- Hiển thị: mono color;
- Cổng kết nối: COG, FPC, PCB;
- Kích thước: 400x290x255 mm.



Hình 3.4: Màn hình 128x64 Wearable LCD Screen

3.3.4. Khởi cảnh báo

Đưa ra cảnh báo bằng âm thanh, ánh sáng cho các sỹ quan biết khi các thông số ổn định (G_0M , G_0Z) của tàu nằm ngoài các tiêu chuẩn yêu cầu được quy định trong Bộ luật IS-Code hoặc khi đồ thị biểu diễn sự biến thiên các giá trị chiều cao thể vững (G_0M) theo thời gian thực của tàu có xu hướng bị suy giảm.

3.3.5. Hệ thống nhớ

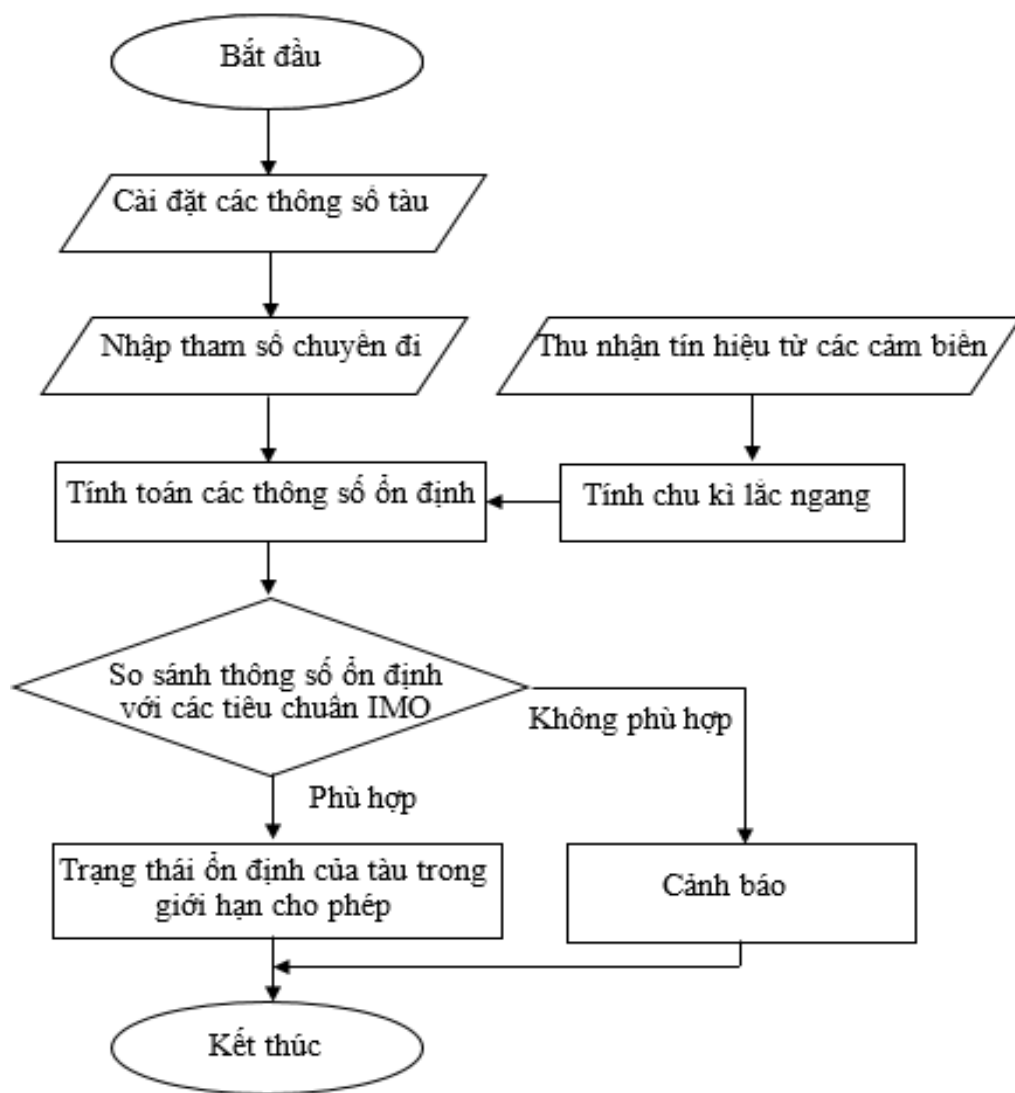
Trong quá trình hoạt động, các thông số cần phải được lưu trữ, vì vậy cần thiết phải có hệ thống nhớ nhằm đáp ứng tốt yêu cầu này. Trong phạm vi của luận án IC nhớ W9852G6Jh được sử dụng. W9852G6Jh là một SDRAM (Synchronous Dynamic Random Access Memory) với các thông số kỹ thuật:

- Điện áp cung cấp 3,3V;
- Tần số làm việc lên tới 200MHz;
- 4.194.304 Word nhớ 16 bit;
- Tốc độ ghi dữ liệu 200M Word/s.

3.4. Xây dựng chương trình phần mềm

3.4.1. Thuật toán điều khiển hệ thống

Như đã đề cập trong mục trước (Mục 3.1), từ mô hình kiến trúc và nguyên lý hoạt động của hệ thống, thuật toán điều khiển hệ thống được đề xuất (Hình 3.5):



Hình 3.5: Thuật toán điều khiển hệ thống thông báo ổn định tàu

Từ lưu đồ thuật toán có thể thấy quá trình xử lý tín hiệu trong hệ thống tập trung vào hai pha chính: Tính chu kỳ lắc ngang của tàu và các thông số ổn định tàu.

3.4.2. Xây dựng chương trình phần mềm tính toán thông số ổn định tàu thông qua chu kỳ lắc ngang

3.4.2.1 Cơ sở dữ liệu phục vụ cho việc xây dựng chương trình phần mềm hệ thống

Để tính toán được các thông số ổn định của tàu hàng rời thông qua chu

kỳ lắc ngang của tàu thì cần phải nhập các dữ liệu liên đến tính toán ổn định được cho trong Sổ tay ổn định và xếp tải của một con tàu hàng rời cụ thể. Các dữ liệu cần thiết để trình xây dựng phần mềm hệ thống là:

- Bảng tra G_0M từ chu kỳ lắc ngang của tàu (Bảng 2.1);
- Bảng thủy tĩnh (Bảng 2.2);
- Bảng đường cong hoành giao (Bảng 2.3);
- Chiều dài đường nước của tàu (L_{wl});
- Chiều rộng định hình (B);
- Bán kính quay (K).

3.4.2.2. Chương trình phần mềm tính toán chu kỳ lắc của tàu

Chương trình tính toán chu kỳ lắc của tàu là một hệ thống được tổ chức và kết hợp từ 3 bộ phận con cấu thành: Thiết bị đo góc nghiêng tàu (Mục 3.3.1.2); Ứng dụng đọc và phân tích dao động theo thời gian thực; Module hiển thị hoạt động động mô phỏng và trợ giúp điều khiển của người dùng. Kiến trúc của hệ thống được thể hiện chi tiết ở Hình 3.6.

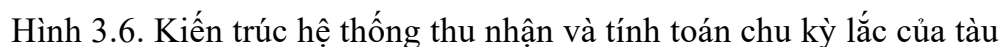
Trong đó:

- Thiết bị đo góc nghiêng tàu: là một bộ mạch được tích hợp một cảm biến nhạy với dao động. Thiết bị này liên tục đo đạc các thông số nghiêng trái phải, trước sau và gửi tín hiệu về máy tính phục vụ việc tính toán. Để thiết bị hoạt động hiệu quả, cần được gắn chặt và cố định với một mặt phẳng ngang sát với sàn tàu.

- Ứng dụng đọc và phân tích dao động theo thời gian thực: đọc và rời rạc hóa tín hiệu thể hiện góc nghiêng ngang của thân tàu, từ đó làm căn cứ để lọc loại bỏ nhiễu cũng như tìm tần số dao động lắc ngang của tàu theo thời gian thực.

- Module hiển thị hoạt động mô phỏng và trợ giúp điều khiển: gồm một thiết bị giúp việc hiển thị dữ liệu một cách trực quan. Trong trường hợp tối thiểu, module này được ghép nối cùng với “Ứng dụng đọc và phân tích dao động theo thời gian thực” thành một ứng dụng duy nhất.

a. Tổng quan



The diagram illustrates the structure of the `FDetector.exe` module. At the top is the `FDetector.exe` module icon. Below it, the `FDetector` module is shown, which contains several sub-modules: `FDetector.Models`, `FDetector.Components`, `FDetector.Models.Filters`, and `FDetector.Models.Sensors`. These sub-modules are interconnected with `FDetector.Properties` and `FDetector.Models.Signal`. Additionally, there are separate modules for `FDetector.Helpers` and `FDetector.Models.Presenter`. The diagram uses a color-coded system: blue for the main module and its direct sub-modules, and yellow for the sub-modules that are further divided into components or properties.

Hình 3.7. Sơ đồ liên kết các thành phần trong ứng dụng đọc & phân tích dao động lắc

- 71

- Filters: Chứa các lớp hỗ trợ việc làm mịn tín hiệu, lọc tách các nhiễu có năng lượng thấp khỏi tín hiệu.
- Models: Chứa các lớp tiện ích giúp việc tính toán số liệu, quản lý thông tin và hiển thị hiệu quả hơn.
- Components: Chứa các lớp tiện ích đảm bảo việc thu nhận, xử lý dữ liệu và hiển thị được tiến hành trong thời gian thực. Bằng cách phân chia thời gian hoạt động của các thành phần một cách xen kẽ, giúp cho hệ thống hoạt động một cách trơn tru (không bị giật hoặc delay).
- Presenter: Gồm các lớp thực thi nhiệm vụ biểu diễn, hiển thị trực quan hóa số liệu lên giao diện của chương trình.
- Helpers và Properties: Chứa các lớp giúp việc, hỗ trợ các đối tượng khác trong hệ thống.

Các thông số liên quan đến các thành phần của hệ thống được chấm điểm vào theo dõi trên công cụ hỗ trợ lập trình như trong Hình 3.8.

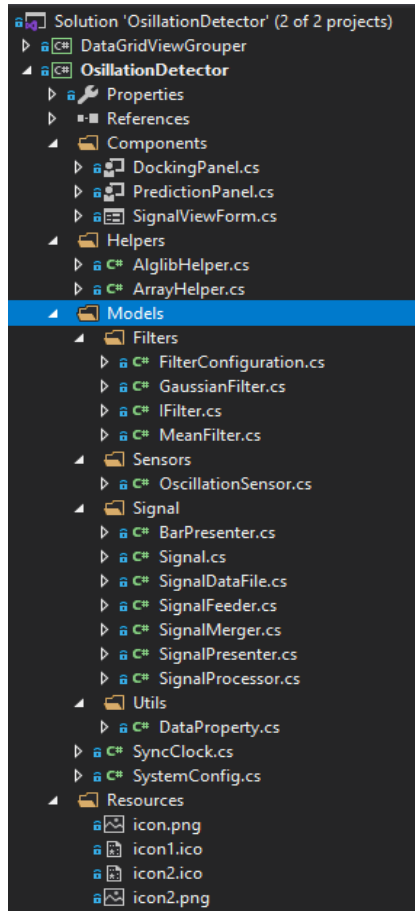
Hierarchy ▲		Maintainability Index	Cyclomatic Complexity	Depth of Inheritance	Class Coupling	Lines of Source code	Lines of Executable code
FDetector (Debug)	■	78	203	7	122	1,611	666
▷ FDetector	■	64	18	7	55	583	340
▷ FDetector.Components	■	68	18	7	39	190	59
▷ FDetector.Helpers	■	65	22	1	3	71	26
▷ FDetector.Models	■	89	9	1	1	61	15
▷ FDetector.Models.Filters	■	96	8	1	3	74	3
▷ FDetector.Models.Presenter	■	85	15	1	12	84	17
▷ FDetector.Models.Sensors	■	65	22	1	13	135	63
▷ FDetector.Models.Signal	■	85	77	1	12	268	110
▷ FDetector.Properties	■	76	14	3	14	145	33

Hình 3.8. Các thông số liên quan đến code được theo dõi bởi công cụ hỗ trợ Visual Studio

3.4.2.2.2. Môi trường phát triển và thử nghiệm phần mềm

Hệ thống được phát triển bằng ngôn ngữ lập trình C# trên nền .Net Framework 4.7 với các thông số được khai báo và điều chỉnh dễ dàng trên giao diện chính của ứng dụng. Hệ thống hỗ trợ hai chế độ làm việc offline khi không có sensor thu thập dữ liệu dao động và online khi có sensor thu thập trực tiếp dữ liệu dao động của tàu [15].

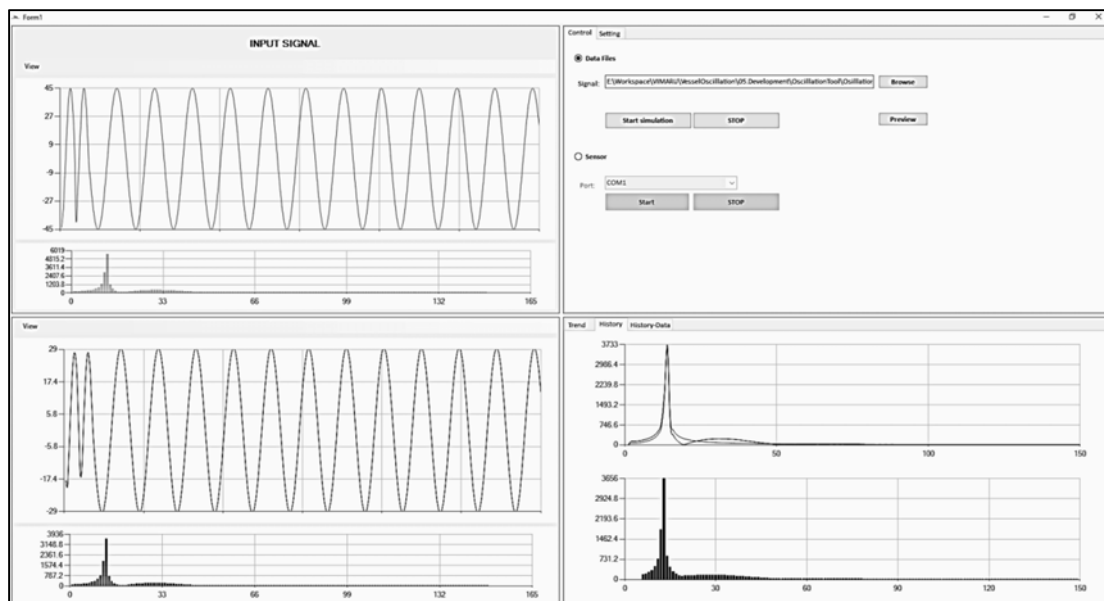
Toàn bộ hệ thống được xây dựng sử dụng bộ công cụ Microsoft Visual Studio 2017 (Bản Community), kết hợp với các plugin để đọc và giao tiếp với sensor.



Hình 3.9. Cấu trúc mã nguồn

Hình 3.9. Trình bày cấu trúc mã nguồn của chương trình được viết bằng ngôn ngữ C#. Công cụ Visual Studio 2017 (bản Community) được dùng để tổ chức xây dựng chương trình.

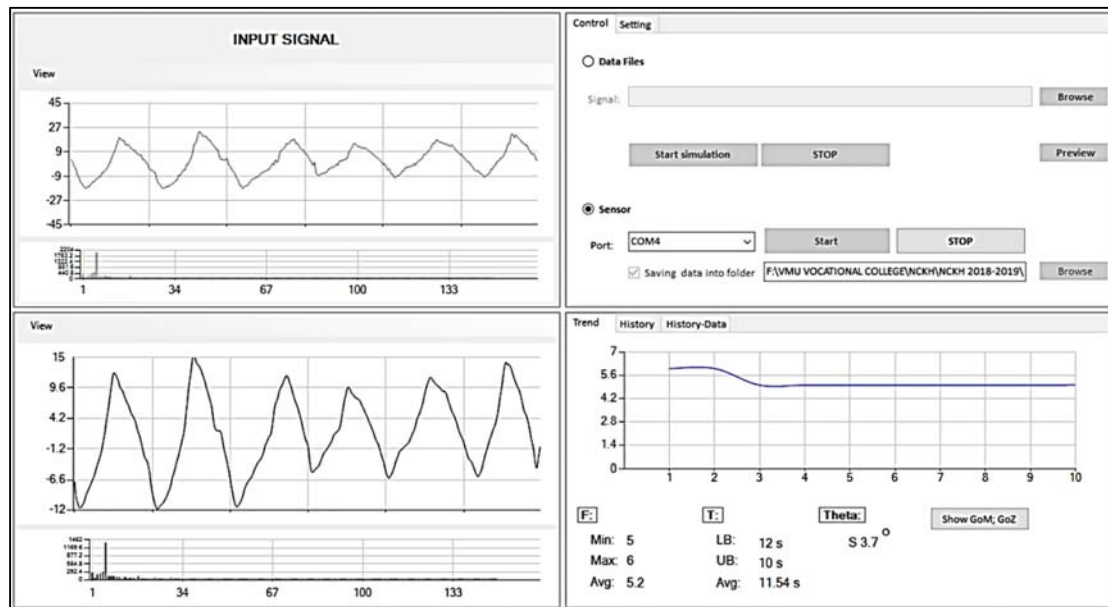
Hình 3.10. Trình bày cấu trúc Giao diện đồ họa chính của ứng dụng thu thập dao động và tính toán chu kỳ lắc của tàu. Các thành phần hiển thị và tính toán dữ liệu được phân lập trên các kênh riêng biệt, chỉ liên lạc với nhau khi cần qua kênh tin quy ước trước [19]. Việc này giúp cho hệ thống chạy được mượt mà không bị hiện tượng giật hay delay.



Hình 3.10. Cấu trúc giao diện đồ họa chính

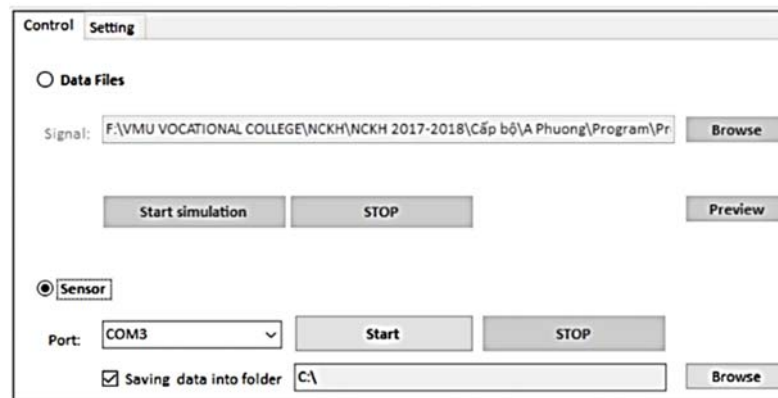
Trên cơ sở thuật toán và nền tảng ngôn ngữ lập trình đã được xác định ở các nội dung trình bày bên trên, phần mềm thông báo ổn định của tàu hàng rời thông qua chu kỳ lắc ngang được xây dựng, đảm bảo chức năng tính toán, hiển thị các thông tin ổn định và đánh giá trạng thái ổn định. Phần mềm được xây dựng cho một tàu hàng rời cụ thể.

3.4.2.3. Giao diện chính của chương trình



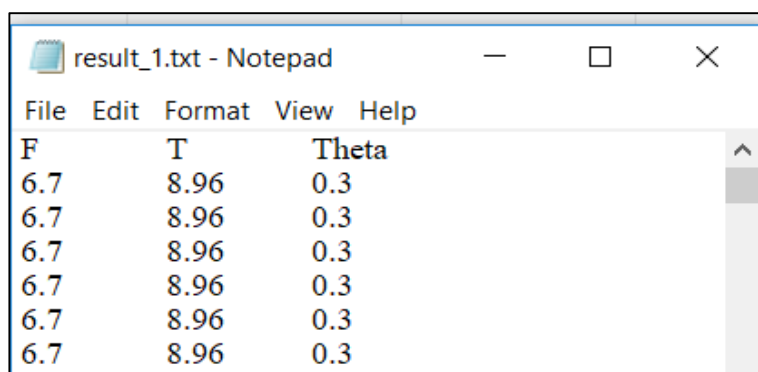
Hình 3.11: Giao diện chính của chương trình phần mềm

- Cửa sổ điều khiển (control): được sử dụng để khởi chạy chương trình sau khi đã hoàn tất các công tác chuẩn bị, cài đặt các thông số ban đầu và dừng chương trình khi cần thiết.



Hình 3.12: Cửa sổ điều khiển

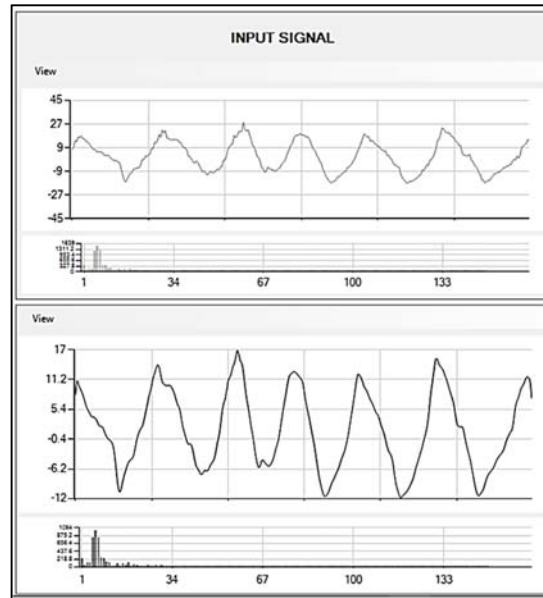
Trên cửa sổ điều khiển này có chức năng lưu trữ “Saving data” để cho phép người sử dụng lưu lại các dữ liệu về kỳ lắc ngang (T), số lần dao động lắc ngang (F) và góc nghiêng ngang (Theta) tại các thời điểm quan sát khác nhau, các giá trị này được lưu trữ tự động trong một tệp tin có định dạng *.txt ở thư mục đã được chỉ định từ trước trên máy tính.



F	T	Theta
6.7	8.96	0.3
6.7	8.96	0.3
6.7	8.96	0.3
6.7	8.96	0.3
6.7	8.96	0.3
6.7	8.96	0.3

Hình 3.13: Tệp kết quả lưu trữ tự động của Hệ thống

- Cửa sổ hiển thị tín hiệu đầu vào được lấy từ cảm biến lắp bên trong hệ thống. Khi tàu lắc ngang, cảm biến góc gia tốc sẽ hoạt động, tín hiệu nhận được từ cảm biến sẽ được phần mềm chuyển hóa thành các dao động và phổ năng lượng của dao động. Trục tung của đồ thị thể hiện biên độ của dao động lắc ngang. Còn biểu đồ phía dưới trục hoành là biểu diễn phổ năng lượng của các dao động lắc ngang. Trên cơ sở tín hiệu đưa vào từ cảm biến góc gia tốc và các thông số cài đặt ban đầu, phần mềm sẽ phân tích phổ năng lượng dao động khi tàu lắc ngang dưới tác động của sóng, gió. Do sóng, gió tác động ngẫu nhiên không tuân theo quy luật nên dao động lắc của tàu không phải dao động điều hòa mà thay đổi theo tác động của sóng, gió nên phổ năng lượng dao động lắc ngang cũng thay đổi theo. Phần mềm sẽ loại bỏ các dao động có năng lượng bất thường (Random) và chọn lọc các phổ năng lượng dao động lặp lại thường xuyên (Periodic) để xác định tần số dao động lắc ngang của tàu trong khoảng thời gian quan sát (Observation windows) đã cài đặt sẵn từ đó xác định được chu kỳ lắc ngang của tàu (như đã trình bày chi tiết trong Mục 2.2).



Hình 3.14: Cửa sổ hiển thị tín hiệu đầu vào

- Cửa sổ hiển thị kết quả đầu ra bao gồm các nội dung:
 - + Biểu đồ hiển thị giá trị chu kỳ dao động lắc ngang (T) của tàu: trục tung là góc nghiêng của tàu; trục hoành là trục thời gian. Giá trị chu kỳ lắc ngang của tàu sẽ được hiển thị sau khoảng thời đã đặt ở Cửa sổ quan sát (Observation windows).
 - + Góc nghiêng ngang của tàu “Theta”
 - + Giá trị trung bình chu kỳ lắc ngang tính toán được tại thời điểm quan sát “T”

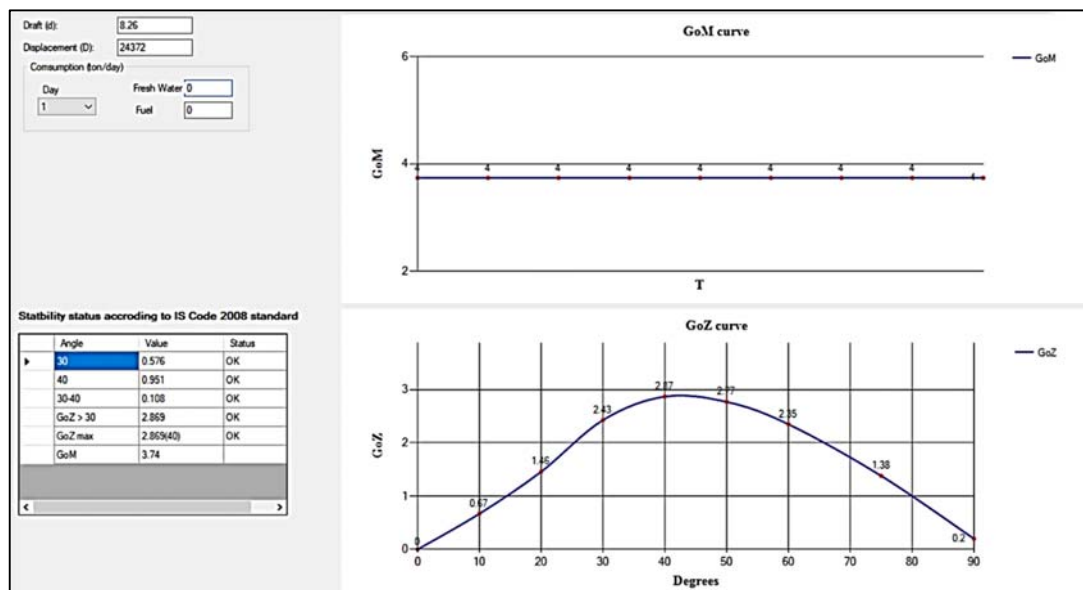


Hình 3.15: Cửa sổ hiển thị kết quả đầu ra

Sau khi có chu kỳ lắc ngang (T) được xác định tại mỗi thời điểm quan sát.

Thì hệ thống sẽ tự động tính toán các thông số ổn định của tàu tại thời điểm đó và đưa ra cảnh báo trong cửa sổ “Show GoM;GoZ” (Hình 3.16).

3.4.2.4. Giao diện hiển thị kết quả các thông số ổn định tàu tại thời điểm quan sát



Hình 3.16: Cửa sổ hiển thị các thông số ổn định tàu tại thời điểm quan sát

- Cửa sổ thông báo kết quả ổn định và đánh giá ổn định: đưa ra các giá trị liên quan đến việc đánh giá ổn định của tàu theo quy định của IMO như:

- + Diện tích phía dưới cánh tay đòn ổn định tính từ 0° đến 30° ;
- + Diện tích phía dưới cánh tay đòn ổn định tính từ 0° đến 40° ;
- + Diện tích phía dưới cánh tay đòn ổn định tính từ 30° đến 40° ;
- + Giá trị G_0Z , G_0M .

Stability status according to IS Code 2008 standard			
	Angle	Value	Status
►	30	0.576	OK
	40	0.951	OK
	30-40	0.108	OK
	GoZ > 30	2.869	OK
	GoZ max	2.869(40)	OK
	GoM	3.74	

Hình 3.17: Giao diện đánh giá ổn định tàu theo Bộ luật IS-2008

Ngoài ra trong giao diện hiển thị kết quả các thông số ổn định tàu còn có hình ảnh đồ thị biến thiên theo thời gian của G_0M và G_0Z để cho sỹ quan hàng hải đánh giá nhanh được xu hướng ổn định của tàu trong các khoảng thời gian tiếp theo.

3.4.2.5. Hướng dẫn nhập dữ liệu cho chương trình phần mềm hệ thống

- Cài đặt các thông số ban đầu:

Từ cửa sổ giao diện chính của chương trình (Hình 3.11), chọn Cửa sổ cài đặt chung “Setting” (Hình 3.18), tiến hành cài đặt thông số như ngưỡng chu kỳ lắc ngang (T- Threshold) và giới hạn góc nghiêng ngang của tàu (Rolling Amplitude) sao cho phù hợp với đặc tính góc nghiêng ngang và chu kỳ lắc ngang của tàu.

Hình 3.18: Cửa sổ cài đặt chung

- Nhập các thông tin chuyến đi (Hình 3.19):

Trước mỗi chuyến đi, sỹ quan cần nhập các thông số:

- + Mớn nước trung bình để phục vụ cho việc xác định lượng giãn nước;
- + Định mức tiêu thụ nhiên liệu, nước ngọt trong một ngày để phục vụ cho việc xác định lượng giãn nước tại thời điểm quan sát.

Hình 3.19: Giao diện nhập các thông số chuyến đi

3.5. Kết luận chương 3

Chương 3 của luận án tập trung nghiên cứu xây dựng phần cứng và phần mềm hệ thống đã đạt được các kết quả cơ bản sau:

- Xây dựng mô hình kiến trúc hệ thống, nguyên lý hoạt động và các yêu cầu đối với hệ thống thông báo ổn định tàu hàng rời theo thời gian thực, đây là cơ sở để triển khai xây dựng phần cứng và chương trình phần mềm của hệ thống;

- Xác định các bước cần thực hiện để xây dựng được một hệ thống hoàn chỉnh, đây là các bước bao trùm toàn bộ tiến trình thực hiện xây dựng, đánh giá và hiệu chỉnh hoàn thiện hệ thống;

- Lựa chọn được các thiết bị phần cứng của hệ thống thông báo ổn định tàu hàng rời theo thời gian thực như thiết bị đo góc nghiêng của tàu, cấu hình máy tính hệ thống, hệ thống thiết bị đầu vào và đầu ra của hệ thống;

- Thiết bị đo góc nghiêng tàu đã được Trung tâm kỹ thuật tiêu chuẩn đo lường chất lượng Hải Phòng đánh giá thỏa mãn các yêu cầu về phép đo góc nghiêng và phép đo thời gian. Việc đánh giá này đã làm tăng độ tin cậy của thiết bị, đảm bảo độ chính xác trong quá trình thực hiện các tính toán liên quan đến chu kỳ lắc ngang của tàu;

- Chương trình phần mềm thông báo ổn định tàu hàng rời theo thời gian thực đã được xây dựng trên cơ sở lưu đồ thuật toán được xác định từ trước, công nghệ nền tảng và các công cụ hỗ trợ phát triển hệ thống phần mềm, cơ sở lý thuyết liên quan đến việc tính toán và đánh giá các thông số ổn định của tàu.

Để thuận tiện cho việc thực nghiệm hệ thống thì chương trình phần mềm thông báo ổn định được xây dựng dựa trên các số liệu của một tàu hàng rời cụ thể, chương trình phần mềm đảm bảo được chức năng tính toán, hiển thị các thông tin ổn định và đánh giá trạng thái ổn định tàu theo các yêu cầu được quy định bởi Bộ luật IS Code 2008.

Công tác triển khai thực nghiệm hệ thống trên một tàu hàng rời cụ thể sẽ

không dễ dàng do yêu cầu về an toàn trong quản lý, khai thác, vận hành tàu, vì vậy cần phải tiến hành thực nghiệm sơ bộ hệ thống để kiểm tra, hoàn thiện hệ thống trước khi tiến hành thực nghiệm chính thức hệ thống trên các tàu hàng rời cụ thể.

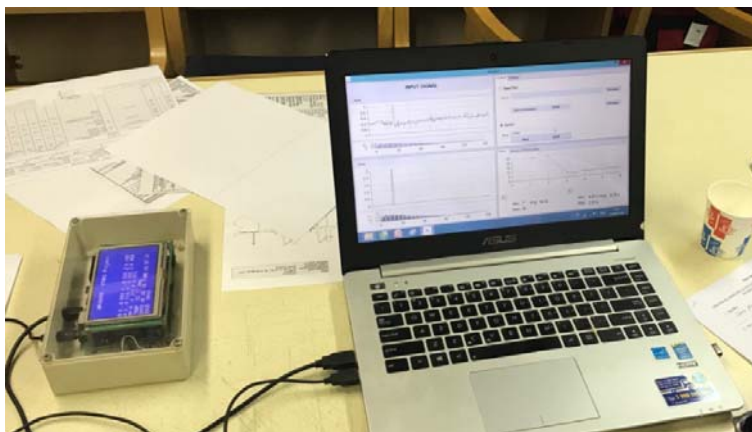
CHƯƠNG 4. THỰC NGHIỆM HỆ THỐNG THÔNG BÁO ỔN ĐỊNH TÀU HÀNG RỜI THEO THỜI GIAN THỰC

4.1. Bố trí hệ thống trên tàu thực nghiệm

4.1.1. Hệ thống thiết bị phục vụ cho công tác

Hệ thống thiết bị phục vụ cho công tác bao gồm:

- Máy tính đã cài đặt sẵn chương trình phần mềm tính toán ổn định tàu theo thời gian thực thông qua chu kỳ lắc ngang;
- Thiết bị đo góc nghiêng tàu đã được kiểm định và hiệu chuẩn.



Hình 4.1: Thiết bị đo góc nghiêng ngang kết nối với máy tính chạy phần mềm của hệ thống

Vị trí đặt thiết bị :

- Không gian trong buồng lái: đây là vị trí thuận lợi nhất cho việc thực nghiệm vì:
 - o Buồng lái là trung tâm điều khiển trên tàu có không gian quan sát tốt và có đồng hồ chỉ báo góc nghiêng giúp cho người dễ dàng quan sát và đếm chu kỳ lắc ngang của tàu.
 - o Đây là vị trí ở trên cao nên khi tàu lắc ngang thì cảm biến trong thiết bị đo góc nghiêng sẽ hoạt động tốt hơn mỗi khi xuất hiện các dao động lắc với biên độ nhỏ.

- Không gian khác: trong trường hợp không thể đặt thiết bị trên buồng lái thì các thiết bị phải được đặt tại các vị trí càng gần buồng lái càng tốt để có thể tận dụng được các ưu điểm như đã liệt kê ở trên.

Lưu ý trong quá trình đặt thiết bị :

- Vị trí đặt thiết bị phải là mặt phẳng nằm ngang và các thiết bị phải được giữ cố định, không được di chuyển trong suốt quá trình tiến hành để đảm bảo tính ổn định của hệ thống trong quá trình hoạt động;
- Vị trí đặt thiết bị đảm bảo không làm ảnh hưởng đến hoạt động điều khiển, vận hành, khai thác tàu của các sỹ quan, thuyền viên trên tàu.
- Nên đặt thiết bị ở khu vực thuận tiện cho việc quan sát chu kỳ lắc ngang của tàu như các khu vực gần cửa sổ quan sát hoặc gần thiết bị đo góc nghiêng của tàu.

4.1.2. Vận hành hệ thống

- Khởi động hệ thống:

Trước mỗi chuyến đi sỹ quan phụ trách kiểm tra các trang thiết bị buồng lái tiến hành kiểm tra và khởi động hệ thống thông báo ổn định của tàu hàng rời theo thời gian thực (Hệ thống này sẽ được lắp đặt trên buồng lái);

- Nhập dữ liệu cho phần mềm hệ thống (Mục 3.4.2.5)
- Theo dõi, giám sát hoạt động của hệ thống:
 - + Theo dõi, giám sát tín hiệu đầu vào nằm ở cửa sổ giao diện chính (Hình 3.11), đảm bảo hoạt động bình thường theo các thông số đã cài đặt;
 - + Theo dõi, giám sát kết quả đầu ra để đánh giá xu hướng thay đổi ổn định tàu mỗi khi tàu có hiện tượng lắc ngang với biên độ lớn, đặc biệt phải lưu ý đến các báo động bằng hình ảnh, âm thanh và ánh sáng (Hình 3.17).

4.2. Các bước tiến hành thực nghiệm

Sau khi đã lắp đặt hệ thống thông báo ổn định theo thời gian thực ở vị trí

phù hợp thì tiến hành các bước sau để hệ thống:

- Tiến hành khởi động hệ thống. Sau khoảng 5 phút, hệ thống chạy ổn định thì tiến hành ;

- Thực hiện nhiều lần (từ 7 đến 9 lần);

- Tiến hành theo các bước sau đây:

- o Người thực nghiệm cầm đồng hồ bấm giây quan sát kim chỉ báo góc nghiêng của tàu. Khởi động đồng hồ bấm giây khi bắt đầu đếm dao động của kim chỉ báo góc nghiêng (mỗi lần kim đi qua vị trí 0 thì được tính là 1 dao động). Theo cách này người quan sát sẽ biết được trong khoảng thời gian quan sát tàu đã thực hiện được bao nhiêu dao động. Bằng cách lấy thời gian quan sát tính bằng giây (lấy từ đồng hồ bấm giây) chia cho số lần dao động đếm được sẽ xác định được chu kỳ lắc ngang của tàu trong mỗi lần. Trường hợp không có thiết bị chỉ báo góc nghiêng thì quan sát mép các cửa sổ, mép mạn tàu so với mặt nước để đếm chu kỳ lắc ngang của tàu hoặc theo kinh nghiệm thực tiễn của sỹ quan hàng hải. Chu kỳ lắc quan sát (T) được xác định như sau: [1], [5]

$$T = \frac{\text{Thời gian quan sát}}{\text{Số dao động thực hiện được trong thời gian quan sát}} \quad (4.1)$$

- o Quan sát đồng thời màn hình máy tính kết nối với thiết bị. Ghi lại giá trị của chu kỳ lắc ngang được xác định nhờ thiết bị và chương trình máy tính trong mỗi lần.

- o Kết hợp với Đại phó của tàu để lấy kết quả tính toán chiều cao thể vũng G_0M và G_0Z của tàu tại thời điểm.

- So sánh các kết quả thu được:

- o So sánh chu kỳ lắc ngang được xác định bằng việc đếm dao động lắc ngang của tàu với chu kỳ lắc ngang do hệ thống tính toán;

- o So sánh giá trị G_0M do hệ thống tính toán được từ chu kỳ lắc ngang với giá trị G_0M do máy tính xếp tải trên tàu tính toán.

- Phân tích, đánh giá các kết quả thu được sau khi đã thực hiện phương

pháp so sánh ở trên.

4.3. Kết quả thực nghiệm trên một số tàu hàng rời

4.3.1. Thực nghiệm trên tàu Tàu hàng rời CHANG CHANG NAN HAI



Hình 4.2: Tàu hàng rời CHANG CHANG NAN HAI

4.3.1.1. Địa điểm

- Khu neo Cẩm Phả, Quảng Ninh.

4.3.1.2. Thông số đặc trưng của tàu [38]

- Tên tàu: CHANG CHANG NAN HAI.
- Loại tàu: chở hàng rời.
- Quốc tịch/cảng đăng ký: China/Taizhou.
- Chiều dài toàn bộ (LOA): 188,99 m;
- Chiều dài tính toán (Lpp): 185 m
- Chiều rộng định hình: 32,26 m
- Chiều cao mạn định hình: 18,0 m
- Mớn nước: 12,80 m
- Trọng tải: 57.033,8 MT

4.3.1.3. Tình trạng của tàu khi thực nghiệm

- Lượng dẫn nước: 32.845 tấn
- Mớn nước: 5,76 m
- Tư thế nghiêng, chúi: Không nghiêng ngang, chúi lái.
- Trạng thái hoạt động của tàu: Xếp hàng tại khu neo thuộc Cảng Cẩm

Phả, Quảng Ninh.

4.3.1.4. Kết quả đo chu kỳ lắc

Bảng 4.1: Số liệu thực nghiệm đo chu kỳ lắc tàu CHANG CHANG NAN HAI

TT	CHU KỲ LẮC QUAN SÁT (s)		CHU KỲ LẮC ĐO ĐƯỢC BẰNG THIẾT BỊ (s)	SAI LỆCH (s)	% SAI LỆCH
	T ₀	Cấp sóng tương ứng			
1	10,1	2-3	10,22	0,12	1,2
2	10,3	2-3	10,51	0,21	2,0
3	10,2	2-3	10,38	0,18	1,8
4	10,0	2-3	10,15	0,15	1,5
5	10,1	2-3	10,36	0,26	2,6
6	10,2	2-3	10,58	0,38	3,7
7	10,4	2-3	10,26	0,14	1,3
8	10,3	2-3	10,22	0,08	0,8
9	10,1	2-3	10,53	0,43	4,3

4.3.2. Thực nghiệm trên tàu hàng rời SERENE JUNIPER



Hình 4.3: Tàu hàng rời SERENE JUNIPER

4.3.2.1. Địa điểm

- Cảng Cẩm Phả, Quảng Ninh.
- Khu neo dành cho tàu hàng rời xếp dỡ hàng.

4.3.2.2. Thông số đặc trưng của tàu [39]

- Tên tàu: SERENE JUNIPER.
- Loại tàu: chở hàng rời.
- Quốc tịch/cảng đăng ký: Bahamas/ Nassau.
- Chiều dài toàn bộ (LOA): 190 m;
- Chiều dài tính toán (Lpp): 183,3 m
- Chiều rộng định hình: 32,26 m
- Chiều cao mạn định hình: 18,5 m
- Mớn nước: 13,00 m
- Trọng tải: 5.7185,10 MT

4.3.2.3. Tình trạng của tàu khi thực nghiệm

- Lượng dẫn nước: 27.246 tấn
- Mớn nước: 5,67 m
- Tư thế nghiêng, chúi: Không nghiêng ngang, chúi lái.
- Trạng thái hoạt động của tàu: Neo làm hàng (Xếp hàng) tại khu neo thuộc Cảng Cẩm Phả, Quảng Ninh.

4.3.2.4. Kết quả đo chu kỳ lắc

Bảng 4.2: Số liệu thực nghiệm đo chu kỳ lắc tàu SERENE JUNIPER

TT	CHU KỲ LẮC QUAN SÁT (s)		CHU KỲ LẮC ĐO ĐƯỢC BẰNG THIẾT BỊ (s)	SAI LỆCH (s)	% SAI LỆCH
	T ₀	Cấp sóng tương ứng			
1	9,20	2-3	9,23	0,03	0,33

TT	CHU KỲ LẮC QUAN SÁT (s)		CHU KỲ LẮC ĐO ĐƯỢC BẰNG THIẾT BỊ (s)	SAI LỆCH (s)	% SAI LỆCH
	T ₀	Cấp sóng tương ứng			
2	9,10	2-3	9,48	0,38	4,18
3	9,30	2-3	9,25	0,05	0,54
4	9,00	2-3	9,30	0,30	3,33
5	9,10	2-3	9,36	0,26	2,86
6	9,20	2-3	9,40	0,20	2,17
7	9,40	2-3	9,28	0,12	1,28
8	9,30	2-3	9,32	0,02	0,22
9	9,00	2-3	9,45	0,45	5,00

4.3.3. Thực nghiệm trên tàu hàng rời LI DIAN 3

Tàu hàng rời LI DIAN 3 thuộc sự quản lý của Công ty Trách nhiệm Hữu hạn Thương mại và Vận tải Than JIANGJIN LIDIAN, Trung Quốc. Thời điểm thực nghiệm khi tàu đang làm hàng tại vùng neo Cẩm phả, Quảng Ninh.



Hình 4.4: Tàu hàng rời LI DIAN 3

4.3.3.1. Thông số đặc trưng của tàu[40]

- Tên tàu: LI DIAN 3
- Loại tàu: chở hàng rời
- Quốc tịch/cảng đăng ký: CHINA/ JIANGJIN
- Chiều dài toàn bộ (LOA): 189,99 m
- Chiều dài tính toán (Lpp): 185 m
- Chiều rộng định hình: 32,26 m
- Chiều cao mạn định hình: 18,0 m
- Mớn nước: 12,8 m
- Trọng tải: 67.681,1 MT

4.3.3.2. Tình trạng của tàu khi thực nghiệm

- Lượng dẫn nước: 67.732,5 MT
- Mớn nước: 12,88 m
- Tư thế nghiêng, chúi: Không nghiêng ngang, chúi mũi với trim -0,01m.
- Trạng thái của tàu: Neo làm hàng tại khu neo Cẩm phả, Quảng Ninh

4.3.3.3. Kết quả đo chu kỳ lắc

Bảng 4.3: Số liệu thực nghiệm đo chu kỳ lắc ngang tàu LI DIAN 3

TT	CHU KỲ LẮC QUAN SÁT (s)		CHU KỲ LẮC ĐO ĐƯỢC BẰNG HỆ THỐNG (s)	SAI LỆCH (s)	% SAI LỆCH
	T ₀	Cấp sóng tương ứng			
1	9,40	2-3	9,50	0,10	1,06
2	9,30	2-3	9,49	0,19	2,08
3	9,10	2-3	9,44	0,34	3,73

TT	CHU KỲ LẮC QUAN SÁT (s)		CHU KỲ LẮC ĐO ĐƯỢC BẰNG HỆ THỐNG (s)	SAI LỆCH (s)	% SAI LỆCH
	T ₀	Cấp sóng tương ứng			
4	9,50	2-3	9,43	0,07	0,77
5	9,80	2-3	9,47	0,33	3,34
6	9,60	2-3	9,48	0,12	1,25
7	9,20	2-3	9,46	0,26	2,86

4.3.4. Thực nghiệm trên tàu LUCKY STAR

Tàu hàng rời LUCKY STAR thuộc sự quản lý của Tổng công ty cổ phần vận tải biển Việt Nam – VOSCO. Thời điểm thực nghiệm khi tàu đang làm hàng tại vùng neo Cẩm phá, Quảng Ninh.

Hệ thống được xây dựng hoàn thiện theo hồ sơ tàu LUCKY STAR, do đó Hệ thống đã ghi nhận được đầy đủ các thông số ổn định của tàu thông qua chu kỳ lắc trong quá trình tàu làm hàng.



Hình 4.5: Tàu hàng rời LUCKY STAR

4.3.4.1. Thông số đặc trưng của tàu [41]

- Tên tàu: LUCKY STAR
- Loại tàu: chở hàng rời
- Quốc tịch/cảng đăng ký: Việt Nam/ Hải Phòng
- Chiều dài toàn bộ (LOA): 153,2 m
- Chiều dài tính toán (Lpp): 143 m
- Chiều rộng định hình: 26 m
- Chiều cao mạn định hình: 13,75 m
- Mớn nước: 9,517 m
- Trọng tải: 22.776,82 MT

4.3.4.2. Tình trạng của tàu khi thực nghiệm

- Lượng dẫn nước: 24.317 tấn
- Mớn nước: 8,26 m
- Lượng tiêu thụ nước ngọt khi chạy biển: 7MT
- Lượng tiêu thụ nhiên liệu khi chạy biển: 19 MT
- Tư thế nghiêng, chúi: Không nghiêng ngang; chúi lái với trim 0,04 m.
- Trạng thái hành trình của tàu: Neo tại khu neo Cẩm phả, Quảng Ninh

4.3.4.3. Kết quả đo chu kỳ lắc

Bảng 4.4: Số liệu thực nghiệm đo chu kỳ lắc tàu LUCKY STAR

TT	CHU KỲ LẮC QUAN SÁT (s)		CHU KỲ LẮC ĐO ĐƯỢC BẰNG HỆ THỐNG (s)	SAI LỆCH (s)	% SAI LỆCH
	T ₀	Cấp sóng tương ứng			
1	10,40	2-3	10,22	0,18	1,73
2	10,30	2-3	10,47	0,17	1,65
3	9,90	2-3	10,26	0,36	3,64

TT	CHU KỲ LẮC QUAN SẮT (s)		CHU KỲ LẮC ĐO ĐƯỢC BẰNG HỆ THỐNG (s)	SAI LỆCH (s)	% SAI LỆCH
	T_0	Cấp sóng tương ứng			
4	10,50	2-3	10,24	0,26	2,48
5	10,80	2-3	10,56	0,24	2,22
6	9,80	2-3	10,15	0,35	3,57
7	10,20	2-3	10,38	0,18	1,76

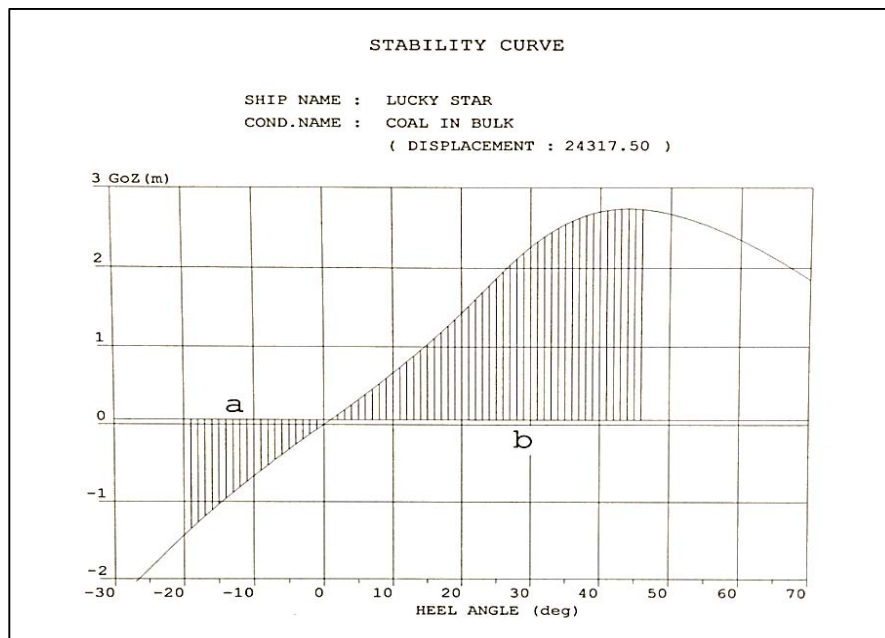
4.3.4.4. Kết quả xác định G_0M , đường cong G_0Z [41]

Bảng 4.5: Số liệu thực nghiệm xác định G_0M tàu LUCKY STAR

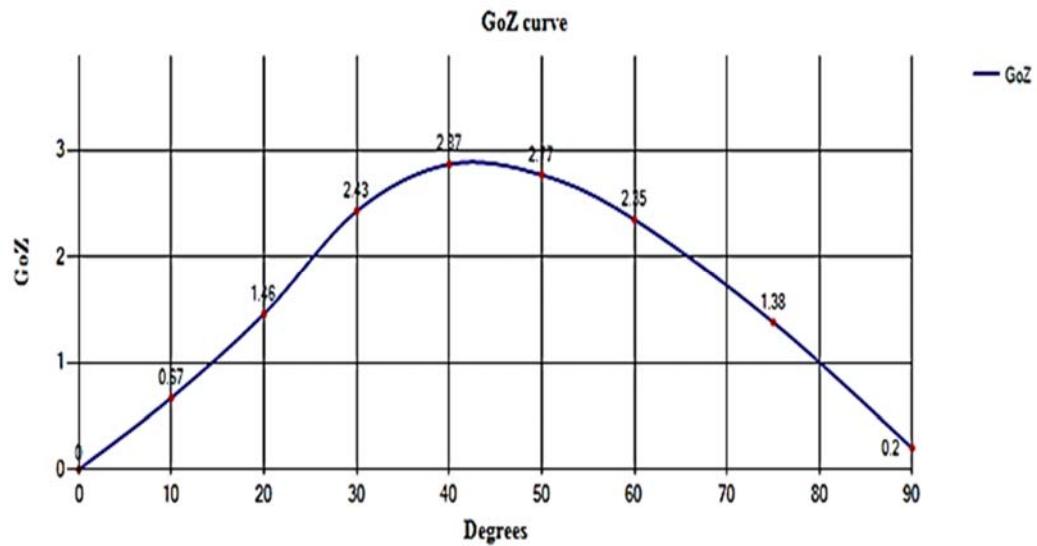
TT	CHU KỲ LẮC ĐO ĐƯỢC BẰNG THIẾT BỊ (s)	G_0M (m) Theo chu kỳ lắc đo được bằng thiết bị	G_0M (m) Theo phần mềm xếp dỡ hàng của tàu được đăng kiểm phê duyệt	SAI LỆCH (m)	% SAI LỆCH
1	10,22	3,82	3,73	0.090	2,41
2	10,47	3,64	3,73	0.090	2,41
3	10,26	3,79	3,73	0,06	1,61
4	10,24	3,80	3,73	0,07	1,88
5	10,56	3,57	3,73	0,16	4,29
6	10,15	3,87	3,73	0,14	3,75
7	10,38	3,71	3,73	0,02	0,54

Bảng 4.6: Số liệu thực nghiệm xác định đặc tính đường cong G_0Z tàu LUCKY STAR (Mục 10, phần Phụ lục)

Tiêu chuẩn ổn định (IS Code 2008)	Theo tính toán từ phần mềm xếp dỡ hàng của tàu được đăng kiểm phê duyet	Theo hệ thống xác định
Diện tích 0 - 30 ⁰ (m-rad)	0,563	0,576
Diện tích 30 ⁰ - 40 ⁰ (m-rad)	0,441	0,452
Diện tích 0 - 40 ⁰ (m-rad)	1,003	1,016
$G_0Z_{\max}$ (m)	2,74	2,87
Góc nghiêng đạt $G_0Z_{\max}$ (độ)	44,00	42,00



Hình 4.6: Đường cong G_0Z theo tính toán từ phần mềm xếp dỡ hàng của tàu LUCKY STAR được đăng kiểm phê duyệt (Mục 10, phần Phụ lục)



Hình 4.7: Đường cong G_0Z theo tính toán từ hệ thống đã xây dựng cho tàu LUCKY STAR (Mục 10, phần Phụ lục)

4.3.5. Thực nghiệm trên tàu hàng rời BMC BRAVO

Tàu hàng rời BMC BRAVO thuộc sự quản lý của Công ty CP VTB Quốc tế Bình Minh. Thời điểm thực nghiệm khi tàu đang hành trình từ Cửa Lò- Nghệ An đi Quảng Ninh. Trong lần thực nghiệm này, nghiên cứu sinh đã tiến hành xác định thông số ổn định của tàu GoM thông qua chu kỳ lắc ngang trong quá trình tàu tiến hành trao đổi nước dần.



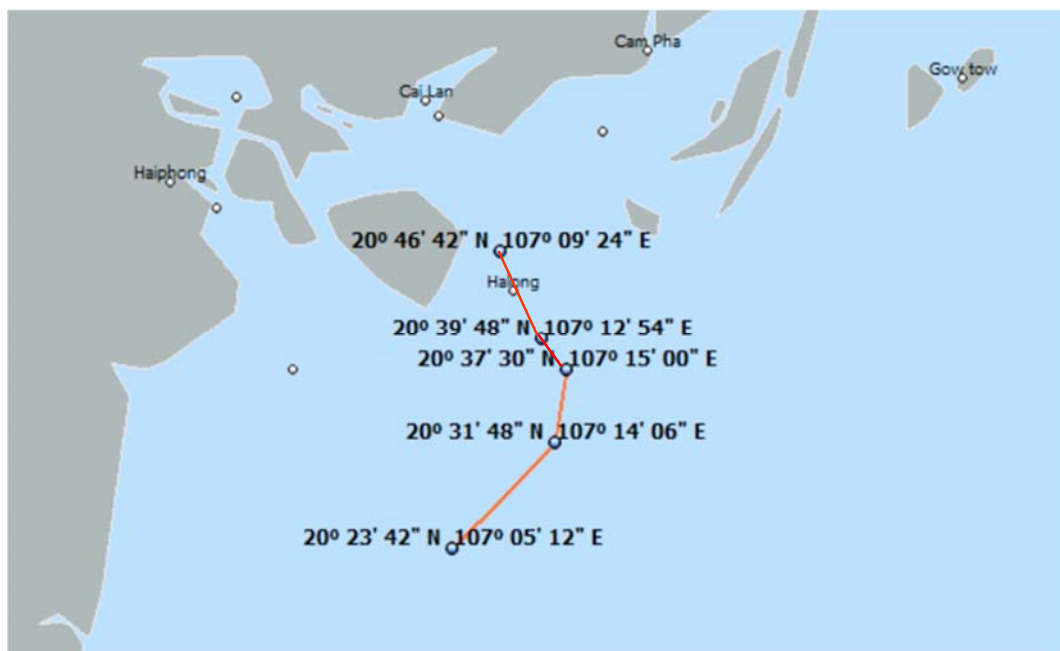
Hình 4.8: Tàu hàng rời BMC BRAVO

4.3.5.1. Thông số đặc trưng của tàu[42]

- Tên tàu: BMC BRAVO
- Quốc tịch/cảng đăng ký: Panama/Panama
- Chiều dài toàn bộ (LOA): 97,61 m
- Chiều dài tính toán (Lpp): 89,95 m
- Chiều rộng: 18,8 m
- Chiều cao mạn định hình: 13,00 m
- Mớn nước: 9,21 m
- Trọng tải: 9.430 MT

4.3.5.2. Tình trạng của tàu khi thực nghiệm

- Lượng dẫn nước: 10.383 tấn
- Mớn nước: 8,00 m
- Lượng tiêu thụ nước ngọt khi chạy biển: 5MT
- Lượng tiêu thụ nhiên liệu khi chạy biển: 13 MT
- Tư thế nghiêng, chúi: Không nghiêng ngang; chúi lái với trim 0,01 m.
- Trạng thái hành trình của tàu: Hành trình từ Cửa Lò đi Quảng Ninh.



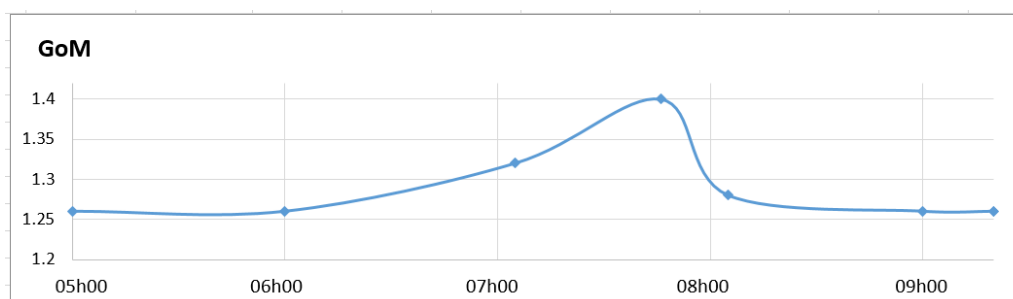
Hình 4.9: Khu vực tàu hành trình trong khi tiến hành thực nghiệm hệ thống

4.3.5.3. Kết quả thực nghiệm trong quá trình tàu trao đổi nước dần

Bảng 4.7: Chu kỳ lắc ngang và G_0M trong quá trình tàu trao đổi nước dần trên tàu BMC BRAVO (Mục 11, phần Phụ lục)

TT	Thời gian/ vị trí	Chu kỳ lắc quan sát T_0 (s) (đo bằng tay)		Chu kỳ lắc chỉ báo trên hệ thống T_s (s)	Giá trị G_0M Theo phần mềm xếp dỡ hàng của tàu (m)	Ghi chú hoạt động bơm ballast	
		T_0 (s)	Cấp sóng			Tên kết ballast	Khối lượng nước ballast trong kết
Lần 1 Khi chưa bơm ballast vào	Ngày: 28/03/2019 Giờ: 06h00m Vĩ độ: 20°23.7N Kinh độ: 107°05.2E	14,5	3	14,81	1,26	WBT 5P/S	03T
Lần 2 Khi đang bơm nước ballast vào	Ngày: 28/03/2019 Giờ: 07h05m, Vĩ độ: 20°31,8N Kinh độ: 107°14,1E	14,4	3	14,64	1,32	WBT 5P/S	80T
Lần 3 Khi đã bơm đủ lượng nước ballast vào	Ngày: 28/03/2019 Giờ: 07h46m, Vĩ độ: 20°37,5N Kinh độ: 107°15,0E	14,8	3	14,25	1,40	WBT 5P/S	200T

TT	Thời gian/ vị trí	Chu kỳ lắc quan sát T_0 (s) (đo bằng tay)		Chu kỳ lắc chỉ báo trên hệ thống T_s (s)	Giá trị G_0M Theo phần mềm xếp dỡ hàng của tàu (m)	Ghi chú hoạt động bơm ballast	
		$T_0(s)$	Cấp sóng			Tên kết ballast	Khối lượng nước ballast trong kết
Lần 4 Khi đang bơm nước ballast ra	Ngày: 28/03/2019 Giờ: 08h05m, Vĩ độ: 20°39,8N Kinh độ: 107°12,9E	15,1	3	14,7 5	1,28	WBT 5P/S	40T
Lần 5 Khi kết thúc bơm nước ballast ra	Ngày: 28/03/2019 Giờ: 09h00m, Vĩ độ: 20°46,7N Kinh độ: 107°09,4E	14,6	3	14,80	1,26	WBT 5P/S	06 T



Hình 4.10: Đồ thị biến thiên G_0M theo thời gian khi tàu thay đổi nước dần

Từ số liệu thu thập được trong Bảng 4.7, có thể lập bảng so sánh giữa chu kỳ lắc quan sát được (T_0) với chu kỳ lắc chỉ báo trên hệ thống (T_s) cũng như lập bảng so sánh giữa G_0M được xác định theo chu kỳ lắc chỉ báo trên hệ thống và G_0M được tính toán từ phần mềm xếp dỡ trên tàu đã được đăng kiểm phê duyệt, cụ thể như sau:

Bảng 4.8: So sánh số liệu thực nghiệm đo chu kỳ lắc tàu BMC BRAVO

TT	CHU KỲ LẮC QUAN SÁT (s)		CHU KỲ LẮC ĐO ĐƯỢC BẰNG HỆ THỐNG, T_s (s)	SAI LỆCH (s)	% SAI LỆCH
	T_0	Cấp sóng tương ứng			
1	14,5	3	14,81	0,31	2,14
2	14,4	3	14,64	0,24	1,67
3	14,8	3	14,25	0,55	3,72
4	15,1	3	14,75	0,35	2,32
5	14,6	3	14,80	0,20	1,37

Bảng 4.9: So sánh G_0M theo chu kỳ lắc đo bằng thiết bị và G_0M theo chương trình máy tính xếp tải của tàu BMC BRAVO (Mục 11, phần Phụ lục)

TT	CHU KỲ LẮC ĐO ĐƯỢC BẰNG HỆ THỐNG (s)	G_0M (m) được xác định từ chu kỳ lắc ngang	G_0M (m) Theo phần mềm xếp dỡ hàng của tàu được đăng kiểm phê duyệt	SAI LỆCH (m)	% SAI LỆCH
1	14,81	1,24	1,26	0,02	1,59
2	14,64	1,27	1,32	0,05	3,78
3	14,25	1,34	1,40	0,06	4,29
4	14,75	1,25	1,28	0,03	2,34
5	14,80	1,24	1,26	0,02	1,59

4.3.6. Thực nghiệm trên tàu hàng rời TÂN BÌNH 234



Hình 4.11: Tàu hàng rời TÂN BÌNH 234

4.3.6.1. Địa điểm

Tàu hành trình từ trong Nosco Dock đến Cẩm Phả, Quảng Ninh rồi đi Vĩnh Tân, Bình Thuận.

4.3.6.2. Thông số đặc trưng của tàu

- Tên tàu: TÂN BÌNH 234
- Loại tàu: chở hàng rời
- Quốc tịch/cảng đăng ký: Việt Nam/ Hải Phòng
- Chiều dài toàn bộ (LOA): 177 m
- Chiều dài tính toán (Lpp): 168,5 m
- Chiều rộng định hình: 28,4 m
- Chiều cao mạn định hình: 14,25 m
- Mớn nước: 10,02 m
- Trọng tải: 32.936 MT

4.3.6.3. Tình trạng của tàu khi thực nghiệm

Lượng dẫn nước: 39.675,16 tấn

Mớn nước: 10,02 m

Tư thế nghiêng, chúi: Không nghiêng ngang; không chúi với trim 0,0 m.

Trạng thái hoạt động của tàu: Hành trình từ trong Nosco Dock đi Cẩm

Phả, Quảng Ninh rồi đến Vĩnh Tân, Bình Thuận.

4.3.6.4. Kết quả đo chu kỳ lắc

Bảng 4.10: Số liệu thực nghiệm đo chu kỳ lắc tàu TÂN BÌNH 234 (Mục 12, phần Phụ lục)

TT	CHU KỲ LẮC QUAN SÁT (s)		CHU KỲ LẮC ĐO ĐƯỢC BẰNG THIẾT BỊ (s)	SAI LỆCH (s)	% SAI LỆCH
	T ₀	Cấp sóng tương ứng			
1	11,1	5-6	10,91	0,19	1,71
2	10,7	5-6	10,86	0,16	1,50
3	11,2	5-6	11,03	0,17	1,52
4	11,4	5-6	11,17	0,23	2,02
5	11,6	5-6	11,21	0,39	3,36
6	10,9	5-6	11,08	0,18	1,65
7	11,3	5-6	11,15	0,15	1,33

4.3.6.5. Kết quả xác định G₀M

Bảng 4.11: Số liệu thực nghiệm xác định G₀M tàu TÂN BÌNH 234 (Mục 12, phần Phụ lục)

TT	CHU KỲ LẮC ĐO ĐƯỢC BẰNG THIẾT BỊ (s)	G ₀ M (m) Theo chu kỳ lắc đo được bằng thiết bị	G ₀ M (m) Theo phần mềm xếp dỡ hàng của tàu được đăng kiểm phê duyệt	SAI LỆCH (m)	% SAI LỆCH
1	10,91	3,62	3,59	0,03	0,84
2	10,86	3,65	3,59	0,06	1,67
3	11,03	3,55	3,59	0,04	1,11

TT	CHU KỲ LẮC ĐO ĐƯỢC BẰNG THIẾT BỊ (s)	G ₀ M (m) Theo chu kỳ lắc đo được bằng thiết bị	G ₀ M (m) Theo phần mềm xếp dỡ hàng của tàu được đăng kiểm phê duyệt	SAI LỆCH (m)	% SAI LỆCH
4	11,17	3,46	3,59	0,13	3,62
5	11,21	3,43	3,59	0,16	4,46
6	11,08	3,52	3,59	0,07	1,95
7	11,15	3,47	3,59	0,12	3,34

4.3.7. Đánh giá kết quả thực nghiệm

Trên cơ sở các số liệu thực nghiệm đã thu thập được từ 06 tàu hàng rời như trên, có một số nhận xét sau:

- Sai lệch đo chu kỳ lắc ngang của tàu bằng hệ thống và bằng quan sát dưới 1s.
- Sai lệch giá trị G₀M được xác định bằng hệ thống và bằng phần mềm xếp dỡ hàng của tàu được đăng kiểm phê duyệt dưới 5%.
- Hệ thống hiển thị một cách tự động sự thay đổi của chu kỳ lắc ngang và giá trị G₀M trong quá trình bơm, xả nước dẫn tàu.

Kết quả trên cho thấy hệ thống hoạt động ổn định, tin cậy.

4.4. Kết luận chương 4

Chương 4 của luận án tập trung nghiên cứu thực nghiệm để kiểm chứng kết quả chính được đề cập trong Chương 3 của luận án. Việc nghiên cứu thực nghiệm được tiến hành trên các tàu hàng rời hoạt động trên biển. Kết quả đã đạt được của Chương 4 cụ thể như sau:

- Đưa ra các hướng dẫn, yêu cầu và lưu ý khi lắp đặt hệ thống thông báo ổn định theo thời gian thực trên tàu thực nghiệm. Xây dựng các bước cần thực

hiện trong quá trình tiến hành thực nghiệm trên tàu.

- Tiến hành thực nghiệm trên các tàu hàng rời ở các trạng thái khác nhau, trong đó có một tàu đang trao đổi nước dằn trong khi hành trình (BMC BRAVO). Các kết quả thực nghiệm thu được liên quan đến chu kỳ lắc ngang và G_0M của tàu tại thời điểm quan sát đều thỏa mãn các mục đích, yêu cầu mà đề tài đã đưa ra cũng như các quy định của IMO về ổn định nguyên vẹn tàu hàng rời.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

1. KẾT LUẬN

Bằng các phương pháp nghiên cứu đã thực hiện trong luận án “*Nghiên cứu thiết kế hệ thống thông báo ổn định theo thời gian thực cho tàu hàng rời*”, luận án đã đạt được mục đích nghiên cứu đặt ra, với các kết quả cụ thể như sau:

1.1. Hệ thống hóa các quy định liên quan đến ổn định nguyên vẹn của tàu hàng nói chung và tàu hàng rời nói riêng. Các tiêu chuẩn về ổn định nguyên vẹn tàu hàng rời đều tuân thủ các tiêu chuẩn ổn định được quy định trong Bộ luật quốc tế về ổn định nguyên vẹn (IS Code 2008). Phân tích các yếu tố ảnh hưởng đến ổn định của tàu hàng rời để đưa ra cảnh báo khi ổn định tàu suy giảm cho thuyền trưởng và sỹ quan trong quá trình xếp dỡ và vận chuyển hàng rời.

1.2. Đề tài luận án đã xây dựng được thuật toán xác định chu kỳ lắc ngang của tàu từ góc nghiêng ngang theo thời gian thực.

1.3. Phân tích, lựa chọn công thức làm cơ sở để xác định chiều cao thể vũng (G_0M) của tàu theo thời gian thực thông qua chu kỳ lắc ngang, đây là công thức được đề cập đến trong nhiều hồ sơ xếp tải của tàu hàng rời, phù hợp với yêu cầu của Bộ luật quốc tế về ổn định nguyên vẹn (IS Code). Trên cơ sở đó, đưa ra phương pháp vẽ đường cong cánh tay đòn ổn định tĩnh (G_0Z).

1.4. Xây dựng mô hình kiến trúc của hệ thống thông báo ổn định tàu hàng rời theo thời gian thực, nguyên lý hoạt động và các yêu cầu của hệ thống. Trên cơ sở mô hình kiến trúc hệ thống, luận án đã thiết kế, xây dựng phần cứng và phần mềm hoàn chỉnh cho hệ thống. Phần mềm có khả năng tự động tính toán và hiển thị theo thời gian thực giá trị chu kỳ lắc ngang, chiều cao thể vũng, đường cong cánh tay đòn ổn định tĩnh của tàu; cũng như đưa ra tín hiệu cảnh báo khi chiều cao thể vũng của tàu có xu hướng giảm hoặc khi không đảm bảo tiêu chuẩn ổn định.

1.5. Triển khai thực nghiệm thành công hệ thống trên một số tàu hàng rời. Trong đó có 01 tàu (tàu BMC BRAVO) được thực nghiệm trong điều kiện chạy biển, có trao đổi nước dẫn tàu. Kết quả cho thấy sai lệch về chu kỳ lắc ngang và chiều cao thể vững G_0M xác định được từ hệ thống theo thời gian thực đều ở mức độ cho phép đối với an toàn hàng hải. Hệ thống hoạt động ổn định, tin cậy.

2. KIẾN NGHỊ

Kiến nghị của luận án cũng chính là những vấn đề cần quan tâm trong hướng nghiên cứu tiếp theo, cụ thể:

2.1. Trong luận án đã xây dựng hoàn thiện phần cứng, phần mềm hệ thống thông báo ổn định theo thời gian thực cho tàu hàng rời và có thể hoạt động độc lập khi được lắp đặt trên tàu hàng rời, nhưng hệ thống phần cứng vẫn còn tồn diện tích nếu được lắp đặt trên tàu. Vì vậy, trong thời gian tới, có thể trong các nghiên cứu tiếp theo nghiên cứu sinh sẽ tích hợp hệ thống vào trong các thiết bị hiện có trên tàu như máy tính xếp tải, hải đồ điện tử... để tiết kiệm không gian đặt thiết bị cũng như tạo thuận tiện cho sỹ quan hàng hải khai thác sử dụng hệ thống khi tàu hành trình trên biển.

2.2. Các tàu hàng rời được triển khai thực nghiệm hệ thống là các tàu đang neo đậu làm hàng hoặc hoạt động ven bờ trong điều kiện thời tiết cho phép. Các kết quả thực nghiệm thu thập được, sau khi được phân tích, đánh giá đã đáp ứng được các yêu cầu mà luận án đưa ra. Tuy nhiên, để hệ thống có độ tin cậy cao hơn trước khi triển khai áp dụng vào thực tiễn thì nghiên cứu sinh cần tiếp tục liên hệ thực nghiệm trên các tàu hàng rời chạy tuyến xa bờ và hoạt động trong các điều kiện thời tiết khó khăn hơn.

2.3. Sau khi hệ thống được tinh giản, gọn nhẹ và có độ tin cậy cao, nghiên cứu sinh sẽ tiến hành tìm hiểu nhu cầu của các công ty quản lý khai thác tàu hàng rời về việc trang bị hệ thống thông báo ổn định theo thời gian thực cho tàu hàng rời để hướng tới thương mại hóa sản phẩm đề tài nếu có đơn vị đặt hàng.

**DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH KHOA HỌC ĐÃ CÔNG BỐ LIÊN
QUAN ĐẾN ĐỀ TÀI LUẬN ÁN**

1. PGS. TS. Nguyễn Kim Phương (Chủ nhiệm đề tài), NCS. Nguyễn Xuân Long và các thành viên khác. *Nghiên cứu thiết kế, chế tạo hệ thống giám sát trạng thái hành trình của tàu hàng rời có trọng tải từ 20.000 tấn trở lên*. Đề tài Khoa học công nghệ cấp Bộ giao thông vận tải; mã số: DT183037, năm 2018.
2. ThS. Nguyễn Xuân Long, PGS. TS. Nguyễn Kim Phương, PGS. TS. Nguyễn Công Vịnh, TS. Nguyễn Trung Đức, ThS. Từ Mạnh Chiến. *Xây dựng hệ thống giám sát trạng thái hành trình của tàu hàng rời có trọng tải từ 20.000 tấn trở lên*. Tạp chí Giao thông vận tải, tháng 3/2019.
3. Nguyen Xuan Long, *Assessing Intact Stability of Bulk Carriers through the Rolling Period*, The Journal of the AMFUF, 2019.
4. ThS. Nguyễn Xuân Long, PGS. TS. Nguyễn Kim Phương. *Một số yếu tố ảnh hưởng đến tính ổn định của tàu hàng rời*. Tạp chí Giao thông vận tải, tháng 12/2019.
5. ThS. Nguyễn Xuân Long, PGS. TS. Nguyễn Kim Phương, TS. Nguyễn Trung Đức. *Xây dựng chương trình hiển thị thông tin ổn định tàu hàng rời theo thời gian thực*. Tạp chí KHCV Hàng hải số 61 – tháng 1/2020. ISSN 1859-316X.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Tiếng Việt

- [1]. Bộ môn Xếp dỡ Hàng hóa khoa Hàng hải, *Giáo trình Ổn định tàu*, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam, 2014.
- [2]. Bùi Văn Hưng, Luận văn Thạc sỹ: *Nghiên cứu ổn định tai nạn cho tàu hàng khô phục vụ dẫn tàu an toàn*, Trường ĐHHH Việt Nam, 2015.
- [3]. Cục đăng kiểm Việt Nam, *Quy phạm phân cấp và đóng tàu biển vỏ thép*, 2015.
- [4]. Cù Huy Chính, “*Nghiên cứu tính toán ổn định cho giàn khoan tự nâng khi di chuyển và trong khai thác*”, Trường ĐHHH Việt Nam, 2014.
- [5]. Đinh Xuân Mạnh, *Giáo trình Xếp dỡ và bảo quản hàng hóa*, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam, 2005.
- [6]. Đỗ Đức Hiếu, *Ứng dụng phần mềm IPCA để lập thông báo ổn định cho tàu hàng bách hóa tổng hợp kết hợp chở gỗ trên boong 8700DWT*, Trường ĐHHH Việt Nam, 2014.
- [7]. Nguyễn Văn Võ, *Lý thuyết tàu*, Nhà xuất bản Trường Đại học Hàng hải Việt Nam, 2015.
- [8]. Nguyễn Hoàng Thái, Luận văn thạc sỹ kỹ thuật “*Nghiên cứu, đề xuất các giải pháp nâng cao an toàn khi vận chuyển một số hàng rời có tính nhão, chảy cho đội tàu biển Việt Nam*”, Trường ĐHHH Việt Nam, 2012.
- [9]. Nguyễn Mạnh Hải : “*Xây dựng chương trình kiểm tra ổn định và sức bền của tàu biển theo các tiêu chuẩn do IMO quy định*”, Trường ĐHHH Việt Nam, 2014.
- [10]. Nguyễn Kim Phương, Bùi Văn Hưng, “*Một số khuyến nghị trong công tác vận hành tàu hàng rời có nguy cơ hóa lỏng*”, Tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải, trường Đại học Hàng hải Việt Nam, Số 46-3/2016.
- [11]. Phạm Tất Tiệp Luận văn Thạc sỹ : “*Nghiên cứu xây dựng chương trình*

- kiểm tra đánh giá ổn định và sức bền cho tàu container Nasico Blue”, Trường ĐHHH Việt Nam, 2015.
- [12]. Nguyễn Công Vịnh, Nguyễn Kim Phương, Từ Mạnh Chiến, “Mô phỏng tiến trình xếp dỡ hàng trên tàu hàng rời phục vụ đào tạo và huấn luyện hàng hải”, Tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải, trường Đại học Hàng hải Việt Nam, Số 54-4/2018.
- [13]. Linh-Trung, Nguyen & Tran, Duc-Tan & Huynh, Tue. Xử lý tín hiệu số (Digital Signal Processing), 2012.
- [14]. Nguyễn Ngọc Bình Phương, Thái Thanh Phong, “Các giải pháp lập trình C#”, NXB Giao thông vận tải, 2006.
- [15]. Nguyễn Quốc Trung, Xử lý tín hiệu số và lọc số, Tập 1, NXB Khoa học Kỹ thuật, 1999.
- [16]. Nguyễn Quốc Trung, Xử lý tín hiệu số và lọc số, Tập 2, NXB Khoa học Kỹ thuật, 2003.
- [17]. PGS. TS. Vũ Văn Khiêm, Giáo trình Dao động tàu thủy, NXB Khoa học Kỹ thuật, 2006.
- [18]. PGS.TS. Phạm Xuân Kiên, Giáo trình Xác suất và thống kê, NXB Giáo dục, 2004.
- [19]. Phạm Công Ngô, “Lập trình C# từ cơ bản đến nâng cao”, NXB Giáo dục, 2007.

Tiếng Anh

- [20]. A.B.Brian, *Ship hydrostatics and stability*, Butterworth-Heinemann Billdies Ltd, 2003.
- [21]. Apostolos Papanikolaou; *GOALDS- Goal based ship stability and safety standard*, 2013.
- [22]. B.J.H van Larrhoven, *Stability Anlysis of Parametric Roll Resonance*, Eindhoven University of Technology, 2009.

- [23]. Captain D.R.Derrett, *Ship stability for Master and Mates*, Butterworth-Heinemann Ltd, 2001.
- [24]. Christian Holden, *Modeling and Control of Parametric Roll*, Thesis for the degree of philosophiae doctor, 2011.
- [25]. Dr C.B.Barrass (2004), *Ship Design and Performance for Masters and Mates*, Butterworth-Heinemann.
- [26]. Ellis Horwood Ltd. Seakeeping, *Ship Behaviour in Rough Weather*, Lloyd, A.R.J.M., 1998.
- [27]. *Guidance for Master for handling of cargo which may liquefy*, Nissho Odyssey ship management Pte Ltd, Japan, 2009.
- [28]. *International Convention for the Safety of life at sea (SOLAS 74)*, 2014.
- [29]. IMO, *International code on intact stability (IS CODE)*, pp. 11-16, 2008.
- [30]. IMO, *Explanatory notes to the international code on intact stability*, 2008.
- [31]. IMO, *International Maritime Solid Bulk Cargoes (IMSBC)*, 2018.
- [32]. IMO, Resolution MSC.363(92), *Performance standards for electronic inclinometers*, 2013.
- [33]. International Group of P&I Clubs, *Solid bulk cargo charterparty clause*, Newsletter No 13/11, September 2011.
- [34]. J.M. Varela, J.M. Rodrigues and C. Guedes Soares; *On-board Decision Support System for Ship Flooding Emergency Response*; Centre for Marine Technology and Engineering (CENTEC), Universidade de Lisboa, Lisbon, PORTUGAL, 2014.
- [35]. Kemp & Young, Dr.C.B.Barrass (2001), *Ship Stability Notes & Examples*, Butterworth-Heinemann.
- [36]. Michael C. Munro and Abbas Mohajerani, *Liquefaction Incidents of Mineral Cargoes on Board Bulk Carriers*, 2016

- [37]. Mohamed Abdelkader Djebli, Benameur Hamoudi, Omar Imine, Lahouari Adjlout, *The Application of Smartphone in Ship Stability Experiment*, 2015.
- [38]. M/V CHANG CHANG NAN HAI, *Loading Manual and Stability Information*
- [39]. M/V SERENE JUNIPER, *Loading Manual and Stability Information*
- [40]. M/V LI DIAN 3, *Loading Manual and Stability Information*
- [41]. M/V LUCKY STAR, *Loading Manual and Stability Information*.
- [42]. M/V BMC BRAVO, *Loading Manual and Stability Information*
- [43]. Przemysław Krata, Wojciech Wawrzyński, *Prediction of Ship Resonant Rolling - Related Dangerous Zones with Regard to the Equivalent Metacentric Height Governing Natural Frequency of Roll*, 2017.
- [44]. Shadman Sakib, *A novel device for dynamic loading and stability measurement of inland vessels based on its rolling motion*, 2015.
- [45]. IMO, *MSC.1/Circ.1228, Revised guidance to the master for avoiding dangerous situations in adverse weather and sea conditions*, 2007.
- [46]. AGCS, *Safety and Shipping Review*, 2019

Trang web tham khảo

- [47]. https://www.researchgate.net/publication/283274995_The_application_of_smartphone_in_ship_stability_experiment.
- [48]. https://www.researchgate.net/publication/281452999_A_novel_device_for_dynamic_loading_and_stability_measurement_of_inland_vessels_based_on_its_rolling_motion.
- [49]. https://www.researchgate.net/publication/236690092_GOALDS-Goal_Based_Damage_Ship_Stability_and_safety_standards.

- [50]. https://www.researchgate.net/publication/263083239_On-board_Decision_Support_System_for_Ship_Flooding_Emergency_Response.
- [51]. https://www.researchgate.net/publication/279350430_Modeling_and_Control_of_Parametric_Roll_Resonance.
- [52]. <https://www.ucmarine.com/Shipboard-Electronic-Inclinometer-pd6290755.html>.
- [53]. <https://ninglu-fishfinder.en.made-in-china.com/product-group/CqvEnKjckrWF/Inclinometer-catalog-1.html>.
- [54]. <https://daniamant.com/products/danei-300/#>.
- [55]. <https://www.marineinsight.com/types-of-ships/different-types-of-bulk-carriers>.
- [56]. <https://hshop.vn/products/cam-bien-6-dof-bac-tu-do-gy-521-mpu6050>.

PHỤ LỤC
CÁC GIẤY TỜ LIÊN QUAN ĐẾN HOẠT ĐỘNG THỰC NGHIỆM VÀ
THIẾT BỊ TRONG HỆ THỐNG

1. Giấy xác nhận thực nghiệm trên tàu CHANG CHANG NAN HAI

M/v. ~~CHANG CHANG NAN HAI~~ confirmed that:

On ~~JAN~~ 26th 2018, the research team including: Dr. Nguyen Kim Phuong, MSc. Nguyen Xuan Long, MSc. Tu Manh Chien - Lecturers of Vietnam Maritime University, goes on board the M/v ~~CHANG CHANG NAN HAI~~ in to implement the following matters:

1. Collecting the necessary technical documents, specifications, drawings and data of the ship for the research purposes.
2. Carrying out an experiment of the stability monitoring system for bulk carriers with deadweight of 20,000 tons and upward; recording the experimental process and some other contents of the research.

MASTER OF M/V. ~~CHANG CHANG NAN HAI~~

(Sign and Stamp)

2. Giấy xác nhận thực nghiệm trên tàu SERENE JUNIPER

CAM PHA PORT....., Date: 23/8/2018

CERTIFICATION

M/v.....SERENE JUNIPER..... confirmed that:

On 23/8/2018, the research team including: Dr. Nguyen Kim Phuong, MSc. Nguyen Xuan Long, MSc. Tu Manh Chien - Lecturers of Vietnam Maritime University, goes on board the M/v ...SERENE JUNIPER..... in CAM PHA PORT..... to implement the following matters:

1. Collecting the necessary technical documents, specifications, drawings and data of the ship for the research purposes.
2. Carrying out an experiment of the stability monitoring system for bulk carriers with deadweight of 20,000 tons and upward; recording the experimental process and some other contents of the research.

MASTER OF M/V.....SERENE JUNIPER.....

(Sign and Stamp)



3. Giấy xác nhận thực nghiệm trên tàu LUCKY STAR

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

Hải Phòng, ngày 18 tháng 01 năm 2019

GIẤY XÁC NHẬN

Tàu LUCKY STAR, Số IMO: 9542582, xác nhận rằng:

Ngày 18 tháng 01 năm 2019 nhóm nghiên cứu gồm: PGS.TS. Nguyễn Kim Phương, ThS. Nguyễn Xuân Long, ThS. Từ Mạnh Chiến – Cán bộ giảng dạy trường Đại học Hàng hải Việt Nam, đã trực tiếp đến tàu LUCKY STAR tại khu neo Cẩm Phả, để tiến hành thực hiện một số nội dung sau đây:

1. Thu thập các tài liệu, thông số kỹ thuật, bản vẽ, số liệu cần thiết của tàu phục vụ cho vấn đề nghiên cứu.
2. Thực nghiệm hệ thống giám sát trạng thái hành trình của tàu hàng rời trọng tải từ 20.000 tấn trở lên, ghi hình quá trình thực nghiệm và một số nội dung khác phục vụ vấn đề nghiên cứu.

Trân trọng xác nhận./.

THUYỀN TRƯỞNG


MASTER
Mai Văn Hải

4. Giấy xác nhận thực nghiệm trên tàu BMC BRAVO

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

Hải Phòng, ngày 24 tháng 3 năm 2019

GIẤY XÁC NHẬN

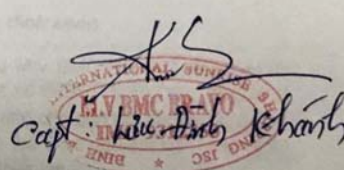
TàuBMC BRAVO.....xác nhận rằng:

Ngày 24 tháng 3 năm 2019 nhóm nghiên cứu gồm: ThS. Nguyễn Xuân Long, ThS. Từ Mạnh Chiến – Cán bộ giảng dạy trường Đại học Hàng hải Việt Nam, đã trực tiếp đến tàu ...BMC BRAVO.....tại ...Cảng Cửa Lò..... hành trình từ cảng ...Cửa Lò.....đến cảng ...Hải Phòng.....để tiến hành thực hiện một số nội dung sau đây:

1. Thu thập các tài liệu, thông số kỹ thuật, bản vẽ, số liệu cần thiết của tàu phục vụ cho vấn đề nghiên cứu.
2. Thực nghiệm hệ thống thông báo ổn định tàu hàng rời theo thời gian thực, ghi hình quá trình thực nghiệm và một số nội dung khác phục vụ vấn đề nghiên cứu.

Trân trọng xác nhận./.

THUYỀN TRƯỞNG TÀU.....BMC BRAVO.....


Capt: *Nguyễn Đình Khánh*

5. Giấy xác nhận thực nghiệm trên tàu LI DIAN 3

Cam Pha, Date: Oct. 30, 2019

CERTIFICATION

M/v “LI DIAN 3” confirmed that:

On OCT. 30, 2019, the research team including: MSc. Nguyen Xuan Long,
- Lecturers of Vietnam Maritime University, goes on board the M/v “LI DIAN 3” in Campha, Quangninh, Vietnam to implement the following matters:

1. Collecting the necessary technical documents, specifications, drawings and data of the ship for the research purposes.
2. Carrying out an experiment of the stability monitoring system for bulk carriers with deadweight of 20,000 tons and upward; recording the experimental process and some other contents of the research.

MASTER OF M/V “LI DIAN 3”

(Sign and Stamp)



6. Giấy xác nhận thực nghiệm trên tàu TÂN BÌNH 234

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

Hải Phòng, ngày 28 tháng 8 năm 2018

GIẤY XÁC NHẬN

Tàu TÂN BÌNH 234.....xác nhận rằng:

Ngày 28 tháng 08 năm 2018 nhóm nghiên cứu gồm: PGS.TS. Nguyễn Kim Phương, ThS. Nguyễn Xuân Long, ThS. Từ Mạnh Chiến – Cán bộ giảng dạy trường Đại học Hàng hải Việt Nam, đã trực tiếp đến tàu TÂN BÌNH 234.....tại NO SCODOCK..... để tiến hành thực hiện một số nội dung sau đây:

1. Thu thập các tài liệu, thông số kỹ thuật, bản vẽ, số liệu cần thiết của tàu phục vụ cho vấn đề nghiên cứu.
2. Thực nghiệm hệ thống giám sát trạng thái hành trình của tàu hàng rời trọng tải từ 20.000 tấn trở lên, ghi hình quá trình thực nghiệm và một số nội dung khác phục vụ vấn đề nghiên cứu.

Trân trọng xác nhận./.

THUYỀN TRƯỞNG TÀU.....



Capt. HOANG QUOC CUONG

7. Giấy chứng nhận kiểm định thiết bị đo góc nghiêng tàu

CHI CỤC TIÊU CHUẨN ĐO LƯỜNG CHẤT LƯỢNG
TRUNG TÂM KỸ THUẬT TIÊU CHUẨN ĐO LƯỜNG CHẤT LƯỢNG HẢI PHÒNG
Địa chỉ : Số 240 Văn Cao – Đằng Giang - Ngô Quyền - Hải Phòng
Điện thoại/Fax: 031.3553999; Web: www.smqhaiphong.com

Số: 398^A.18/TN2-TTKTTĐC Trang 1.../1...

KẾT QUẢ THỬ NGHIỆM

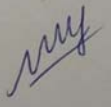
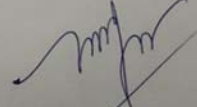
1. Tên mẫu thử: Thiết bị đo góc nghiêng tàu
2. Của cơ sở: Trường Đại học Hàng Hải Việt Nam
Đề tài: Nghiên cứu, thiết kế và chế tạo hệ thống giám sát hành trình của tàu hàng rời có trọng tải từ 20.000 tấn trở lên. Mã số: DT183037
3. Số lượng mẫu: 01
4. Khối lượng mẫu: 01
5. Ký hiệu mẫu: M 398A/18/ĐI
6. Ngày nhận mẫu: 16/8/2018
7. Cán bộ kiểm nghiệm: Đinh Văn Sơn, Nguyễn Thanh Tùng

KẾT QUẢ

TT	Tên chỉ tiêu	Phương pháp thử	Mức qui định	Kết quả
1	Đo góc nghiêng của tàu $\pm 90^\circ$	Theo yêu cầu của khách hàng	$\pm 1^\circ$	Phù hợp
2	Bộ đếm thời gian		± 1 s	Phù hợp

Hải Phòng, ngày 20 tháng 8 năm 2018

CÁN BỘ KIỂM NGHIỆM **P.TRƯỞNG PHÒNG KN** **GIÁM ĐỐC**


Nguyễn Thanh Tùng **Đặng Ngọc Tôn Quyền** **PHÓ GIÁM ĐỐC**

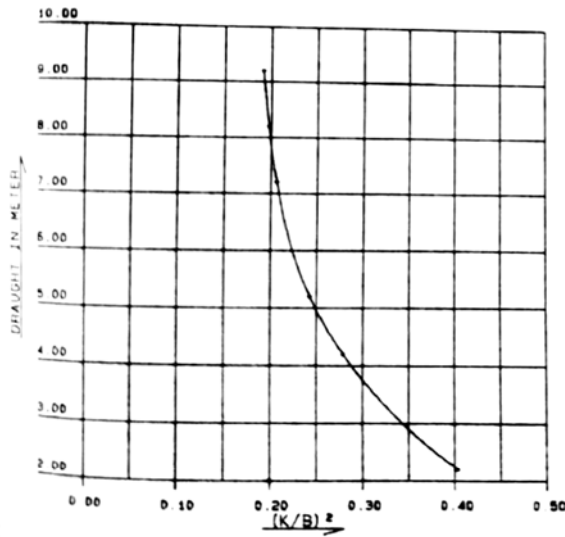
Nguyễn Thành Liêm

1. Kết quả này chỉ có giá trị đối với mẫu thử do khách hàng đưa tới.
2. Không được trích, sao kết quả này nếu không được sự đồng ý của phòng thử nghiệm.
3. Tên mẫu và tên khách hàng được ghi theo yêu cầu của khách hàng.
(*) : Chỉ tiêu đã được VILAS công nhận
(**) : Chỉ tiêu được phân tích tại nhà thầu phụ

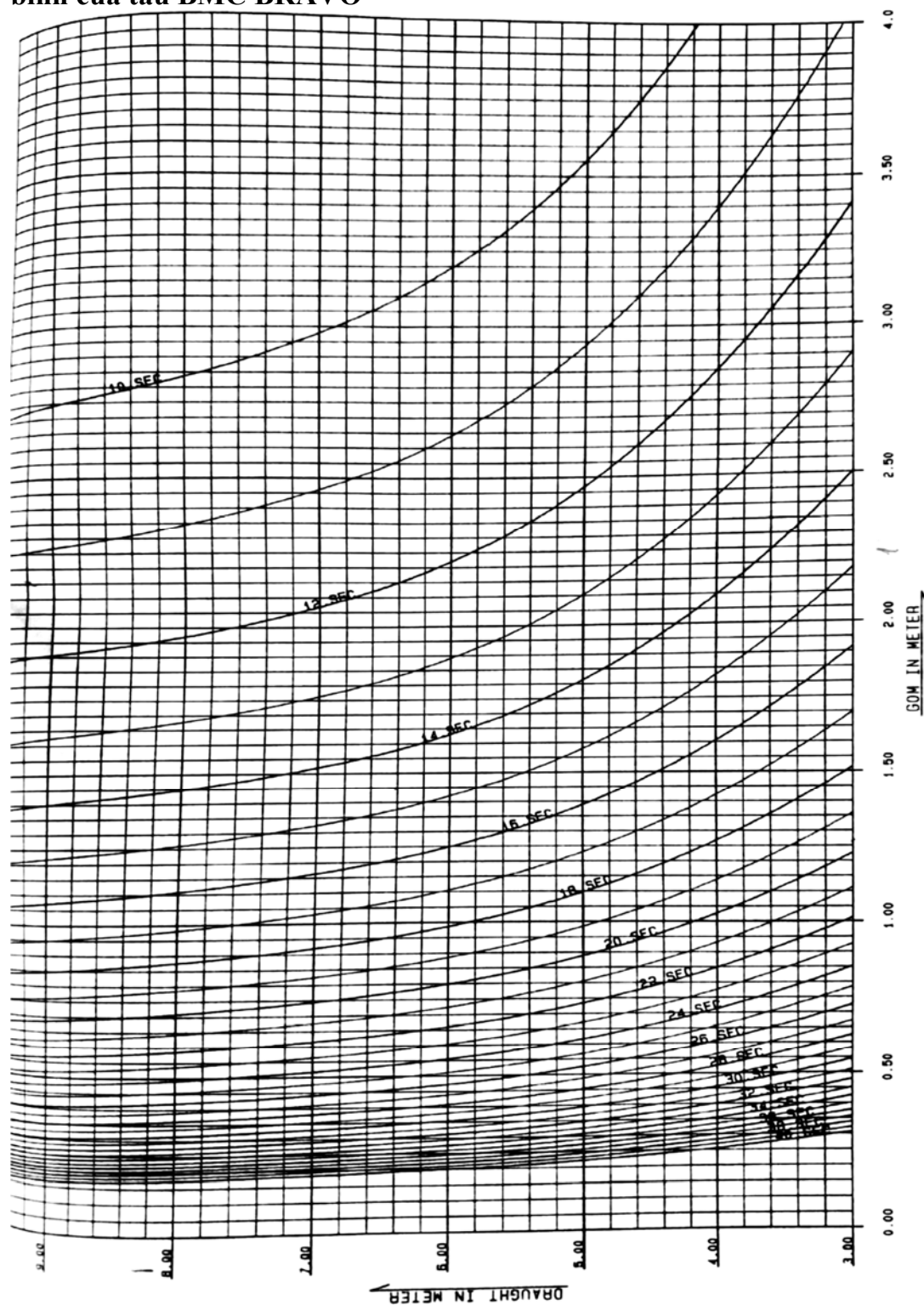
BM-KN-01-03.01 - Phiếu kết quả thử nghiệm Ngày ban hành: 18/ 4/ 2018

8. Bảng tính Bán kính quay K của tàu BMC BRAVO

CALCULATION OF RADIOUS OF GYRATION						
CORRESPONDING DRAFT d (m)	2.201	4.201	5.201	7.201	8.201	9.201
WOULDED DRAFT d' (m)	2.187	4.187	5.187	7.187	8.187	9.187
BLOCK COEFFICIENT Cb	0.6276	0.6875	0.7062	0.7386	0.7542	0.7688
Cu x Cb	0.618	0.677	0.695	0.727	0.742	0.757
$r = 1 - e^{-20(d'/d)^2}$	0.794	0.997	1.000	1.000	1.000	1.000
Hs / d'	7.753	4.050	3.269	2.359	2.071	1.846
Hs/d'xr - 2.20	3.956	1.838	1.069	0.159	-0.129	-0.354
(1) : $1.10 \times Cu(1-Cb) \times (Hs/d'xr - 2.20)$	1.595	0.622	0.340	0.045	-0.034	-0.089
(2) : $Cu \times Cb + (1) + (Hs/B)^2$	3.026	2.112	1.848	1.585	1.521	1.481
f	0.133	0.132	0.131	0.130	0.130	0.129
$(K/B)^2 = f \times (2)$	0.403	0.279	0.243	0.206	0.197	0.191
RELATION BETWEEN DRAFT & RADIOUS			LENGTH L (m)	89.95		
			BREADTH B (m)	18.80		
			PROJECTED AREA OF UPP. DECK Au (m ²)	1664.7		
			PROJECTED AREA COEFFICIENT Cu = Au/LB	0.984		
			PROJECTED AREA ABOVE UPP. DECK As (m ²)	355.8		
			DEPTH D (m)	13.000		
			EFFECTIVE D HS = D + As/L	16.956		
			(HS/B) ²	0.813		



9. Các đường cong xác định G_0M từ chu kỳ lắc ngang và mớn nước trung bình của tàu BMC BRAVO

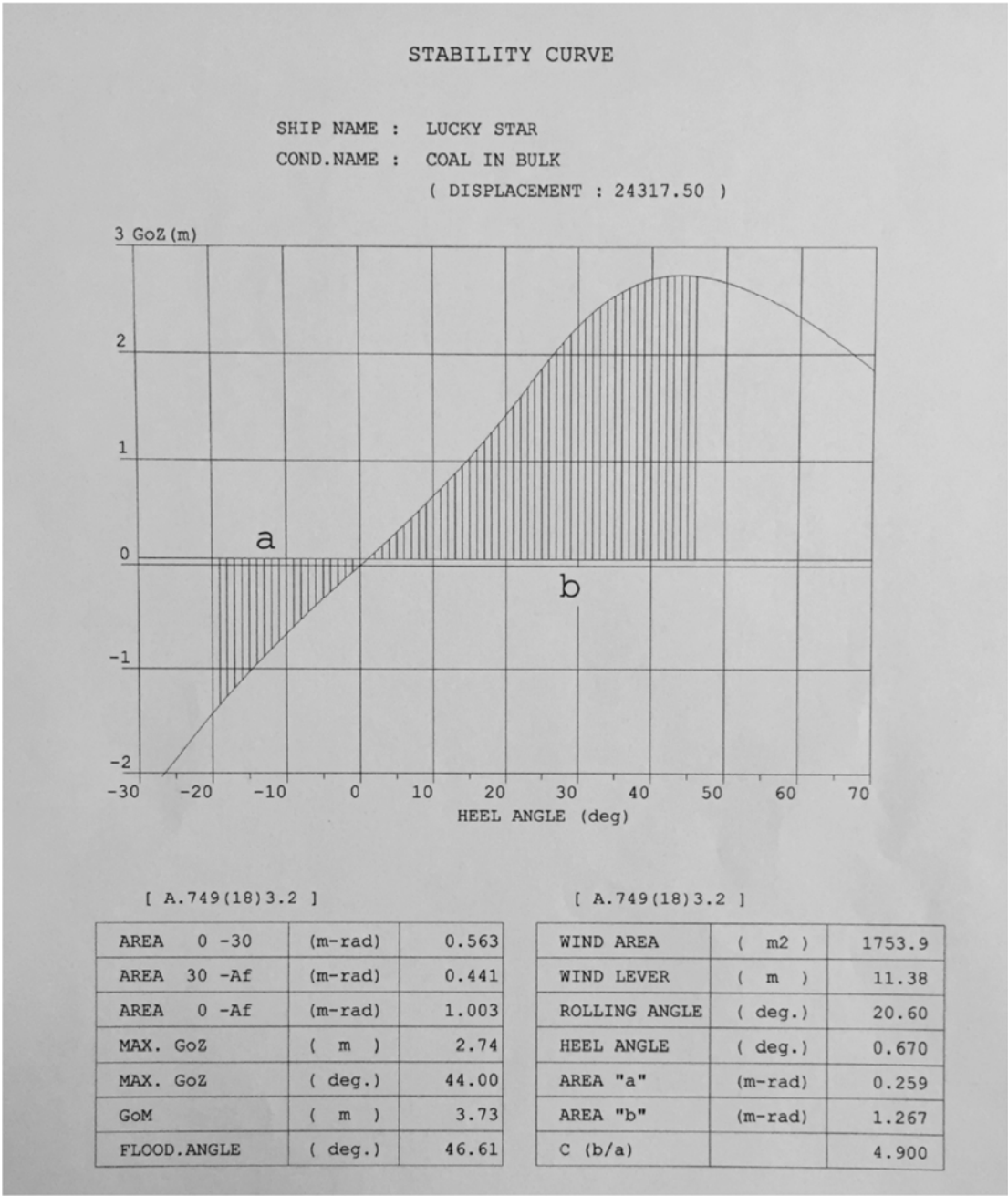


10. Các thông số ổn định của tàu LUCKY STAR tại thời điểm thực nghiệm

10.1. Bảng tính G_0M

TRIM CALCULATION and SUMMARY							
SHIP NAME : LUCKY STAR							
COND NAME : COAL IN BULK							
(SEA WATER = 1.0250)							
I T E M	(%)	WEIGHT (t)	MID.G (m)	MOMENT (t-m)	K G (m)	MOMENT (t-m)	I (t-m)
LIGHT WEIGHT		5668.98	7.79	44161.4	9.80	55556.0	0.0
PROVISION		10.00	67.80	678.0	14.80	148.0	0.0
CREW & EFFECTS		5.00	53.10	265.5	21.40	107.0	0.0
STORE		100.00	-65.60	-6560.0	15.10	1510.0	0.0
WATER & OIL IN E.R		60.00	54.80	3288.0	8.60	516.0	0.0
COOLING WATER TANK		25.00	66.41	1660.3	3.83	95.8	0.0
CONSTANTS		200.00	-3.34	-668.2	11.88	2376.8	0.0
L.O.S.T	70	20.00	54.62	1092.4	0.52	10.4	7.5
NO.1 F.O.T (C)	74	150.00	-34.63	-5194.5	0.60	90.0	482.1
NO.2 F.O.T (P)	77	225.00	-12.50	-2812.5	0.64	144.0	1102.2
NO.2 F.O.T (S)	77	225.00	-12.50	-2812.5	0.64	144.0	1102.2
NO.3 F.O.T (P)	77	160.00	11.50	1840.0	0.63	100.8	378.5
NO.3 F.O.T (S)	77	160.00	11.50	1840.0	0.63	100.8	378.5
NO.4 F.O.T (C)	67	195.50	32.70	6392.9	0.55	107.5	1737.4
FUEL OIL TOTAL		1115.50	-0.67	-746.6	0.62	687.1	5180.9
NO.1 D.O.T (P)	51	25.00	51.55	1288.8	0.68	17.0	51.0
NO.1 D.O.T (S)	51	25.00	51.55	1288.8	0.68	17.0	51.0
NO.2 D.O.T (P)	75	50.00	63.17	3158.5	10.90	545.0	49.0
NO.2 D.O.T (S)	72	47.50	63.17	3000.6	10.80	513.0	46.5
DIESEL OIL		147.50	59.23	8736.7	7.40	1092.0	197.5
F.W.T (P)	29	14.97	67.44	1009.6	11.54	172.8	23.2
F.W.T (S)	89	45.48	67.47	3068.5	12.43	565.3	50.1
A.P.T (F.W.)	56	76.45	67.12	5131.3	8.55	653.6	551.7
FRESH WATER		136.90	67.27	9209.4	10.17	1391.7	625.0
F.P.T.	5	32.00	-66.99	-2143.7	0.65	20.8	69.8
NO.1 W.B.T (P)	14	26.02	-51.90	-1350.4	0.17	4.4	482.7
NO.1 W.B.T (S)	12	21.60	-51.91	-1121.3	0.15	3.2	451.6
NO.2 W.B.T (P)	13	34.52	-33.92	-1170.9	0.19	6.6	942.3
NO.2 W.B.T (S)	20	54.53	-33.94	-1850.7	0.25	13.6	1029.9
NO.3 W.B.T (P)	10	16.44	-12.51	-205.7	0.21	3.5	137.4
NO.3 W.B.T (S)	10	16.44	-12.51	-205.7	0.21	3.5	137.4
NO.4 W.B.T (P)	15	37.52	11.40	427.7	0.22	8.3	580.3
NO.4 W.B.T (S)	18	44.61	11.40	508.6	0.25	11.2	596.0
NO.5 W.B.T (P)	21	48.98	35.87	1756.9	0.28	13.7	913.4
NO.5 W.B.T (S)	17	38.15	35.95	1371.5	0.23	8.8	865.3
NO.6 W.B.T (C)	3	3.20	69.86	223.6	7.81	25.0	14.5
NO.1 SIDE W.B.T. (P)	2	10.10	-53.21	-537.4	1.76	17.8	167.6
NO.1 SIDE W.B.T. (S)	8	35.98	-53.23	-1915.2	2.13	76.6	186.1
NO.2 SIDE W.B.T. (P)	3	9.98	-35.85	-357.8	1.75	17.5	23.5
NO.2 SIDE W.B.T. (S)	3	11.67	-35.86	-418.5	1.77	20.7	23.3
NO.3 SIDE W.B.T. (P)	2	6.88	-12.50	-86.0	1.71	11.8	4.5
NO.3 SIDE W.B.T. (S)	2	7.20	-12.50	-90.0	1.71	12.3	4.5
NO.4 SIDE W.B.T. (P)	1	5.59	11.46	64.1	1.69	9.4	4.4
NO.4 SIDE W.B.T. (S)	5	19.83	11.48	227.6	1.91	37.9	4.5
NO.5 SIDE W.B.T. (P)	4	21.39	35.50	759.3	1.82	38.9	124.6
NO.5 SIDE W.B.T. (S)	5	25.99	35.53	923.4	1.87	48.6	121.1
WATER BALLAST		528.62	-9.82	-5190.6	0.78	414.1	6884.7
NO.1 CARGO HOLD	77	2200.00	-52.36	-115192.0	6.99	15378.0	0.0
NO.2 CARGO HOLD	76	3500.00	-34.49	-120715.0	6.28	21980.0	0.0
NO.3 CARGO HOLD	67	3745.00	-12.50	-46812.5	5.71	21384.0	0.0
NO.4 CARGO HOLD	64	3555.00	11.50	40882.5	5.50	19552.5	0.0
NO.5 CARGO HOLD	69	3500.00	34.60	121100.0	6.10	21350.0	0.0
CARGO TOTAL		16500.00	-7.32	-120737.0	6.04	99644.5	0.0
TOTAL		24317.50	-2.64	-64142.5	6.63	161172.6	12895.6
**** S U M M A R Y ****							
DISPT (t)	24317.50	MID.G (m)	-2.64	T.KM (m)	10.89		
DRAFT (EQ) (m)	8.26	MID.B (m)	-2.69	K G (m)	6.63		
DRAFT (F) (m)	8.24	B G (m)	0.05	G M (m)	4.26		
DRAFT (A) (m)	8.28	MID.F (m)	0.23	G Go (m)	0.53		
DRAFT (M) (m)	8.26	M.T.C. (t-m)	288.07	GoM (m)	3.73		
PR. Imm. (%)	102.68	T.P.C. (t)	32.25	PR. Imm. (%)	102.68		

10.2. Đường cong cánh tay đòn ổn định tĩnh G_0Z



11. Chiều cao thể vững ban đầu (G_0M) của tàu BMC BRAVO tại các thời điểm thực nghiệm

11.1. G_0M thời điểm trước khi trao đổi nước dần

Calculation Trim and Stability for departure

M/V: BMC BRAVO / H8DH

LDING PORT: CUA LO-VIET NAM

Date: 28TH MAR ,2019

VOY NO: 04/19

DISC PORT: QUANG NINH-VIETNAM

CARGO: CEMENT IN BAGS

ITEM	WEIGHT (t)	MID.G (m)	MOMENT (t-m)	KG (m)	MOMENT (t-m)	P'I (t-m)
No.1 T/D	1180,00	-20,2	-23836,00	8,80	10384,00	
No.1 L/H	2200,00	-18,82	-41404,00	4,10	9020,00	
No.2 T/D	1020,00	10,40	10608,00	9,00	9180,00	
No.2 L/H	2800,00	9,08	25424,00	4,10	11480,00	
CARGO TOTAL	7200,00	-4,06	-29208,00		40064,00	
F.P.T ©	0,00	-42,18	0,00	0,06	0,00	0,40
NO1 B.W.T (P)	0,27	-29,33	-7,78	1,45	0,38	29,30
NO1 B.W.T (S)	0,00	-29,33	0,00	0,00	0,00	0,00
NO1 B.W.T (C)	0,00	-37,48	0,00	0,06	0,00	3,50
NO2 B.W.T (P)	0,00	-1,23	0,00	1,44	0,00	1,10
NO2 B.W.T (S)	0,00	-1,23	0,00	1,43	0,00	1,10
NO2 B.W.T (C)	0,00	-28,44	0,00	0,00	0,00	0,00
NO3 B.W.T (P)	0,00	-14,41	0,00	0,03	0,00	734,40
NO3 B.W.T (S)	0,00	-14,41	0,00	0,00	0,00	0,00
NO4 B.W.T (P)	0,00	2,26	0,00	0,19	0,00	894,20
NO4 B.W.T (S)	0,00	2,18	0,00	0,19	0,00	908,80
NO5 B.W.T (P)	1,51	17,92	27,06	0,06	0,09	83,64
NO5 B.W.T (S)	1,32	17,92	23,65	0,07	0,09	95,30
A.P.T ©	0,00	43,38	0,00	3,93	0,00	4,40
WATER BALL TOTAL	3,10	13,87	42,94		0,57	2756,14
F.W.T (P)	69,00	-15,79	-1089,51	3,58	155,50	10,60
F.W.T (S)	65,00	-15,79	-1026,35	3,14	204,10	10,50
FRESH WATER TOTAL	134,00	-15,79	-2115,86		359,60	21,10
NO1 F.O.T (P)	5,00	7,15	35,75	1,43	7,15	0,70
NO1 F.O.T (S)	5,00	7,15	35,75	1,43	7,15	0,70
NO2 F.O.T (P)	0,00	16,29	0,00	1,44	0,00	8,60
NO2 F.O.T (S)	0,00	16,29	0,00	1,44	0,00	8,60
NO3 F.O.T (P)	0,00	23,52	0,00	1,46	0,00	3,40
NO3 F.O.T (S)	28,00	24,07	673,96	2,66	74,48	19,52
FUEL OIL TOTAL	38,00	19,62	745,46		88,78	41,52
D.O.T (P)	7,00	39,12	273,84	6,59	46,13	4,10
D.O.T (S)	10,00	38,30	383,00	5,24	52,40	0,00
DIESEL OIL TOTAL	17,00	38,64	656,84		98,53	4,10
L.O.T ©	5,00	32,87	164,35	0,55	2,75	1,50
Lub Oil	5,00	32,34	161,70	1,18	5,90	1,50
CONSTANT	132,00	27,60	3643,20	9,77	1289,64	0,00
LIGHT WEIGHT	2849,00	4,83	13760,67	8,79	25042,71	0,00
TOTAL	2991,00	5,93	17729,92	8,81	26341,00	3,00
DISPL	10383,10	-1,1700	-12148,70	6,4482	66952,48	2825,86
DRAFT (EQ) (m)	7,96	MID.G (m)	-1,170	T.KM (m)	7,97	
DRAFT hiệu chỉnh	8,00	MID.B (m)	-1,18	K G (m)	6,45	
D(f)	7,99	B G (m)	0,01	G M (m)	1,52	
D(a)	8,00	MID.F (m)	1,67	G Go (m)	0,27	
D(m)	8,00	M.T.C (t-m)	92,6	GoM (m)	1,26	
TRIM (m)	0,01	T.P.C (t)	15,2			

Density

1,020

11.2. G₀M thời điểm bơm nước dần vào két 5 phải, trái được 80T

Calculation Trim and Stability for departure

M/V: BMC BRAVO / HSDH

LDING PORT: CUA LO-VIET NAM

Date: 28TH MAR ,2019

VOY NO: 04/19

DISC PORT: QUANG NINH-VIETNAM

CARGO: CEMENT IN BAGS

ITEM	WEIGHT (t)	MID.G (m)	MOMENT (t-m)	KG (m)	MOMENT (t-m)	P'I (t-m)
No.1 T/D	1180,00	-20,2	-23836,00	8,80	10384,00	
No.1 L/H	2200,00	-18,82	-41404,00	4,10	9020,00	
No.2 T/D	1020,00	10,40	10608,00	9,00	9180,00	
No.2 L/H	2800,00	9,08	25424,00	4,10	11480,00	
CARGO TOTAL	7200,00	-4,06	-29208,00		40064,00	
F.P.TC	0,00	-42,18	0,00	0,06	0,00	0,40
NO1 B.W.T(P)	0,27	-29,33	-7,78	1,45	0,38	29,30
NO1 B.W.T(S)	0,00	-29,33	0,00	0,00	0,00	0,00
NO1 B.W.T(C)	0,00	-37,48	0,00	0,06	0,00	3,50
NO2 B.W.T(P)	0,00	-1,23	0,00	1,44	0,00	1,10
NO2 B.W.T(S)	0,00	-1,23	0,00	1,43	0,00	1,10
NO2 B.W.T(C)	0,00	-28,44	0,00	0,00	0,00	0,00
NO3 B.W.T(P)	0,00	-14,41	0,00	0,03	0,00	734,40
NO3 B.W.T(S)	0,00	-14,41	0,00	0,00	0,00	0,00
NO4 B.W.T(P)	0,00	2,26	0,00	0,19	0,00	894,20
NO4 B.W.T(S)	0,00	2,18	0,00	0,19	0,00	908,80
NO5 B.W.T(P)	39,87	17,92	714,47	0,06	2,39	83,64
NO5 B.W.T(S)	39,87	17,92	714,47	0,07	2,79	95,30
A.P.T ©	0,00	43,38	0,00	3,93	0,00	4,40
WATER BALL TOTAL	80,01	17,76	1421,16		5,57	2756,14
F.W.T (P)	69,00	-15,79	-1089,51	3,58	155,50	10,60
F.W.T (S)	65,00	-15,79	-1026,35	3,14	204,10	10,50
FRESH WATER TOTAL	134,00	-15,79	-2115,86		359,60	21,10
NO1 F.O.T (P)	5,00	7,15	35,75	1,43	7,15	0,70
NO1 F.O.T (S)	5,00	7,15	35,75	1,43	7,15	0,70
NO2 F.O.T (P)	0,00	16,29	0,00	1,44	0,00	8,60
NO2 F.O.T (S)	0,00	16,29	0,00	1,44	0,00	8,60
NO3 F.O.T (P)	0,00	23,52	0,00	1,46	0,00	3,40
NO3 F.O.T (S)	28,00	24,07	673,96	2,66	74,48	19,52
FUEL OIL TOTAL	38,00	19,62	745,46		88,78	41,52
D.O.T (P)	7,00	39,12	273,84	6,59	46,13	4,10
D.O.T (S)	10,00	38,30	383,00	5,24	52,40	0,00
DIESEL OIL TOTAL	17,00	38,64	656,84		98,53	4,10
L.O.T ©	5,00	32,87	164,35	0,55	2,75	1,50
Lub Oil	5,00	32,34	161,70	1,18	5,90	1,50
CONSTANT	132,00	27,60	3643,20	9,77	1289,64	0,00
LIGHT WEIGHT	2849,00	4,83	13760,67	8,79	25042,71	0,00
TOTAL	2991,00	5,93	17729,92	8,81	26341,00	3,00
DISPL	10460,01	-1,0297	-10770,48	6,4013	66957,48	2825,86
DRAFT (EQ) (m)	8,02	MID.G (m)	-1,030	T.KM (m)	7,98	
DRAFT hiệu chỉnh	8,06	MID.B (m)	-1,15	K G (m)	6,40	
D(f)	7,99	B G (m)	0,12	G M (m)	1,58	
D(a)	8,13	MID.F (m)	1,70	G Go (m)	0,27	
D(m)	8,06	M.T.C (t-m)	93,0	GoM (m)	1,32	
TRIM (m)	0,14	T.P.C (t)	15,2			

11.3. G_0M thời điểm bơm nước dần vào két 5 phải, trái được 200T

Calculation Trim and Stability for departure

M/V: BMC BRAVO / H8DH

LDING PORT: CUA LO-VIET NAM

Date: 28TH MAR ,2019

VOY NO: 04/19

DISC PORT: QUANG NINH-VIETNAM

CARGO: CEMENT IN BAGS

ITEM	WEIGHT (t)	MID.G (m)	MOMENT (t-m)	KG (m)	MOMENT (t-m)	P'I (t-m)
No.1 T/D	1180.00	-20.2	-23836.00	8.80	10384.00	
No.1 L/H	2200.00	-18.82	-41404.00	4.10	9020.00	
No.2 T/D	1020.00	10.40	10608.00	9.00	9180.00	
No.2 L/H	2800.00	9.08	25424.00	4.10	11480.00	
CARGO TOTAL	7200.00	-4.06	-29208.00		40064.00	
F.P.T ©	0.00	-42.18	0.00	0.06	0.00	0.40
NO1 B.W.T (P)	0.27	-29.33	-7.78	1.45	0.38	29.30
NO1 B.W.T (S)	0.00	-29.33	0.00	0.00	0.00	0.00
NO1 B.W.T (C)	0.00	-37.48	0.00	0.06	0.00	3.50
NO2 B.W.T (P)	0.00	-1.23	0.00	1.44	0.00	1.10
NO2 B.W.T (S)	0.00	-1.23	0.00	1.43	0.00	1.10
NO2 B.W.T (C)	0.00	-28.44	0.00	0.00	0.00	0.00
NO3 B.W.T (P)	0.00	-14.41	0.00	0.03	0.00	734.40
NO3 B.W.T (S)	0.00	-14.41	0.00	0.00	0.00	0.00
NO4 B.W.T (P)	0.00	2.26	0.00	0.19	0.00	894.20
NO4 B.W.T (S)	0.00	2.18	0.00	0.19	0.00	908.80
NO5 B.W.T (P)	108.12	17.92	1937.51	0.06	6.49	83.64
NO5 B.W.T (S)	91.80	17.92	1645.06	0.07	6.43	95.30
A.P.T ©	0.00	43.38	0.00	3.93	0.00	4.40
WATER BALL TOTAL	200.19	17.86	3574.79		13.30	2756.14
F.W.T (P)	69.00	-15.79	-1089.51	3.58	155.50	10.60
F.W.T (S)	65.00	-15.79	-1026.35	3.14	204.10	10.50
FRESH WATER TOTAL	134.00	-15.79	-2115.86		359.60	21.10
NO1 F.O.T (P)	5.00	7.15	35.75	1.43	7.15	0.70
NO1 F.O.T (S)	5.00	7.15	35.75	1.43	7.15	0.70
NO2 F.O.T (P)	0.00	16.29	0.00	1.44	0.00	8.60
NO2 F.O.T (S)	0.00	16.29	0.00	1.44	0.00	8.60
NO3 F.O.T (P)	0.00	23.52	0.00	1.46	0.00	3.40
NO3 F.O.T (S)	28.00	24.07	673.96	2.66	74.48	19.52
FUEL OIL TOTAL	38.00	19.62	745.46		88.78	41.52
D.O.T (P)	7.00	39.12	273.84	6.59	46.13	4.10
D.O.T (S)	10.00	38.30	383.00	5.24	52.40	0.00
DIESEL OIL TOTAL	17.00	38.64	656.84		98.53	4.10
L.O.T ©	5.00	32.87	164.35	0.55	2.75	1.50
Lub Oil	5.00	32.34	161.70	1.18	5.90	1.50
CONSTANT	132.00	27.60	3643.20	9.77	1289.64	0.00
LIGHT WEIGHT	2849.00	4.83	13760.67	8.79	25042.71	0.00
TOTAL	2991.00	5.93	17729.92	8.81	26341.00	3.00
DISPL	10580.19	-0.8144	-8616.85	6.3293	66965.21	2825.86
DRAFT (EQ) (m)	8.09	MID.G (m)	-0.814	T.KM (m)	7.99	
DRAFT hiệu chỉnh	8.13	MID.B (m)	-1.13	K G (m)	6.33	
D(f)	7.95	B G (m)	0.32	G M (m)	1.66	
D(a)	8.31	MID.F (m)	1.73	G Go (m)	0.27	
D(m)	8.13	M.T.C (t-m)	93.4	GoM (m)	1.40	
TRIM (m)	0.36	T.P.C (t)	15.2			

Density

1.020

11.4. G₀M thời điểm bơm nước dần ra ngoài kết 5 phải, trái còn 40T

Calculation Trim and Stability for departure

M/V: BMC BRAVO / H8DH LDING PORT:CUA LO-VIET NAM Date: 28TH MAR .2019
VOY NO: 04/19 DISC PORT: QUANG NINH-VIETNAM CARGO: CEMENT IN BAGS

ITEM	WEIGHT (t)	MID.G (m)	MOMENT (t-m)	KG (m)	MOMENT (t-m)	P*I (t-m)
No.1 T/D	1180,00	-20,2	-23836,00	8,80	10384,00	
No.1 L/H	2200,00	-18,82	-41404,00	4,10	9020,00	
No.2 T/D	1020,00	10,40	10608,00	9,00	9180,00	
No.2 L/H	2800,00	9,08	25424,00	4,10	11480,00	
CARGO TOTAL	7200,00	-4,06	-29208,00		40064,00	
F.P.TC	0,00	-42,18	0,00	0,06	0,00	0,40
NO1 B.W.T(P)	0,27	-29,33	-7,78	1,45	0,38	29,30
NO1 B.W.T (S)	0,00	-29,33	0,00	0,00	0,00	0,00
NO1 B.W.T (C)	0,00	-37,48	0,00	0,06	0,00	3,50
NO2 B.W.T (P)	0,00	-1,23	0,00	1,44	0,00	1,10
NO2 B.W.T (S)	0,00	-1,23	0,00	1,43	0,00	1,10
NO2 B.W.T (C)	0,00	-28,44	0,00	0,00	0,00	0,00
NO3 B.W.T (P)	0,00	-14,41	0,00	0,03	0,00	734,40
NO3 B.W.T (S)	0,00	-14,41	0,00	0,00	0,00	0,00
NO4 B.W.T (P)	0,00	2,26	0,00	0,19	0,00	894,20
NO4 B.W.T (S)	0,00	2,18	0,00	0,19	0,00	908,80
NO5 B.W.T (P)	21,42	17,92	383,85	0,06	1,29	83,64
NO5 B.W.T (S)	18,36	17,92	329,01	0,07	1,29	95,30
A.P.T C	0,00	43,38	0,00	3,93	0,00	4,40
WATER BALL TOTAL	40,05	17,61	705,08		2,95	2756,14
F.W.T (P)	69,00	-15,79	-1089,51	3,58	155,50	10,60
F.W.T (S)	65,00	-15,79	-1026,35	3,14	204,10	10,50
FRESH WATER TOTAL	134,00	-15,79	-2115,86		359,60	21,10
NO1 F.O.T (P)	5,00	7,15	35,75	1,43	7,15	0,70
NO1 F.O.T (S)	5,00	7,15	35,75	1,43	7,15	0,70
NO2 F.O.T (P)	0,00	16,29	0,00	1,44	0,00	8,60
NO2 F.O.T (S)	0,00	16,29	0,00	1,44	0,00	8,60
NO3 F.O.T (P)	0,00	23,52	0,00	1,46	0,00	3,40
NO3 F.O.T (S)	28,00	24,07	673,96	2,66	74,48	19,52
FUEL OIL TOTAL	38,00	19,62	745,46		88,78	41,52
D.O.T (P)	7,00	39,12	273,84	6,59	46,13	4,10
D.O.T (S)	10,00	38,30	383,00	5,24	52,40	0,00
DIESEL OIL TOTAL	17,00	38,64	656,84		98,53	4,10
L.O.T C	5,00	32,87	164,35	0,55	2,75	1,50
Lub Oil	5,00	32,34	161,70	1,18	5,90	1,50
CONSTANT	132,00	27,60	3643,20	9,77	1289,64	0,00
LIGHT WEIGHT	2849,00	4,83	13760,67	8,79	25042,71	0,00
TOTAL	2991,00	5,93	17729,92	8,81	26341,00	3,00
DISPL	10420,05	-1,1024	-11486,56	6,4256	66954,86	2825,86
DRAFT (EQ) (m)	7,99	MID.G (m)	-1,102	T.KM (m)	7,97	
DRAFT hiệu chỉnh	8,03	MID.B (m)	-1,17	K G (m)	6,43	
D(f)	7,99	B G (m)	0,07	G M (m)	1,54	
D(a)	8,07	MID.F (m)	1,68	G Go (m)	0,27	
D(m)	8,03	M.T.C (t-m)	92,8	GoM (m)	1,28	
TRIM (m)	0,08	T.P.C (t)	15,2			

Density 1,020

11.5. G_0M thời điểm bơm nước dần ra ngoài kết 5 phải, trái còn 6T

Calculation Trim and Stability for departure

M/V: BMC BRAVO / H8DH

LDING PORT: CUA LO-VIET NAM

Date: 28TH MAR ,2019

VOY NO: 04/19

DISC PORT: QUANG NINH-VIETNAM

CARGO: CEMENT IN BAGS

ITEM	WEIGHT (t)	MID.G (m)	MOMENT (t-m)	KG (m)	MOMENT (t-m)	P'I (t-m)
No.1 T/D	1180.00	-20.2	-23836.00	8.80	10384.00	
No.1 L/H	2200.00	-18.82	-41404.00	4.10	9020.00	
No.2 T/D	1020.00	10.40	10608.00	9.00	9180.00	
No.2 L/H	2800.00	9.08	25424.00	4.10	11480.00	
CARGO TOTAL	7200.00	-4.06	-29208.00		40064.00	
F.P.T ©	0.00	-42.18	0.00	0.06	0.00	0.40
NO1 B.W.T (P)	0.27	-29.33	-7.78	1.45	0.38	29.30
NO1 B.W.T (S)	0.00	-29.33	0.00	0.00	0.00	0.00
NO1 B.W.T (C)	0.00	-37.48	0.00	0.06	0.00	3.50
NO2 B.W.T (P)	0.00	-1.23	0.00	1.44	0.00	1.10
NO2 B.W.T (S)	0.00	-1.23	0.00	1.43	0.00	1.10
NO2 B.W.T (C)	0.00	-28.44	0.00	0.00	0.00	0.00
NO3 B.W.T (P)	0.00	-14.41	0.00	0.03	0.00	734.40
NO3 B.W.T (S)	0.00	-14.41	0.00	0.00	0.00	0.00
NO4 B.W.T (P)	0.00	2.26	0.00	0.19	0.00	894.20
NO4 B.W.T (S)	0.00	2.18	0.00	0.19	0.00	908.80
NO5 B.W.T (P)	3.37	17.92	60.39	0.06	0.20	83.64
NO5 B.W.T (S)	2.55	17.92	45.70	0.07	0.18	95.30
A.P.T ©	0.00	43.38	0.00	3.93	0.00	4.40
WATER BALL TOTAL	6.19	15.89	98.31		0.77	2756.14
F.W.T (P)	69.00	-15.79	-1089.51	3.58	155.50	10.60
F.W.T (S)	65.00	-15.79	-1026.35	3.14	204.10	10.50
FRESH WATER TOTAL	134.00	-15.79	-2115.86		359.60	21.10
NO1 F.O.T (P)	5.00	7.15	35.75	1.43	7.15	0.70
NO1 F.O.T (S)	5.00	7.15	35.75	1.43	7.15	0.70
NO2 F.O.T (P)	0.00	16.29	0.00	1.44	0.00	8.60
NO2 F.O.T (S)	0.00	16.29	0.00	1.44	0.00	8.60
NO3 F.O.T (P)	0.00	23.52	0.00	1.46	0.00	3.40
NO3 F.O.T (S)	28.00	24.07	673.96	2.66	74.48	19.52
FUEL OIL TOTAL	38.00	19.62	745.46		88.78	41.52
D.O.T (P)	7.00	39.12	273.84	6.59	46.13	4.10
D.O.T (S)	10.00	38.30	383.00	5.24	52.40	0.00
DIESEL OIL TOTAL	17.00	38.64	656.84		98.53	4.10
L.O.T ©	5.00	32.87	164.35	0.55	2.75	1.50
Lub Oil	5.00	32.34	161.70	1.18	5.90	1.50
CONSTANT	132.00	27.60	3643.20	9.77	1289.64	0.00
LIGHT WEIGHT	2849.00	4.83	13760.67	8.79	25042.71	0.00
TOTAL	2991.00	5.93	17729.92	8.81	26341.00	3.00
DISPL	10386.19	-1.1644	-12093.33	6.4463	66952.68	2825.86
DRAFT (EQ) (m)	7.97	MID.G (m)	-1.164	T.KM (m)	7.97	
DRAFT hiệu chỉnh	8.01	MID.B (m)	-1.18	K G (m)	6.45	
D(f)	8.00	B G (m)	0.02	G M (m)	1.52	
D(a)	8.02	MID.F (m)	1.67	G Go (m)	0.27	
D(m)	8.01	M.T.C (t-m)	92.6	GoM (m)	1.26	
TRIM (m)	0.02	T.P.C (t)	15.2			

Density

1.020

12. Thông số của tàu TÂN BÌNH 234 tại thời điểm thực nghiệm

