

ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA
KHOA CƠ KHÍ GIAO THÔNG

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP
CAPSTONE PROJECT
NGÀNH: KỸ THUẬT TÀU THUY

ĐỀ TÀI:

THIẾT KẾ HÌNH DÁNG THÂN TÀU CHỖ HÀNG
KHÔ TRỌNG TẢI 3800 DWT HOẠT ĐỘNG
TRONG VÙNG BIỂN HẠN CHẾ CẤP I

Người hướng dẫn: TS. NGUYỄN TIẾN THỪA
Người phản biện: TS. NGUYỄN VĂN MINH
Sinh viên thực hiện: NGUYỄN ĐẮC HOÀNG LONG
Số thẻ sinh viên: 103200292
Lớp: 20KTTT

Đà Nẵng, 06/2025

TÓM TẮT

Tên đề tài: **Thiết kế hình dáng thân tàu chở hàng khô trọng tải 3800 DWT hoạt động trong vùng biển hạn chế cấp I**

Sinh viên thực hiện: Nguyễn Đắc Hoàng Long

Số thẻ SV: 103200292 Lớp: 20KTTT

Trong bài thuyết minh Capstone project này, em thực hiện tính toán, thiết kế hình dáng tàu thủy với tải trọng 3800DWT hoạt động trong vùng hạn chế cấp I. Em đã vận dụng các kiến thức về thiết kế tàu đã học, các phương pháp thiết kế tuyến hình tàu, tính toán đặc tính thủy tĩnh, tính ổn định nguyên vẹn. Bên cạnh đó em kết hợp vào đó là mô phỏng chuyển động của tàu trên sóng trong điều kiện cụ thể. Qua đó đánh giá được tính ổn định và tính đi biển của tàu thiết kế. Bài thuyết minh Capstone project gồm có 5 chương gồm:

Chương 1: Thiết kế sơ bộ

Chương 2: Thiết kế tuyến hình tàu

Chương 3: Tính toán đặc tính thủy tĩnh, ổn định của tàu

Chương 4: Mô phỏng chuyển động của tàu trên sóng

Chương 5: Kết luận

LỜI NÓI ĐẦU

Ngành công nghiệp đóng tàu hiện nay đang ngày càng phát triển mạnh mẽ để đáp ứng nhu cầu vận chuyển hàng hoá trong nước và quốc tế. Trong bối cảnh đó, việc thiết kế và tối ưu hoá hình dáng tàu thủy là một trong những nhiệm vụ then chốt nhằm đảm bảo hiệu quả khai thác, an toàn vận hành và tiết kiệm năng lượng. Đặc biệt, đối với các tàu hoạt động trong vùng hạn chế cấp I – nơi có đặc điểm thủy văn, khí hậu và địa hình đặc thù – việc lựa chọn và thiết kế hình dáng tàu phải được nghiên cứu một cách kỹ lưỡng, đảm bảo phù hợp với điều kiện khai thác thực tế.

Đề án tốt nghiệp – Capstone Project của em với đề tài “Thiết kế hình dáng tàu thủy với tải trọng 3800DWT hoạt động trong vùng hạn chế cấp I” được thực hiện nhằm mục tiêu nghiên cứu, xây dựng mô hình thiết kế tối ưu cho loại tàu hàng cỡ nhỏ, có thể hoạt động hiệu quả trong khu vực biển ven bờ. Thông qua việc áp dụng các phương pháp tính toán gần đúng và phần mềm chuyên ngành, đề án không chỉ dừng lại ở thiết kế sơ bộ mà còn đi sâu vào phân tích đặc tính thủy tĩnh và mô phỏng chuyển động của tàu trên sóng.

Qua quá trình thực hiện đề án tốt nghiệp – Capstone Project, em đã có cơ hội tiếp cận thực tiễn thiết kế tàu chở hàng khô, vận dụng tổng hợp kiến thức đã học và nâng cao khả năng nghiên cứu, tư duy kỹ thuật trong lĩnh vực đóng tàu. Em xin chân thành cảm ơn các thầy, các cô Trường Đại học Bách Khoa – Đại học Đà Nẵng, đặc biệt là các thầy, cô trong Khoa Cơ khí Giao thông và Bộ môn Kỹ thuật Tàu thủy, đã tận tình giảng dạy, định hướng và trang bị cho em nền tảng kiến thức vững chắc trong suốt quá trình học tập. Đặc biệt em xin gửi lời cảm ơn sâu sắc tới thầy TS. Nguyễn Tiến Thừa đã đồng hành, hướng dẫn cho em rất nhiệt tình và tâm huyết trong suốt quá trình làm đề án tốt nghiệp – Capstone Project. Trong quá trình thực hiện đề án tốt nghiệp, mặc dù đã nỗ lực tập trung và hoàn thành tốt nhất trong khả năng của mình, nhưng em khó tránh khỏi những thiếu sót ngoài ý muốn. Kính mong quý thầy xem xét, nhận xét và góp ý để em có thể tiếp thu, điều chỉnh và hoàn thiện hơn. Những ý kiến đóng góp quý báu của thầy sẽ là hành trang quan trọng giúp em phát triển bản thân và phục vụ tốt hơn cho công việc sau này.

Em xin chân thành cảm ơn!

Đà Nẵng, ngày 18 tháng 06 năm 2025

Sinh viên thực hiện

Nguyễn Đắc Hoàng Long

MỤC LỤC

TÓM TẮT	i
LỜI NÓI ĐẦU	ii
MỤC LỤC	iii
DANH SÁCH CÁC HÌNH VẼ	vi
DANH SÁCH CÁC BẢNG	vii
CHƯƠNG 1: THIẾT KẾ SƠ BỘ	1
1.1. Vùng hoạt động và công dụng của tàu thiết kế	1
1.2. Lựa chọn kích thước cơ bản của tàu	2
1.2.1. Khảo sát tàu tham khảo	2
1.2.2. Xác định sơ bộ lượng chiếm nước	3
1.2.3. Kích thước cơ bản của tàu thiết kế	3
1.2.4. Các hệ số béo	4
1.3. Kiểm tra lượng chiếm nước qua các thành phần khối lượng tàu	5
1.3.1. Khối lượng vỏ tàu	5
1.3.2. Khối lượng trang thiết bị tàu và hệ thống tàu	5
1.3.3. Khối lượng thiết bị năng lượng	6
1.3.4. Lượng dự trữ lượng chiếm nước	6
1.3.5. Khối lượng nhiên liệu, dầu mỡ, nước cấp	6
1.3.6. Khối lượng thuyền viên, đồ ăn, nước uống	7
1.3.7. Khối lượng hàng hoá	7
1.4. Kiểm tra	8
1.4.1. Kiểm tra ổn định ban đầu	8
1.4.2. Kiểm tra chu kỳ lắc ngang	9
1.4.3. Kiểm tra dung tích tàu	10
CHƯƠNG 2: THIẾT KẾ TUYẾN HÌNH TÀU	11
2.1. Phương pháp thiết kế	11
2.1.1. Phương pháp thiết kế không theo tàu tham khảo	11

2.1.2. Phương pháp thiết kế theo tàu tham khảo	11
2.1.3. Thông số tàu tham khảo	14
2.1.4. Tuyến hình tàu thiết kế	15
2.2. Kiểm tra và hiệu chỉnh tuyến hình.....	17
2.2.1. Diện tích sườn lý thuyết	18
2.2.2. Kiểm nghiệm lại lượng chiếm nước và hoành độ tâm nổi	20
2.2.3. Kiểm nghiệm đường nước thiết kế và hoành độ tâm đường nước.....	21
CHƯƠNG 3: TÍNH TOÁN ĐẶC TÍNH THUYẾT TĨNH, ỔN ĐỊNH CỦA TÀU THIẾT KẾ.....	23
3.1. Cơ sở lý thuyết.....	23
3.1.1. Đồ thị thủy lực Bonjean	23
3.1.2. Các đại lượng, công thức và phương pháp tính toán.....	23
3.2. Tính toán đặc tính thủy tĩnh.....	29
3.2.1. Các yếu tố đường nước.....	29
3.2.2. Các yếu tố thân tàu	38
3.2.3. Sử dụng phần mềm Maxsurf tính đặc tính thủy tĩnh	42
3.2.4. So sánh kết quả tính toán thủ công và phần mềm Maxsurf.....	43
3.3. Tính toán ổn định nguyên vẹn	44
3.3.1. Dựng sườn Tchebyshev	44
3.3.2. Xây dựng đồ thị Pantokaren	46
3.3.3. Xác định cánh tay đòn ổn định hình dáng.....	57
3.3.4. Kiểm tra tính ổn định ngang.....	58
3.3.5. Sử dụng phần mềm Maxsurf tính toán ổn định	59
3.4. Kết luận.....	63
CHƯƠNG 4: MÔ PHỎNG CHUYỂN ĐỘNG CỦA TÀU TRÊN SÓNG.....	65
4.1. Chuyển động tàu trên sóng	65
4.2. Hệ tọa độ và ký hiệu	65
4.3. Cơ sở lý thuyết.....	66
4.4. Thiết lập tính toán mô phỏng.....	68
4.4.1. Geometry – Khởi tạo hình học	68
4.4.2. Meshing – chia lưới mô hình.....	70
4.4.3. Thiết lập tính toán.....	71
4.5. Kết quả mô phỏng.....	72

4.5.1. Chuyển động lắc đứng (Heave).....	72
4.5.2. Chuyển động lắc ngang (Roll).....	73
4.5.3. Chuyển động lắc dọc (Pitch)	74
4.6. Kết luận.....	74
KẾT LUẬN	76
TÀI LIỆU THAM KHẢO	77

DANH SÁCH CÁC HÌNH VẼ

Hình 1.1 Tuyến đường Hải Phòng - Hồng Kông, SEARATES by DP WORLD. https://www.searates.com/distance-time/	1
Hình 1. 2 Bản đồ tuyến đường Hải Phòng - Hồng Kông, SEARATES by DP WORLD https://www.searates.com/distance-time/	2
Hình 1.3 Phân bố khối lượng của tàu tham khảo	5
Hình 1.4 Cánh tay đòn ổn định tàu GZ và chiều cao tâm nghiêng GM.....	8
Hình 2.1 Tuyến hình tàu tham khảo	13
Hình 2.2 Phương pháp hình thang.....	18
Hình 3.1 Minh hoạ phương pháp hình thang áp dụng để tính đồ thị Bonjean	24
Hình 3.2 Đồ thị Bonjean.....	29
Hình 3.3 Sử dụng phương pháp hình thang tính toán yếu tố đường nước	30
Hình 3.4 Mặt cắt ngang sườn Tchebyshev	46
Hình 3.5 Độ dài a và b trên đường nước	46
Hình 3.6 Đường nước tương đương WL'_θ	47
Hình 3.7 Đường nước $WL_{\theta+\Delta\theta}$	47
Hình 3.8 Các đường đẳng tích tại trạng thái 1.....	57
Hình 3.9 Đồ thị cánh tay đòn ổn định trạng thái 1	58
Hình 3.10 Đồ thị ổn định được vẽ bằng Maxsurf cho Trạng thái 1	60
Hình 3.11 Đồ thị ổn định được vẽ bằng Maxsurf cho Trạng thái 2	61
Hình 3.12 Đồ thị ổn định được vẽ bằng Maxsurf cho Trạng thái 3	62
Hình 3.13 Đồ thị ổn định được vẽ bằng Maxsurf cho Trạng thái 4	63
Hình 4.1 Hướng sóng so với phương chuyển động tàu thủy.....	65
Hình 4.2 Hệ trục tọa độ thân tàu.....	66
Hình 4.3 Model 3D tàu thiết kế trong Ansys	69
Hình 4.4 Thiết lập chiều chìm tàu trong mô phỏng.....	70
Hình 4.5 Chia lưới cho mô hình 3D	70
Hình 4.6 Miền môi trường tính toán.....	71
Hình 4.7 Đồ thị RAOs của tàu chuyển động theo trục Oz	73
Hình 4.8 Đồ thị RAOs - Chuyển động quay quanh trục Ox	73
Hình 4.9 Đồ thị RAOs- Chuyển động quay quanh trục Oy	74

DANH SÁCH CÁC BẢNG

Bảng 1.1 Thông số cơ bản của tàu tham khảo SCV – 16.....	2
Bảng 2.1 Các thông số chủ yếu của tàu thiết kế.....	14
Bảng 2.2 Vị trí các đường cắt dọc, cắt ngang và đường nước của tuyến hình.....	15
Bảng 2.3 Trị số tuyến hình tàu theo nửa chiều rộng	16
Bảng 2.4 Trị số tuyến hình tàu theo nửa chiều cao	17
Bảng 2.5 Tính lượng chiếm nước bằng phương pháp hình thang.....	20
Bảng 2.6 Tính toán diện tích đường nước thiết kế.....	22
Bảng 3.1 Tính diện tích và momen sườn 0.....	24
Bảng 3.2 Tính diện tích và momen sườn 1.....	25
Bảng 3.3 Tính diện tích và momen sườn 2.....	25
Bảng 3.4 Tính diện tích và momen sườn 3.....	25
Bảng 3.5 Tính diện tích và momen sườn 4.....	25
Bảng 3.6 Tính diện tích và momen sườn 5.....	26
Bảng 3.7 Tính diện tích và momen sườn 6.....	26
Bảng 3.8 Tính diện tích và momen sườn 7.....	26
Bảng 3.9 Tính diện tích và momen sườn 8 – 14.....	26
Bảng 3.10 Tính diện tích và momen sườn 15.....	27
Bảng 3.11 Tính diện tích và momen sườn 16.....	27
Bảng 3.12 Tính diện tích và momen sườn 17.....	27
Bảng 3.13 Tính diện tích và momen sườn 18.....	28
Bảng 3.14 Tính diện tích và momen sườn 19.....	28
Bảng 3.15 Tính diện tích và momen sườn 20.....	28
Bảng 3.16 Các yếu tố thủy tĩnh của đường nước 0 tính theo phương pháp gần đúng ..	31
Bảng 3.17 Các yếu tố thủy tĩnh của đường nước 1 tính theo phương pháp gần đúng ..	32
Bảng 3.18 Các yếu tố của đường nước 2 tính theo phương pháp gần đúng	33
Bảng 3.19 Các yếu tố của đường nước 3 tính theo phương pháp gần đúng	34
Bảng 3.20 Các yếu tố của đường nước 4 tính theo phương pháp gần đúng	34
Bảng 3.21 Các yếu tố của đường nước 5 tính theo phương pháp gần đúng	35
Bảng 3.22 Các yếu tố của đường nước thiết kế tính theo phương pháp gần đúng.....	36

Bảng 3.23 Các yếu tố của đường nước 6 tính theo phương pháp gần đúng	37
Bảng 3.24 Đặc tính thủy lực của tàu	40
Bảng 3.25 Kết quả tính toán đặc tính thủy tĩnh bằng phần mềm Maxsurf.....	42
Bảng 3.26 So sánh giá trị tính toán thủ công và phần mềm Maxsurf	43
Bảng 3.27 Vị trí sườn Tchebyshev	45
Bảng 3.28 Độ cao ngang boong của sườn Tchebyshev.....	45
Bảng 3.29 Giá trị khối lượng trạng thái tàu.....	48
Bảng 3.30 Tính toán sườn Tchebyshev cho góc nghiêng $\theta = 10^\circ$	48
Bảng 3.31 Tính toán sườn Tchebyshev cho góc nghiêng $\theta = 20^\circ$	49
Bảng 3.32 Tính toán sườn Tchebyshev cho góc nghiêng $\theta = 30^\circ$	50
Bảng 3.33 Tính toán sườn Tchebyshev cho góc nghiêng $\theta = 40^\circ$	51
Bảng 3.34 Tính toán sườn Tchebyshev cho góc nghiêng $\theta = 50^\circ$	52
Bảng 3.35 Tính toán sườn Tchebyshev cho góc nghiêng $\theta = 60^\circ$	53
Bảng 3.36 Tính toán sườn Tchebyshev cho góc nghiêng $\theta = 70^\circ$	54
Bảng 3.37 Tính toán sườn Tchebyshev cho góc nghiêng $\theta = 80^\circ$	55
Bảng 3.38 Tính toán sườn Tchebyshev cho góc nghiêng $\theta = 90^\circ$	55
Bảng 3.39 Cánh tay đòn ổn định hình dáng Pantokaren của trạng thái 1	57
Bảng 3.40 Cánh tay đòn ổn định tĩnh và cánh tay đòn ổn định động của trạng thái 1 ..	58
Bảng 3.41 Kết quả tính toán bằng phần mềm Maxsurf tại trạng thái 1	60
Bảng 3.42 Kiểm tra tính ổn định	60
Bảng 3.43 Kết quả tính toán bằng phần mềm Maxsurf tại Trạng thái 2	61
Bảng 3.44 Kiểm tra tính ổn định	61
Bảng 3.45 Kết quả tính toán bằng phần mềm Maxsurf tại Trạng thái 3	62
Bảng 3.46 Kiểm tra tính ổn định	62
Bảng 3.47 Kết quả tính toán bằng phần mềm Maxsurf tại Trạng thái 4	63
Bảng 3.48 Kiểm tra tính ổn định	63
Bảng 4.1 Thông số thiết lập mô hình	69
Bảng 4.2 Thiết lập điều kiện sóng.....	72

CHƯƠNG 1: THIẾT KẾ SƠ BỘ

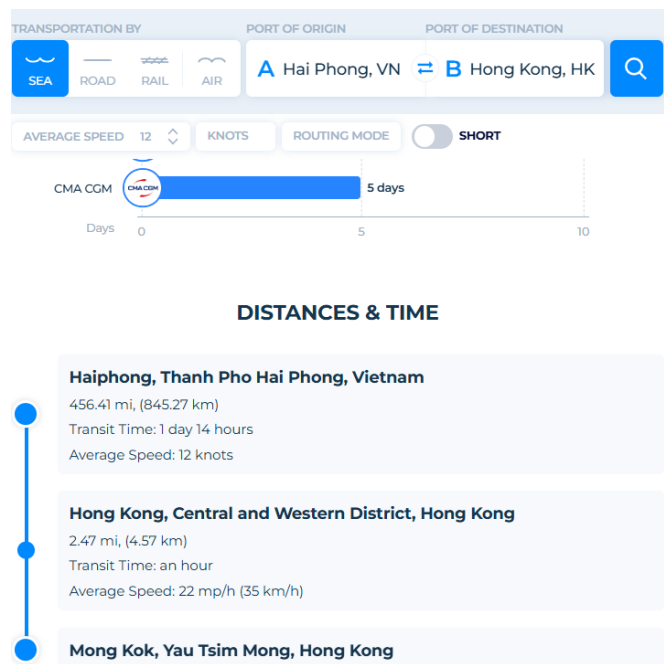
1.1. Vùng hoạt động và công dụng của tàu thiết kế

Tàu chở hàng khô hoạt động trong vùng hạn chế cấp I với phạm vi hoạt động cách nơi trú ẩn gần nhất không quá 200 hải lý. Trong vùng hoạt động này, tàu có thể chịu sức gió lên đến cấp 7 với tốc độ gió từ 13,1 đến 17,1 m/s và độ cao sóng trung bình khoảng 4 m, biển động, trích Bảng cấp độ gió bão [1].

Tàu được xuất phát từ cảng Hải Phòng đến cảng Hồng Kông với quãng đường đi là 734 hải lý. Vận tải biển tuyến Việt Nam – Hồng Kông là một trong những tuyến được mở sớm nhất của nước ta. Tàu từ Hải Phòng đi Hồng Kông phải vòng xuống dưới eo Hải Nam xa thêm 180 hải lý [2]. Vùng biển tại Hồng Kông và tại Việt Nam có tính chất khá tương đối giống nhau, đều chịu ảnh hưởng của khí hậu nhiệt đới gió mùa. Ở vùng biển này mưa tập trung vào tháng 6, 7. Lượng mưa trung bình là 1964 mm. Gió mùa Đông Bắc từ tháng 11 đến tháng 3 năm sau, thường từ cấp 5 đến cấp 7. Tại vùng biển Đông có thể xuất hiện bão đột ngột, từ tháng 11 đến tháng 4 năm sau thường có sương mù, tàu hành trình khó khăn [2].

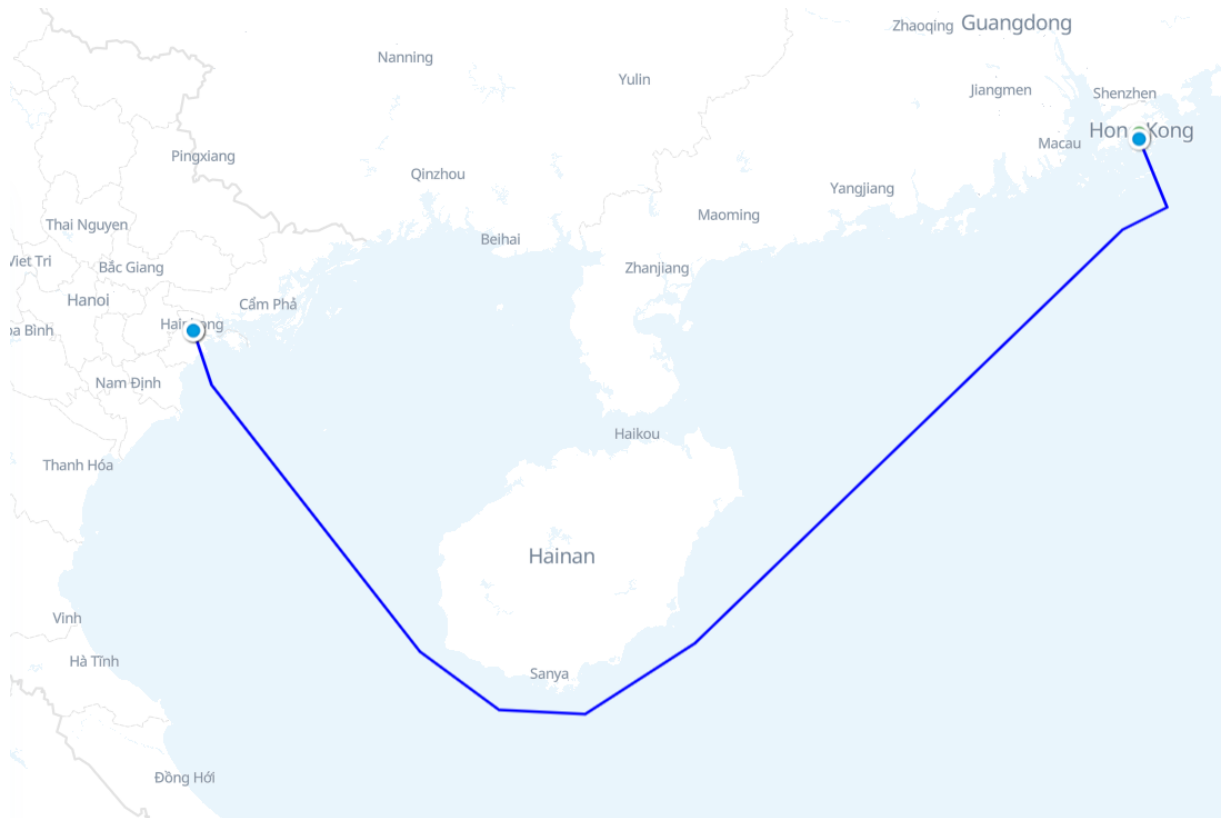
Tàu được thiết kế thoả mãn theo “Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về phân cấp và đóng tàu biển vỏ thép QCVN 21:2015/BGTVT.

Tàu chở hàng khô trọng tải 3800DWT được thiết kế phù hợp với việc vận chuyển hàng khô, bao gồm một loạt các mặt hàng cần thiết cho thương mại toàn cầu. Từ hàng hóa bán lẻ và phụ tùng ô tô đến linh kiện điện tử và các sản phẩm giấy, hàng khô thường được vận chuyển trong container hoặc hầm tàu. Có các loại tàu chở hàng khô như tàu Ro – Ro, tàu chở hàng rời, tàu chở hàng tổng hợp, tàu container, ...



Hình 1.1 Tuyến đường Hải Phòng - Hồng Kông, SEARATES by DP WORLD.
<https://www.searates.com/distance-time/>

Thiết kế hình dáng thân tàu chở hàng khô trong tải 3800 DWT hoạt động trong vùng biển hạn chế cấp I



Hình 1. 2 Bản đồ tuyến đường Hải Phòng - Hồng Kông, SEARATES by DP WORLD
<https://www.searates.com/distance-time/>

1.2. Lựa chọn kích thước cơ bản của tàu

1.2.1. Khảo sát tàu tham khảo

Tàu được thiết kế dựa theo tàu chở hàng khô SCV – 16 của Tổng công ty Công nghiệp Tàu thủy Việt Nam. Tàu được thiết kế dạng thoát nước, hình dáng sườn mũi có dạng chữ V, sườn giữa tàu và đuôi tàu có hình dạng chữ U bóp dần về phía đuôi với mục đích giảm tác dụng của dòng theo. Ở phần đuôi tàu được nâng lên về phía vách đuôi để đảm bảo rằng chân vịt có thể nằm phía dưới mặt nước, tăng hiệu suất chân vịt.

Tàu mẫu có các thông số cơ bản sau:

Bảng 1.1 Thông số cơ bản của tàu tham khảo SCV – 16

STT	Thông số	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị
1	Chiều dài lớn nhất	L_{max}	79,90	m
2	Chiều dài thiết kế	L_{tk}	73	m
3	Chiều rộng thiết kế	B_{tk}	13,20	m
4	Chiều cao mạn	H	7	m
5	Chiều chìm	d	5,75	m

6	Hệ số béo	C_B	0,76	-
7	Trọng tải	DWT	3385	Tấn
8	Vận tốc	V_s	12	HL/h
9	Thuyền viên	n	18	người
10	Máy chính	LB8250Z _L C _Z -7		
11	Tỷ lệ L/B	L/B	6,05	-
12	Tỷ lệ B/T	B/T	2,295	-
13	Tỷ lệ H/T	H/T	1,217	-

1.2.2. Xác định sơ bộ lượng chiếm nước

Trong quá trình thiết kế sơ bộ kích thước sơ bộ của tàu việc xác định lượng chiếm nước sơ bộ có vai trò quan trọng trong việc đảm bảo trọng tải của tàu và thường là đại lượng xác định đầu tiên, sau đó thì xác định lần lượt các kích thước khác của tàu.

Dựa vào Bảng 6.9 Hệ số sử dụng [4], với loại tàu hàng hàng khô, hệ số tải trọng cho tàu thiết kế là: $\eta = (0,50 - 0,73)$. Chọn

Tải trọng thiết kế của tàu thiết kế là: $DWT = 3800 \text{ T}$

$$\rightarrow \text{Lượng chiếm nước sơ bộ của tàu là: } D_{SB} = \frac{DWT}{\eta} = \frac{3800}{0,73} = 5205,48 \text{ T}$$

1.2.3. Kích thước cơ bản của tàu thiết kế

Các chỉ tiêu xác định kích thước:

- Quan hệ L/B có ảnh hưởng đến tính ổn định ban đầu, sức cản tàu và khả năng chịu momen uốn chung của tàu khi tàu di chuyển trên sóng. Dựa vào tỷ lệ L/B của tàu tham khảo $L/B = 5,530$
- Tỷ lệ B/T có ảnh hưởng lớn đến tính ổn định của tàu, tính lắc dọc và lắc ngang của tàu. Tỷ lệ này đã tính toán thông kê trong Bảng 6.3 Tỷ lệ B/T tàu hàng khô [4]. Với trọng tải 3800 DWT và tỷ lệ B/T của tàu tham khảo, chọn $B/T = 2,295$
- Tỷ lệ H/T với mục đích xác định mức nước và ảnh hưởng của sức cản tác dụng lên thân tàu. Sử dụng kết quả thông kê Bảng 6.4 Tỷ lệ các kích thước chính [4]. Với tàu đi biển cỡ nhỏ và tỷ lệ H/T của tàu tham khảo, chọn $H/T = 1,217$

Xác định kích thước chủ yếu của tàu:

- Chiều dài sơ bộ L_{SB} : Dựa vào phương trình lực nổi

$$D = \gamma \cdot C_B \cdot L \cdot B \cdot T \tag{1.1}$$

$$\rightarrow D = \gamma \cdot C_B \cdot \frac{L^3}{\left(\frac{L}{B}\right)^2 \cdot \frac{B}{T}} \quad (1.2)$$

$$\rightarrow L = \sqrt[3]{\frac{D \cdot \left(\frac{L}{B}\right)^2 \cdot \frac{B}{T}}{\gamma \cdot C_B}} \quad (1.3)$$

$$\rightarrow L_{SB} = 77,70 \text{ m}$$

- Các kích thước sơ bộ khác:

$$+ \text{ Chiều rộng: } B = \frac{L}{L/B} = 14,05 \text{ m} \quad (1.4)$$

$$+ \text{ Chiều chìm: } T = \frac{B}{B/T} = 6,12 \text{ m} \quad (1.5)$$

$$+ \text{ Chiều cao: } H = T \times (H/T) = 7,45 \text{ m} \quad (1.6)$$

1.2.4. Các hệ số béo

- Hệ số béo thể tích C_B được lấy theo tàu mẫu để đảm bảo tính ổn định và đặc tính thủy động lực học của tàu. $C_B = 0,76$

- Hệ số béo lặn trụ C_P ảnh hưởng đến sức cản của thân tàu, được xác định dựa vào số Froude theo công thức (6.28) [4].

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{gL}} = 0,223 \quad (1.7)$$

$$C_P = 1,214 - 2,32Fr = 0,696 \quad (1.8)$$

- Hệ số sườn giữa C_M được xác định dựa vào công thức nghiệm (6.31) [4] với tàu vận tải chạy chậm và trung bình, $C_B \geq 0,615$ và $C_P \geq 0,632$

$$C_M = 0,928 + 0,08 C_B = 0,984 \quad (1.9)$$

- Hệ số đầy đường nước C_W , tàu vận tải ven biển, $C_B > 0,65$, công thức (6.34) [4].

$$C_W = 0,73C_B + 0,3 = 0,85 \quad (1.10)$$

- Diện tích đường nước thiết kế: $A_W = C_W \cdot B \cdot L = 933,26 \text{ m}^2$ (1.11)

- Hoàn độ tâm nổi của tàu thiết kế với hệ số béo lớn hơn 0,65 được tính theo công thức được suy diễn từ đồ thị bề thử Wageningen [7] Trang 165:

$$\frac{X_B}{L} = 0,022 \times \left[\text{Sin} \left(\frac{\pi}{2} \times \frac{C_B - 0,65}{0,15} \right) \pm 0,5 \right] \quad (1.12)$$

$$\rightarrow \frac{X_B}{L} \in (0,91 \div 0,0311)$$

$$\rightarrow X_B \in (0,71 \div 2,42) \text{ (m)}$$

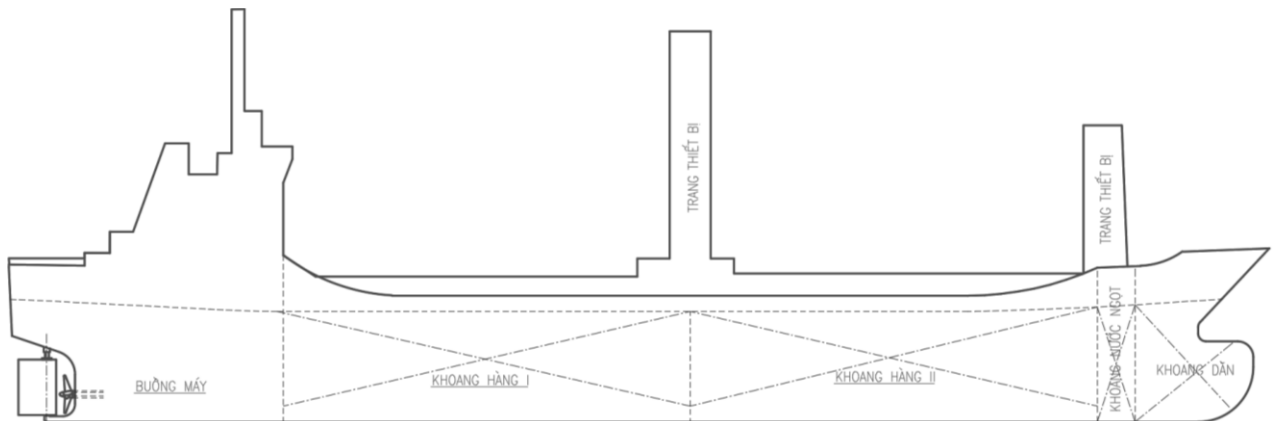
- Hoàn độ tâm đường nước của tàu thiết kế:

$$X_f = -\frac{L}{100} \times (1,75 - C_w + 3,5C_w^2) \sqrt{1 - C_w} \quad (1.13)$$

$$\rightarrow X_f = -0,8716 \text{ m}$$

1.3. Kiểm tra lượng chiếm nước qua các thành phần khối lượng tàu

Trong quá trình thiết kế tàu, việc xác định tương đối các thành phần khối lượng đóng vai trò quan trọng trong việc đảm bảo tính ổn định, sức bền và hiệu suất hoạt động của tàu. Khối lượng của tàu bao gồm nhiều thành phần khác nhau, mỗi thành phần ảnh hưởng trực tiếp đến khả năng chuyên chở, tính an toàn và tính kinh tế của con tàu. Do đó, cần phân tích chi tiết các thành phần chính như khối lượng vỏ tàu, khối lượng máy móc thiết bị, khối lượng trang thiết bị phục vụ sinh hoạt, hàng hóa, nhiên liệu, nước ngọt, cũng như dự trữ an toàn.



Hình 1.3 Phân bố khối lượng của tàu tham khảo

1.3.1. Khối lượng vỏ tàu

Khối lượng vỏ tàu được tính là tổng các chi tiết kết cấu của tàu, vách và vỏ tàu, ... Theo công thức nghiệm Trang 416 [4]:

$$p_v = \frac{W_v}{L \times B \times H} \quad (\text{T/m}^3) \quad (1.14)$$

Trong đó: W_v là khối lượng thân tàu (T)
 H là chiều cao tương ứng (m),
 p_v là hệ số khối lượng thân tàu

$$\rightarrow \text{Khối lượng thân tàu: } W_{v1} = p_{v1} \times L \times B \times H = 668,22 \text{ (T)} \quad (1.15)$$

$$\rightarrow \text{Khối lượng thượng tầng: } W_{v2} = p_{v2} \times L \times B \times H = 133,65 \text{ (T)} \quad (1.16)$$

Vậy khối lượng tàu: $W_v = W_{v1} + W_{v2} = 801,87 \text{ (T)}$

1.3.2. Khối lượng trang thiết bị tàu và hệ thống tàu

Khối lượng của thiết bị tàu và hệ thống tàu được xác định tương đối qua công thức

$$p_{TT} = \frac{W_{TT}}{L \times B \times H} \rightarrow W_{TT} = p_{TT} \times L \times B \times T \text{ theo [4] Trang 416}$$

$p_{TT} \in (47 \div 53)$ đối với tàu cỡ vừa và nhỏ \rightarrow Chọn $p_{TT} = 50$

Vậy giá trị khối lượng của thành phần này là: $W_{TT} = 334,11$ (T)

1.3.3. Khối lượng thiết bị năng lượng

Khối lượng của thiết bị năng lượng được tính dựa vào công suất của thiết bị năng lượng theo công thức (2.25) [3]. $W_{NL} = p_{NL} Ne$

Trong đó: N là công suất của thiết bị năng lượng, kW

$$\text{Theo công thức (2.31) [3]: } N = \frac{D^{2/3} \times V^3}{C} = 2027,14 \text{ HP} \quad (1.17)$$

Với D là lượng chiếm nước, $D = 5205,48$ (T)

$V = 12$ Hl/h. Chọn theo vận tốc tàu tham khảo

C là hệ số Hải Quân được xác định dựa vào công thức (2.136) Tr135 [5]

$$C = \frac{10}{0,9} (1,82\sqrt{L} + 7) = 256,04 \quad (1.18)$$

Chọn hiệu suất của động cơ là $\eta = 0,98$

$$\text{Suy ra công suất máy chính là: } Ne = \frac{N}{\eta} = 2068,51 \text{ HP}$$

Trong thực tế, khi tàu hoạt động thì ta cần chọn tăng thêm 15% công suất máy để đảm bảo công suất dự trữ của máy chính.

$$\rightarrow Ne = 115\% \times 2068,51 = 2387,78 \text{ HP} = 1772,19 \text{ kW}$$

Trọng lượng của thiết bị năng lượng:

$$\text{Theo công thức (2.29) [3]: } p_{NL} = \frac{1050 \pm 100}{N^{1/3}} = 0,075 \text{ (T/m}^3\text{)} \quad (1.19)$$

Khối lượng tổng của động cơ chính kể cả trang thiết bị bù công suất là:

$$\rightarrow W_{NL} = p_{NL} \cdot Ne = 178,41 \text{ (T)}$$

1.3.4. Lượng dự trữ lượng chiếm nước

Theo Nogid trong thiết kế tàu thủy [5], lượng chiếm nước dự trữ lấy bằng 3 – 4 % lượng chiếm nước của tàu không.

$$W_{DT} = 4\%. (D_{SB} - DWT) = 56,22 \text{ (T)}$$

1.3.5. Khối lượng nhiên liệu, dầu mỡ, nước cấp

Thành phần khối lượng này chủ yếu là khối lượng dự trữ nhiên liệu, theo công thức (2.46) Trang 34 [3].

$$W_5 = W_{CD} + W_{DM} + W_{NC}$$

Trong đó: W_{TH} là khối lượng phần tiêu hao nhiên liệu, dầu mỡ, nước cấp

W_{CD} là khối lượng chất đốt cho động cơ và các nhu cầu khác

W_{DM} là khối lượng dầu mỡ cho bôi trơn

W_{NC} là khối lượng nước cấp cho nồi hơi

- Khối lượng chất đốt:

$$W_{CD} = k_m \cdot t \cdot p_{CD} \cdot N \quad (1.20)$$

Với k_m là hệ số dự trữ đi biển, $k_m = 1,4$

t là thời gian hành trình, $t = 76,13$ (giờ)

p_{CD} là suất tiêu hao nhiên liệu, $p_{CD} = 0,12 \times 10^{-3}$ (T/kW.h) [3]

N là tổng công suất máy chính, $N = N_e = 1772,19$ (kW)

→ Khối lượng chất đốt: $W_{CD} = 22,66$ (T)

- Theo [3] Trang 35 các thành phần được nêu trong khối lượng này đều được đặc trưng bởi các mối quan hệ như sau:

$$+ \text{ Khối lượng dầu mỡ: } \frac{W_{DM}}{W_{CD}} = (0,015 - 0,06). \text{ Chọn } \frac{W_{DM}}{W_{CD}} = 0,03$$

$$\rightarrow W_{DM} = 0,03 \times W_{CD} = 0,68 \text{ (T)}$$

$$+ \text{ Khối lượng nước cấp: } \frac{W_{NC}}{W_{CD}} = 0 \text{ (T)}$$

Vậy khối lượng nhiên liệu, dầu mỡ, nước cấp là:

$$W_5 = W_{CD} + W_{DM} + W_{NC} = 23,35 \text{ (T)}$$

1.3.6. Khối lượng thuyền viên, đồ ăn, nước uống

Theo [3] Trang 33, khối lượng thuyền viên được ước tính gồm tổng khối lượng thuyền viên, hành lý là 120 kg với số lượng thuyền viên 18 người thì

$$W_{TV} = 18 \times 120 = 2,16 \text{ (T)}$$

Khối lượng đồ ăn, lương thực cho 1 người trong 1 ngày 1 đêm khoảng 3 kg là W_{da} . Tuyến đường cảng Hải Phòng – Hồng Kông, thời gian thực hiện tuyến đường đi và về với vận tốc 12 hải lý / giờ là:

$$T = \frac{2S}{V} = \frac{2 \times 845}{12} = 76,13 \text{ (giờ)} = 3 \text{ ngày } 10 \text{ giờ } 20 \text{ phút.}$$

$$\rightarrow W_{da} = 3 \times 18 \times 3,5 = 0,189 \text{ (T)}$$

Lượng nước cấp cho mỗi thuyền viên bao gồm thức uống và sinh hoạt cho 1 ngày đêm là 50 lít. Quy đổi thành khối lượng là 0,05 T.

$$\rightarrow W_n = 0,05 \times 18 \times 3,5 = 3,15 \text{ (T)}$$

Vậy tổng khối lượng của thành phần này là: $W_6 = W_{TV} + W_{da} + W_n = 5,50$ (T)

1.3.7. Khối lượng hàng hoá

Khối lượng hàng hoá chính là trọng tải thiết kế của tàu: $W_{HH} = 3800$ T

Nhận xét: Tổng toàn bộ khối lượng của tàu là:

$$W_{\Sigma} = \sum W_{tp} = W_V + W_2 + W_{NL} + W_{DT} + W_5 + W_6 + W_{HH} = 5170,62(T)$$

$$\rightarrow D_{\Sigma} = \frac{W_{\Sigma}}{\gamma} = 5044,5(m^3)$$

Với sai số lượng chiếm nước sơ bộ là:

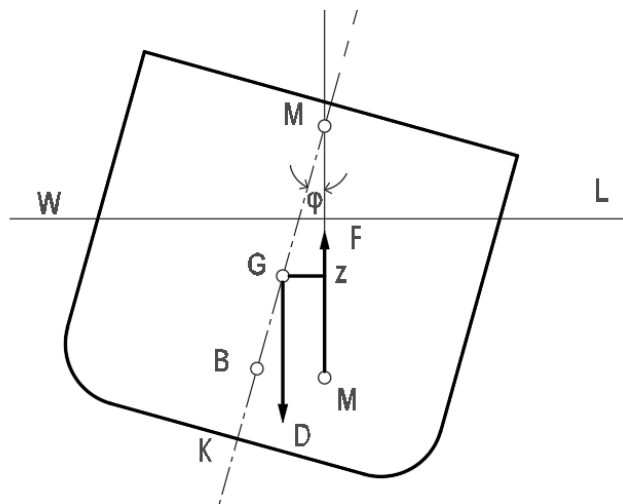
$$\rightarrow \Delta D = \frac{|D_{\Sigma} - D_{SB}|}{D_{SB}} = 3,09\% (< 5\%)$$

Sai số khi ước tính sơ bộ của tàu thiết kế là 3,09% (< 5%) nằm trong giới hạn cho phép.

1.4. Kiểm tra

1.4.1. Kiểm tra ổn định ban đầu

Sau khi xác định được các thông số sơ bộ cho tàu thiết kế, yêu cầu phải nghiệm lại tính ổn định tĩnh của tàu. Độ ổn định của tàu dựa vào chiều cao ổn định ban đầu, theo công thức (2.106) [5].



Hình 1.4 Cánh tay đòn ổn định tàu GZ và chiều cao tâm nghiêng GM

$$GM \equiv h_o = z_c + r_o - z_g - \Delta h \quad (1.21)$$

Trong đó: $GM \equiv h_o$ là chiều cao ổn định ban đầu

$KB \equiv z_c$ là cao độ tâm nổi tính từ đường chuẩn của đáy tàu

$KG \equiv z_g$ là cao độ trọng tâm tính từ đường chuẩn của đáy tàu

$BM \equiv r_o$ là bán kính ổn định ngang

Δh là trị số giảm chiều cao ổn định ban đầu do mặt thoáng

- Trị số h_o theo công thức thực nghiệm của Burgess Trang 111 [5] như sau:

$$h_{o_{min}} = 0,0988 \sqrt{\frac{D}{L}} = 0,81 (m) \quad (1.22)$$

- Bán kính ổn định ngang: $r_o = \frac{a \times B^2}{T}$ (Theo Vander Fleet [8], Trang 407)

Với B và T lần lượt là chiều rộng và chiều chìm tàu
a là hệ số tính theo công thức,

$$a = \frac{1}{C_B} \times (0,0902 \times C_W - 0,02) = 0,075 \quad (1.23)$$

$$\rightarrow r_o = 2,42 \text{ (m)}$$

- Cao độ tâm nổi của tàu tính theo công thức: $z_c = n \times T$ (1.24)

Theo công thức Albarct [8], Trang 406 đối với trường hợp $C_M > 0,85$ có công thức:

$$n = 1,1 - 0,6 \times C_M = 0,51 \quad (1.25)$$

$$\rightarrow z_c = 3,12 \text{ (m)}$$

- Cao độ trọng tâm tàu được tính dựa vào tỷ số z_g/H theo Bảng 2.62 [5] Trang 113.

$$\frac{z_g}{H} = (0,58 \div 0,68) \rightarrow z_g \in (4,32 \div 5,07) \text{ m}$$

$$\rightarrow z_g = 4,6 \text{ (m)}$$

- Trị số giảm chiều cao ổn định ban đầu do mặt thoáng Δh có giá trị trong khoảng $3 \div 5$ cm để đảm bảo sai số trong tính toán và những phát sinh biến động do thay đổi khối lượng tàu [5] Trang 113 $\rightarrow \Delta h = 5 \text{ cm} = 0,05 \text{ m}$.

\rightarrow Chiều cao ổn định ban đầu của tàu sau khi thiết kế là: $h_o = 1,17 \text{ (m)}$

Nhận xét: $h_o > h_{o \min}$ ($1,17 > 0,81$) \rightarrow Tàu thiết kế đảm bảo tính ổn định ban đầu.

1.4.2. Kiểm tra chu kỳ lắc ngang

Với các thông số sơ bộ tàu đã xác định, chu kỳ lắc ngang của tàu được ước tính để đơn giản như sau [5], trang 132:

$$T_\theta = 0,58 \times \frac{\sqrt{B^2 + 4Z_g^2}}{\sqrt{h_o}} = 9 \text{ (s)} \quad (1.26)$$

Trong đó:

- T_θ là chu kỳ lắc ngang của tàu, (s)
- B là chiều rộng tàu, (m)
- z_g là cao độ trọng tâm tàu (m)
- h_o là chiều cao ổn định ban đầu, (m)

Theo Bảng giá trị thực nghiệm của chu kỳ tự lắc các loại tàu [5], Trang 131

Tàu hàng với trọng tải 1000 – 5000T có chu kỳ tự lắc trong khoảng 7 đến 10s

\rightarrow **Nhận xét:** $T_\theta = 9 \text{ s} \in (7 \div 10) \text{ s}$. Vậy chu kỳ lắc ngang của tàu đảm bảo.

1.4.3. Kiểm tra dung tích tàu

Tổng dung tích để chứa hàng của tàu trong tính thiết kế được tính toán căn cứ vào chiều cao khoang hàng H và chiều dài khoang máy L_{km} , được thể hiện trong công thức (2.113) [5]:

$$V_{kh} = (K_1 \times K_2 \times L - K_3 \times L_{km}) \times B \times H \quad (1.27)$$

Trong đó:

- V_{kh} là tổng dung tích khoang hàng, m^3
- H là chiều cao khoang hàng, m
- L_{km} là chiều dài khoang máy được ước tính như công thức dưới đây:
 $L_{km} \in (0,12 \div 0,2) \times L_{tk} = (9,32 \div 15,54) \text{ (m)} \rightarrow$ Chọn $L_{km} = 12 \text{ m}$
- Các hệ số K_1, K_2, K_3 lần lượt là các hệ số thực nghiệm với: K_1 là hệ số đối với mạn khô tối thiểu được lấy bằng $K_1 = 0,95C_w + 0,05 = 0,86$
 $K_2 = 0,96$ và $K_3 = 1$

\rightarrow Tổng dung tích khoang chứa hàng là: $V_{kh} = 5459,90 \text{ (m}^3\text{)}$

Dung tích cần thiết để chở hàng:

$$V_{ch} = \mu \times DWT = 1,25 \times 3800 = 4750 \text{ (m}^3\text{)}$$

Trong đó: $\mu = 1,25 \text{ (m}^3\text{/T)}$: hệ số chở hàng (Bảng 6.12 [4], trang 426)

Nhận xét: $V_{kh} > V_{ch}$ ($5459,90 \text{ m}^3 > 4750 \text{ m}^3$). Vậy nên tàu thiết kế có thể đảm bảo chở được với trọng tải 3800T như yêu cầu.

CHƯƠNG 2: THIẾT KẾ TUYẾN HÌNH TÀU

2.1. Phương pháp thiết kế

Thiết kế tàu là một trong những bước quan trọng trong thiết kế tàu. Nó ảnh hưởng trực tiếp đến các tính năng của con tàu như tính ổn định, tính chòng chành, tính đi biển, bên cạnh đó còn ảnh hưởng đến quy trình công nghệ chế tạo tàu thủy và quá trình bảo dưỡng và sửa chữa tàu thủy. Việc thiết kế tuyến hình tàu phải thoả mãn các yêu cầu của chủ tàu, dựa vào bản nhiệm vụ thiết kế phản ánh toàn bộ các yêu cầu cơ bản như thông số tàu, công dụng tàu, vùng hoạt động và tính năng của con tàu.

Việc xây dựng hình dáng thân tàu có nhiều cách và thường thì được chia làm hai nhóm chính [9]:

- Nhóm I: Phương pháp thiết kế theo tàu tham khảo – phương pháp phụ thuộc
- Nhóm II: Phương pháp thiết kế không theo tàu tham khảo – phương pháp độc lập

2.1.1. Phương pháp thiết kế không theo tàu tham khảo

Trong phương pháp này, kỹ sư thiết kế tàu sẽ sử dụng các biểu đồ, các công thức thực nghiệm được xây dựng từ các mô hình tàu được chế tạo với tỷ lệ thu nhỏ và những lập luận, kinh nghiệm của các nhà lý thuyết và thực hành về lĩnh vực tàu thủy.

Phương pháp này với ưu điểm sẽ cho ra bản thiết kế tàu tối ưu hơn so với phương pháp thiết kế theo tàu mẫu rất nhiều vì nó được chế tạo mô hình và thử nghiệm trực tiếp trong các mô hình điều kiện thực tế. Nhưng việc thiết kế sẽ tốn nhiều thời gian và đòi hỏi kiến thức kỹ sư hoặc chuyên gia thiết kế ở mức khá cao để xác định được các thông số và tuyến hình tàu.

2.1.2. Phương pháp thiết kế theo tàu tham khảo

Hiện nay, đây là phương pháp thiết kế tàu được áp dụng rộng rãi và phổ biến nhất vì tàu tham khảo là những con tàu đã được đóng và vận hành an toàn với độ tin cậy cao. Với việc sử dụng tàu tham khảo có thông số sát với yêu cầu thiết kế giúp đẩy nhanh việc thiết kế, kỹ sư thiết kế tàu có thể nhanh chóng đưa ra các thông số chủ yếu cho tàu thiết kế. Giúp việc thiết kế tàu trở nên đơn giản và thuận tiện hơn. Nhưng bên cạnh đó phương pháp thiết kế này cũng có những hạn chế khiến kỹ sư thiết kế tàu chủ quan và dễ đưa đến những phương án không tối ưu về tuyến hình tàu cũng như các tính năng khác trong điều kiện thiết kế cho phép. Trong nhóm phương pháp thiết kế theo tàu mẫu này có các phương pháp như:

- Phương pháp tổng hợp: phương pháp Buvnov, Nogid, Pozdyunin
- Phương pháp từng phần: sử dụng đồng dạng hình học chiều dài, chiều rộng và chiều chìm của tàu. Xác định lượng chiếm nước bằng tỷ lệ theo các phương trình như phương trình Nogid, phương trình Keith, phương trình Buvnov. Xác định công suất máy, tính ổn định ngang, ... bằng các công thức thực nghiệm

Trong bài thuyết minh đồ án tốt nghiệp, em chọn phương án thiết kế dựa theo tàu mẫu với tàu mẫu là tàu chở hàng khô SCV – 16 của Tổng công ty Công nghiệp Tàu thủy

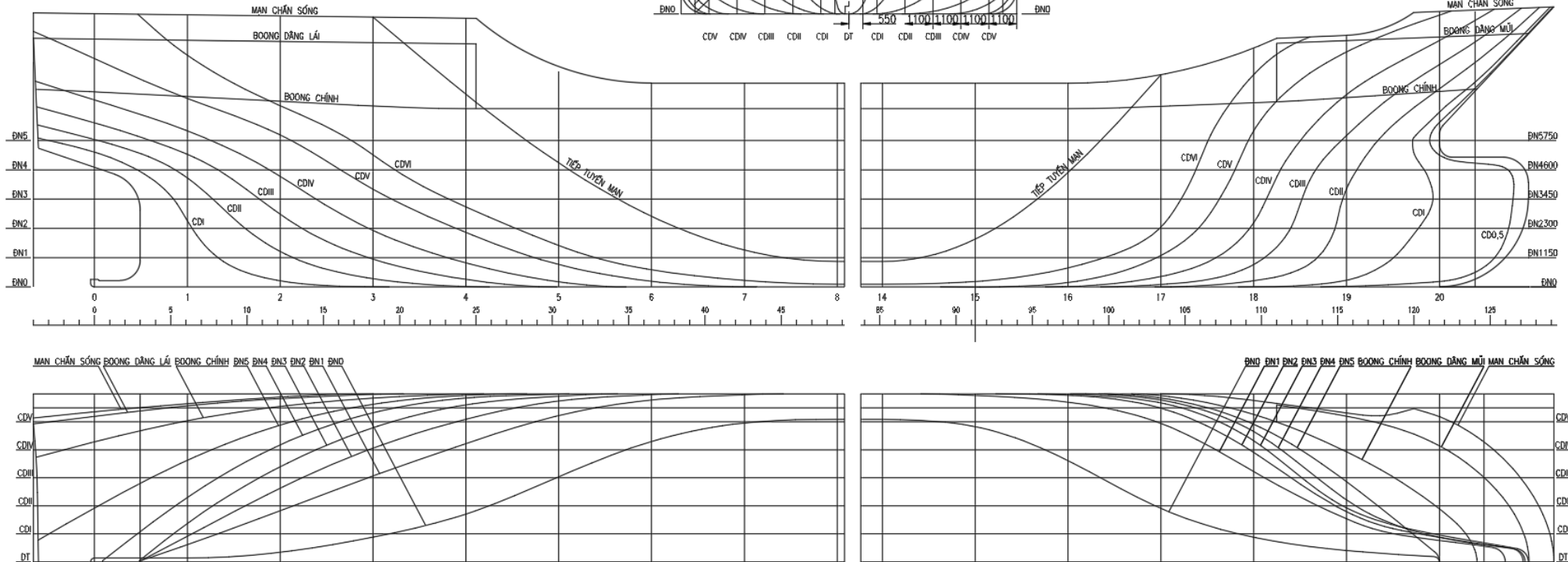
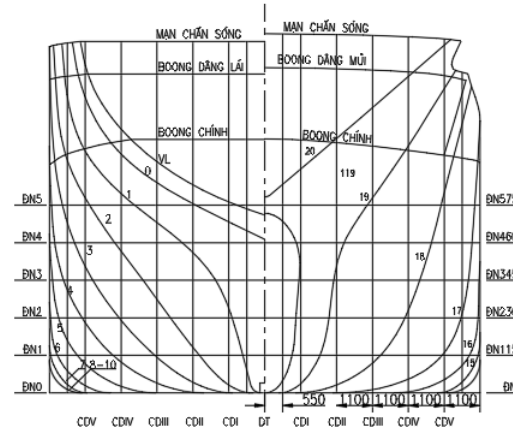
Việt Nam. Đề thoả mãn các yêu cầu thiết kế đưa ra cho tàu t tiến hành điều chỉnh các thông số tàu để vừa đáp ứng các yêu cầu thiết kế và vừa đảm bảo thực hiện đúng theo phương pháp. Các thông số đó được điều chỉnh và thiết kế như sau:

- Chiều dài L: chiều dài tàu được thay đổi để đáp ứng yêu cầu thiết kế chính là trọng tải và công dụng tàu. Các khoảng sườn thực và sườn lý thuyết của tàu sau khi thiết kế sẽ được điều chỉnh theo quy phạm của Việt Nam và theo chiều dài thân tàu mới.
- Chiều rộng B thay đổi bằng cách lấy nửa chiều rộng tàu lớn nhất trên mặt cắt ngang tàu nhân với tỷ lệ $k = \frac{B_{\text{Thiết kế}}}{B_{\text{Tham khảo}}}$, sau đó vẽ lại các mặt cắt ngang mới.
- Chiều chìm T: chiều chìm được thay đổi dựa vào tỷ lệ B/T của tàu mẫu và chiều rộng B đã xác định trước đó. Số đường nước cho tàu thiết kế sẽ được lấy theo tàu tham khảo, khoảng cách đường nước được tính dựa vào chiều chìm tính toán được và số đường nước của tàu tham khảo.
- Các hệ số béo C_B , C_M hầu như sẽ ít thay đổi để đảm bảo tính ổn định của tàu sau khi thiết kế sẽ được đảm bảo như tàu tham khảo. Hệ số béo C_P có chút thay đổi vì chiều dài tàu sau thiết kế sẽ thay đổi khá nhiều so với tàu tham khảo.
- Khi thiết kế đối với tuyến hình tàu tham khảo phải đảm bảo một số yêu cầu sau:
 - + Tàu mẫu phải cùng chức năng với tàu thiết kế: tàu chở hàng khô.
 - + Kích thước chính, vận tốc, lượng chiếm nước của tàu mẫu và tàu thiết kế tương đương với nhau: $\Delta L/L$, $\Delta B/B$, $\Delta d/d$ có giá trị đến $(7 \div 10)\%$

Thiết kế hình dáng thân tàu chở hàng khô trong tải 3800 DWT hoạt động trong vùng biển hạn chế cấp I

THÔNG SỐ CHỦ YẾU

CHIỀU DÀI LỚN NHẤT _____ 79,90 m
 CHIỀU DÀI HAI TRỤ _____ 73,00 m
 CHIỀU RỘNG THIẾT KẾ _____ 13,20 m
 CHIỀU CAO _____ 7,00 m
 MŨN NƯỚC _____ 5,75 m
 BÁN KÍNH HÔNG _____ R1000
 KHOẢNG SƯỜN LÝ THUYẾT _____ 3650
 TÀU BIỂN CẤP KHÔNG HẠN CHẾ.



Hình 2.1 Tuyến hình tàu tham khảo

2.1.3. Thông số tàu tham khảo

Sau khi xác định và kiểm tra các thông số tàu ở Chương 1, em có bảng giá trị các thông số của tàu thiết kế như sau:

Bảng 2.1 Các thông số chủ yếu của tàu thiết kế

STT	Thông số cơ bản	Ký hiệu	Tàu mẫu	Tàu thiết kế	Đơn vị
1	Chiều dài dài thiết kế	L_{tk}	73	77,70	m
2	Chiều rộng thiết kế	B_{tk}	13,20	14,05	m
3	Chiều cao mạn	H_{tk}	7	7,45	m
4	Chiều chìm	T_{tk}	5,75	6,12	m
5	Trọng tải	DWT	3385	3800	T
6	Hệ số béo thể tích	C_B	0,76	0,76	-
7	Hệ số béo sườn giữa	C_M	-	0,98	-
8	Hệ số béo đường nước	C_W	-	0,85	-
9	Hệ số béo lặn trụ	C_P	-	0,71	-
10	Lượng chiếm nước	Δ	4636,98	5205,48	T
11	Tỷ số L/B	-	6,05	6,05	-
12	Tỷ số B/T	-	2,30	2,28	-
13	Tỷ số H/T	-	1,22	1,22	-

Các tỷ số đồng dạng là:

- Tỷ số đồng dạng theo chiều dài tàu là: $k_1 = \frac{L_{TK}}{L_M} = 1,064$
- Tỷ số đồng dạng theo chiều rộng tàu là: $k_2 = \frac{B_{TK}}{B_M} = 1,064$
- Tỷ số đồng dạng theo chiều chìm tàu là: $k_3 = \frac{T_{TK}}{T_M} = 1,064$

So sánh với yêu cầu thiết kế:

$$\Delta L/L = (77,7 - 73)/73 = 6,05 \% \quad (\text{thoả mãn})$$

$$\Delta B/B = (14,05 - 13,2)/13,2 = 6,05 \% \quad (\text{thoả mãn})$$

$$\Delta T/T = (6,12 - 5,75)/5,75 = 6,05 \% \quad (\text{thoả mãn})$$

2.1.4. Tuyến hình tàu thiết kế

Thông thường tuyến hình tàu được biểu diễn theo ba hình chiếu gồm hình chiếu đứng, hình chiếu bằng và hình chiếu cạnh tương ứng là mặt cắt dọc, mặt cắt đường nước và mặt cắt ngang thân tàu. Khoảng cách giữa các mặt cắt và số mặt cắt được điều chỉnh phụ thuộc vào tàu tham khảo và phải thoả mãn với các Quy chuẩn Việt Nam QCVN 21:2015/BGTVT.

- Khoảng cách các đường sườn lý thuyết của tàu thiết kế:

$$a_{TK} = a_{\text{Tham khảo}} \times k_1 = 3650 \times 1,064 = 3885 \text{ mm}$$

- Khoảng cách giữa các đường nước của tàu thiết kế:

$$DN = DN_{\text{Tham khảo}} \times k_3 = 1150 \times 1,064 = 1224,5 \rightarrow \text{Chọn } DN = 1200 \text{ mm}$$

- Khoảng cách các cắt dọc của tàu thiết kế được chọn theo số cắt dọc là 5 cắt dọc.

$$\text{Khoảng cách giữa các cắt dọc là: } CD = \frac{B/2}{5} = 1405,05 \rightarrow \text{Chọn } CD = 1450 \text{ mm.}$$

Phương pháp xây dựng tuyến hình tàu thủy:

- Bước 1: Lấy trị số các hình chiếu của tàu tham khảo nhân với các hệ số đồng dạng hình học k_1, k_2, k_3 để tạo các mặt cắt theo tuyến hình mới đồng dạng.
- Bước 2: Tạo các mặt cắt theo khoảng sườn, các mặt cắt theo đường nước và các mặt cắt theo đường cắt dọc của tàu thiết kế.
- Bước 3: Đo các kích thước trên các mặt cắt mới tạo được và hoàn thiện bảng trị số tuyến hình cho tàu thiết kế.
- Bước 4: Kiểm tra và hiệu chỉnh tuyến hình sau khi thiết kế.

Bảng 2.2 Vị trí các đường cắt dọc, cắt ngang và đường nước của tuyến hình

Vị trí các sườn lý thuyết				Vị trí các đường nước		Vị trí các đường cắt dọc	
TT	Hoành độ	TT	Hoành độ	ĐN	Cao độ	CD	Tung độ
0	-38850	11	3885	ĐN 0	0	DT	0
1	-34965	12	7770	ĐN 1	1200	CD 1	1450
2	-31080	13	11655	ĐN 2	2400	CD 2	2900
3	-27195	14	15540	ĐN 3	3600	CD 3	4350
4	-23310	15	19425	ĐN 4	4800	CD 4	5800
5	-19425	16	23310	ĐN 5	6000	CD 5	7250
6	-15540	17	27195	ĐN 6	7200	CD 6	8700
7	-11655	18	31080	ĐN 7	8400		

Thiết kế hình dáng thân tàu chở hàng khô trong tải 3800 DWT hoạt động trong vùng biển hạn chế cấp I

8	-7770	19	34965	ĐN 8	9600		
9	-3885	20	38850	ĐN 9	10800		
10	0						

Bảng 2.3 Trị số tuyến hình tàu theo nửa chiều rộng

Vị trí	Nửa chiều rộng										
	ĐN	ĐCB	1200	2400	3600	4800	6000	TK	MB	BD	MCS
VL	-	-	-	-	-	-	578	905	4364	5769	6014
0	-	-	-	-	-	-	2018	2248	5019	6083	6275
1	146	742	1046	1560	2582	4092	4245	5876	6569	6612	
2	399	2176	3043	3919	4821	5643	5717	6490	6883	6892	
3	1032	3560	4715	5565	6171	6601	6633	6886	7025	7025	
4	1996	4920	5930	6538	6856	6973	6797	7025	7025	7025	
5	3555	6098	6712	6915	7002	7018	7018	7025	-	-	
6	5034	6733	6982	7025	7025	7025	7025	7025	-	-	
7	5806	6952	7025	7025	7025	7025	7025	7025	-	-	
8-14	5961	7025	7025	7025	7025	7025	7025	7025	-	-	
15	5652	6974	7025	7025	7025	7025	7025	7025	-	-	
16	4232	6664	6961	6994	7025	7025	7025	7025	-	-	
17	2514	5765	6392	6637	6758	6842	6850	6950	-	-	
18	1028	3754	4553	5035	5420	5724	5754	6163	-	-	
19	474	1800	2080	2243	2550	3263	3347	4603	6102	6229	
20	0	885	1018	1115	1062	-	-	2213	4850	6068	

Bảng 2.4 Trị số tuyến hình tàu theo nửa chiều cao

Nửa chiều cao								
DT	CD0,5	CD I	CD II	CD III	CD IV	MB	BD	MCS
5801	6053	6343	7108	8251	10492	8265	10394	11459
5003	5553	5711	6478	7475	7825	7964	10309	11380
-	1121	3405	5075	6204	7825	7964	10309	11379
-	59	436	2196	4170	6258	7773	10254	11331
-	-	112	743	1967	4019	7542	10203	11283
-	-	-	169	784	2204	7451	10203	11283
-	-	-	-	147	898	7451	-	-
-	-	-	-	-	294	7451	-	-
-	-	-	-	-	-	7451	-	-
-	-	-	-	-	-	7451	-	-
-	-	-	-	-	20	7451	-	-
-	-	-	-	-	419	7507	-	-
-	-	-	18	301	1242	7553	-	-
-	-	59	561	2011	6302	7703	-	-
-	70	569	5463	7542	9798	7755	10300	10515
0	677	7527	8763	10019	11285	8175	10455	11520
5854	5444							
6387	6915							

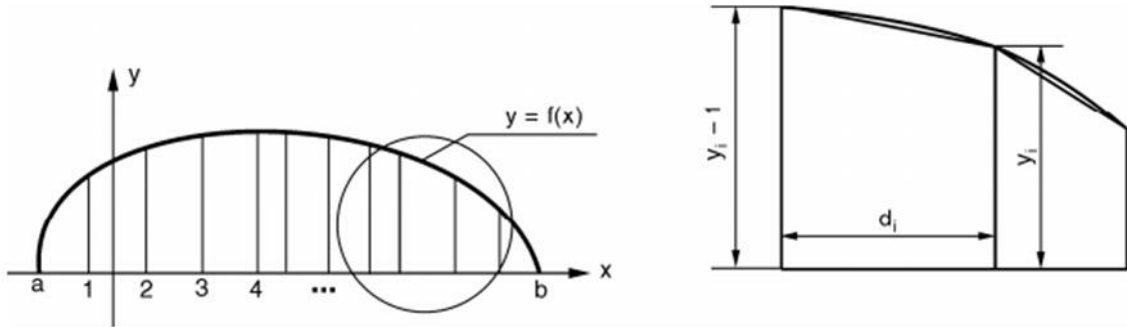
2.2. Kiểm tra và hiệu chỉnh tuyến hình

Sau khi thực hiện tính thiết kế các thông số tuyến hình của tàu thủy ta sẽ thu được bản trị số tuyến hình theo nửa chiều rộng và chiều cao. Ở phần kiểm tra và hiệu chỉnh sẽ diện tích sườn lý thuyết, diện tích đường nước, lượng chiếm nước, tính toán hoành độ tâm đường nước thiết kế, các hệ số béo để đảm bảo rằng các giá trị sau khi thiết kế sẽ không quá chênh lệch (5%) so với thông số tàu mẫu.

2.2.1. Diện tích sườn lý thuyết

Diện tích sườn lý thuyết được tính theo các phương pháp tích phân gần đúng đã được học như phương pháp sườn Tchebyshev, phương pháp hình thang, phương pháp Simpson, ... Phương pháp thường được sử dụng, đơn giản và khá hiệu quả là phương pháp hình thang với công thức chung được thể hiện như sau:

$$A = \int_a^b y dx = \frac{1}{2} \Delta x \times (y_0 + 2y_1 + 2y_2 + \dots + 2y_{n-1} + y_n) \quad (2.1)$$



Hình 2.2 Phương pháp hình thang

Áp dụng vào để tính toán diện tích sườn của tàu thiết kế như sau:

$$S = (y_0 + y_1)d_1 + (y_1 + y_2)d_2 + (y_2 + y_3)d_3 + (y_3 + y_4)d_4 + (y_4 + y_5)d_5 + (y_5 + y_{tk})d_{tk} \quad (2.2)$$

Trong đó:

- S là diện tích sườn lý thuyết tại mặt cắt đang xét
- y là độ dài chiều rộng của sườn lý thuyết tại đường nước đang xét
- d_i ($i = 1, \dots, 5, tk$) là khoảng cách của các đường nước.

Với $d_1 = d_2 = d_3 = d_4 = d_5 = d = 1200\text{mm}$ và $d_{tk} = 120\text{mm}$

Công thức tính diện tích sườn có thể ghi lại như sau:

$$S = d \times (y_0 + 2y_1 + 2y_2 + 2y_3 + 2y_4 + 1,1y_5 + 0,1y_{tk}) \quad (2.3)$$

Từ phương pháp hình thang và các dữ liệu từ bảng trị số tuyến hình ta lập được các bảng tính diện tích sườn lý thuyết từ Sườn 0 đến Sườn 20 được thể hiện trong Bảng sáu.

ĐN	y_i	k_i	$y_i k_i$
0	0	1	0
1	0	2	0
2	0	2	0
3	0	2	0
4	0	2	0
5	2018	0,83	1676,6
tk	2248	0,1	224,8
Sườn 0 (mm^2)			2281706

ĐN	y_i	k_i	$y_i k_i$
0	160	1	160
1	742	2	1484
2	1046	2	2092
3	1560	2	3120
4	2582	2	5164
5	4092	1,1	4501,2
tk	4245	0,1	424,5
Sườn 1 (mm^2)			20334840

Thiết kế hình dáng thân tàu chở hàng khô trong tải 3800 DWT hoạt động trong vùng biển hạn chế cấp I

ĐN	y_i	k_i	$y_i k_i$
0	399	1	399
1	2176	2	4352
2	3043	2	6086
3	3919	2	7838
4	4821	2	9642
5	5643	1,1	6207,3
tk	5717	0,1	571,7
Sườn 2 (mm ²)			42115200

ĐN	y_i	k_i	$y_i k_i$
0	1032	1	1032
1	3560	2	7120
2	4715	2	9430
3	5565	2	11130
4	6171	2	12342
5	6601	1,1	7261,1
tk	6633	0,1	663,3
Sườn 3 (mm ²)			58774080

ĐN	y_i	k_i	$y_i k_i$
0	1996	1	1996
1	4920	2	9840
2	5930	2	11860
3	6538	2	13076
4	6856	2	13712
5	6973	1,1	7670,3
tk	6979	0,1	697,9
Sườn 4 (mm ²)			70622640

ĐN	y_i	k_i	$y_i k_i$
0	3555	1	3555
1	6098	2	12196
2	6712	2	13424
3	6915	2	13830
4	7002	2	14004
5	7018	1,1	7719,8
tk	7018	0,1	701,8
Sườn 5 (mm ²)			78516720

ĐN	y_i	k_i	$y_i k_i$
0	5034	1	5034
1	6733	2	13466
2	6982	2	13964
3	7025	2	14050
4	7025	2	14050
5	7025	1,1	7727,5
tk	7025	0,1	702,5
Sườn 6 (mm ²)			82792800

ĐN	y_i	k_i	$y_i k_i$
0	5806	1	5806
1	6952	2	13904
2	7025	2	14050
3	7025	2	14050
4	7025	2	14050
5	7025	1,1	7727,5
tk	7025	0,1	702,5
Sườn 7 (mm ²)			84348000

ĐN	y_i	k_i	$y_i k_i$
0	5961	1	5961
1	7025	2	14050
2	7025	2	14050
3	7025	2	14050
4	7025	2	14050
5	7025	1,1	7727,5
tk	7025	0,1	702,5
Sườn 8 – 14 (mm ²)			84709200

ĐN	y_i	k_i	$y_i k_i$
0	5652	1	5652
1	6974	2	13948
2	7025	2	14050
3	7025	2	14050
4	7025	2	14050
5	7025	1,1	7727,5
tk	7025	0,1	702,5
Sườn 15 (mm ²)			84216000

ĐN	y_i	k_i	$y_i k_i$
0	4232	1	4232
1	6664	2	13328
2	6961	2	13922
3	6994	2	13988
4	7025	2	14050
5	7025	1,1	7727,5
tk	7025	0,1	702,5
Sườn 16 (mm ²)			81540000

ĐN	y_i	k_i	$y_i k_i$
0	2514	1	2514
1	5765	2	11530
2	6392	2	12784
3	6637	2	13274
4	6758	2	13516
5	6842	1,1	7526,2
tk	6850	0,1	685
Sườn 17 (mm ²)			74195040

ĐN	y_i	k_i	$y_i k_i$
0	1028	1	1028
1	3754	2	7508
2	4553	2	9106
3	5035	2	10070
4	5420	2	10840
5	5724	1,1	6296,4
tk	5754	0,1	575,4
Sườn 18 (mm ²)			54508560

ĐN	y_i	k_i	$y_i k_i$
0	474	1	474
1	1800	2	3600
2	2080	2	4160
3	2243	2	4486
4	2550	2	5100
5	3263	1,1	3589,3
tk	3347	0,1	334,7
Sườn 19 (mm ²)			26092800

ĐN	y_i	k_i	$y_i k_i$
0	0	1	0
1	885	2	1770
2	1018	2	2036
3	1115	2	2230
4	1062	1,88	1994,8
5	0	1,1	0
tk	0	0,1	0
Sườn 20 (mm ²)			9636948

2.2.2. Kiểm nghiệm lại lượng chiếm nước và hoành độ tâm nổi

Sau khi thiết kế tuyến hình, việc kiểm tra lượng chiếm nước rất quan trọng để đánh giá tuyến hình thu được có thỏa mãn sai số với phương pháp thiết kế dựa trên tàu tham khảo bằng việc tính lượng chiếm nước cho tuyến hình thu được bằng phương pháp tính gần đúng hình thang với sai số không quá 5%.

Bảng 2.5 Tính lượng chiếm nước bằng phương pháp hình thang

Sườn	y_i (m)	k_i	$y_i k_i$	i	$y_i k_i$
0	2,2817	1	2,2817	-10	-22,81706
1	20,334	2	40,63608	-9	-366,0271
2	42,1152	2	84,2304	-8	-673,843

3	58,7741	2	117,5482	-7	-822,837
4	70,6226	2	141,2453	-6	-847,472
5	78,5167	2	157,0334	-5	-785,167
6	82,7928	2	165,5856	-4	-662,342
7	84,348	2	168,696	-3	-506,088
8	84,7092	2	169,4184	-2	-338,837
9	84,7092	2	169,4184	-1	-169,418
10	84,7092	2	169,4184	0	0
11	84,7092	2	169,4184	1	169,4184
12	84,7092	2	169,4184	2	338,8368
13	84,7092	2	169,4184	3	508,2552
14	84,7092	2	169,4184	4	677,6736
15	84,216	2	168,432	5	842,16
16	81,54	2	163,08	6	978,48
17	74,195	2	148,3901	7	1038,731
18	54,5086	2	109,0171	8	872,137
19	26,0928	2	52,1856	9	469,6704
20	9,6369	1	9,6369	10	96,369
Tổng			2713,96		796,8824

Lượng chiếm nước được tính theo phương pháp hình thang là:

$$\Delta_{HT} = \frac{1}{2} \times \gamma \times \Delta L \times \sum (S_i \cdot k_i) = \frac{1}{2} \times 1,025 \times \frac{77,7}{20} \times 2713,96 = 5403,93 \text{ (T)}$$

So sánh với lượng chiếm nước được tính toán sơ bộ ban đầu:

$$\delta_1 = \left| \frac{\Delta_{HT} - \Delta}{\Delta} \right| \times 100 = \left| \frac{5403,93 - 5205,48}{5205,48} \right| \times 100 = 3,81\%$$

$$\delta_1 = 3,84\% < 5\%$$

→ Lượng chiếm nước trong tuyến hình tàu thiết kế và lượng chiếm nước trong giai đoạn thiết kế sơ bộ có độ chênh lệch khá nhỏ (3,84%) có thể bỏ qua và chấp nhận được.

Hoành độ tâm nổi của tuyến hình tàu là:

$$X_B = \Delta L \times \frac{\sum i S_i K_i}{\sum S_i K_i} = \frac{77,7}{20} \times \frac{797,48}{2714,73} = 1,14 \text{ (m)}$$

Trong giai đoạn thiết kế sơ bộ hoành độ tâm nổi của tàu có giá trị từ 0,71 m đến 2,42 m nên hoành độ tâm nổi của tuyến hình tàu thiết kế thỏa mãn.

2.2.3. Kiểm nghiệm đường nước thiết kế và hoành độ tâm đường nước

Việc kiểm nghiệm đường nước thiết kế được thực hiện bằng cách so sánh diện tích đường nước thiết kế với diện tích đường nước được tính theo phương pháp hình thang. Sai số này phải ở trong mức cho phép 5%.

Bảng 2.6 Tính toán diện tích đường nước thiết kế

Sườn	y_i (m)	k_i	$k_i \cdot y_i$	i	$i \cdot k_i \cdot y_i$
0	0,905	1	0,905	-10	-9,05
1	2,248	2	4,496	-9	-40,464
2	4,245	2	8,49	-8	-67,92
3	5,717	2	11,434	-7	-80,038
4	6,633	2	13,266	-6	-79,596
5	6,979	2	13,958	-5	-69,79
6	7,018	2	14,036	-4	-56,144
7	7,025	2	14,05	-3	-42,15
8	7,025	2	14,05	-2	-28,1
9	7,025	2	14,05	-1	-14,05
10	7,025	2	14,05	0	0
11	7,025	2	14,05	1	14,05
12	7,025	2	14,05	2	28,1
13	7,025	2	14,05	3	42,15
14	7,025	2	14,05	4	56,2
15	7,025	2	14,05	5	70,25
16	7,025	2	14,05	6	84,3
17	6,85	2	13,7	7	95,9
18	5,754	2	11,508	8	92,064
19	3,347	2	6,694	9	60,246
20	0	1	0	10	0
Tổng			238,987		-53,879

Diện tích đường nước thiết kế theo phương pháp hình thang là:

$$S_2 = \Delta L \cdot \sum k_i \cdot y_i = 928,51 \text{ (m}^2\text{)}$$

Diện tích đường nước thiết kế trong giai đoạn tính toán sơ bộ:

$$S_1 = C_w \cdot B \cdot L = 933,26 \text{ (m}^2\text{)}$$

So sánh sai số giữa giai đoạn thiết kế sơ bộ và giai đoạn thiết kế tuyến hình ta được:

$$\delta_2 = \left| \frac{S_1 - S_2}{S_1} \right| \times 100 = 4,83\% (< 5\%)$$

Hoành độ tâm đường nước được tính dựa vào phương pháp hình thang là:

$$x_f = \Delta L \times \frac{\sum i k_i \cdot y_i}{\sum k_i \cdot y_i} = 0,8716$$

$$\text{Sai số hoành độ tâm đường nước: } \delta_3 = \left| \frac{X_{f1} - X_{f2}}{X_{f1}} \right| \times 100 = 4,62\%$$

Dựa vào các kết quả so sánh trên cho ta thấy tuyến hình sau khi thiết kế đã được thực hiện đúng.

CHƯƠNG 3: TÍNH TOÁN ĐẶC TÍNH THỦY TĨNH, ỔN ĐỊNH CỦA TÀU THIẾT KẾ

3.1. Cơ sở lý thuyết

Sau khi thực hiện tính toán sơ bộ các thông số cơ bản, xây dựng tuyến hình của tàu thiết kế, kiểm nghiệm các thông số tính toán đã thực hiện hợp lý chúng ta sẽ tính toán đặc tính thủy tĩnh và ổn định của tàu. Cụ thể đối với từng phần như sau:

- Tính toán đặc tính thủy tĩnh mô tả mối quan hệ giữa hình dạng thân tàu và lực nổi, cũng như các đặc điểm hình học liên quan đến sự nổi và cân bằng của tàu trong nước đứng yên. Phần này sẽ kiểm tra sự phản ứng của tàu đối với góc nghiêng nhỏ ($< 10^\circ$) bằng các đại lượng như lượng chiếm nước, hoành độ tâm nổi, cao độ tâm nổi, diện tích đường nước, hoành độ tâm diện tích đường nước, momen quán tính, ... dựa trên đường cong thủy lực trên các đường nước từ đường nước 0 đến đường nước thiết kế.
- Tính toán ổn định hay cân bằng ổn định được thực hiện tính toán sự cân bằng tàu đối với các trường hợp tải trọng khác nhau của tàu.

3.1.1. Đồ thị thủy lực Bonjean

Xây dựng đồ thị Bonjean là một bước vô cùng quan trọng trong quá trình tính toán thủy lực, tính nổi thể hiện rõ trong việc tính toán cân bằng và ổn định tàu. Đồ thị Bonjean thể hiện diện tích mặt cắt ngang thân tàu tại các trạm dọc theo chiều dài tàu, tương ứng với các mức mớn nước khác nhau. Nên rất thuận tiện trong việc tính toán thể tích chiếm nước tại một đường nước bất kỳ. Bên cạnh đó đồ thị Bonjean còn được ứng dụng nhiều trong thực tế như tính toán độ chúi mũi, chúi đuôi khi thay đổi khối lượng tàu (chiều chìm), tính toán ổn định ngang qua diện tích phần chìm, ước lượng trọng tâm, trọng lượng, phân bố ảnh, ảnh hưởng đến khả năng phục hồi của tàu khi bị nghiêng.

Đồ thị Bonjean thường bao gồm hai họ đường cong chính:

- Đường cong diện tích các sườn lý thuyết S (m^2)
- Đường cong momen tĩnh diện tích các sườn lý thuyết M_w (m^3)

3.1.2. Các đại lượng, công thức và phương pháp tính toán

Diện tích sườn lý thuyết tại đường nước i W_i (m^2) [4] Trang 19:

$$W_i = \int_{z_0}^T 2y_i dz \quad (3.1)$$

Momen tĩnh diện tích sườn lý thuyết so với đường chuẩn M_w (m^3) [4] Trang 20:

$$M_w = 2 \int_0^z y.z.dz \quad (3.2)$$

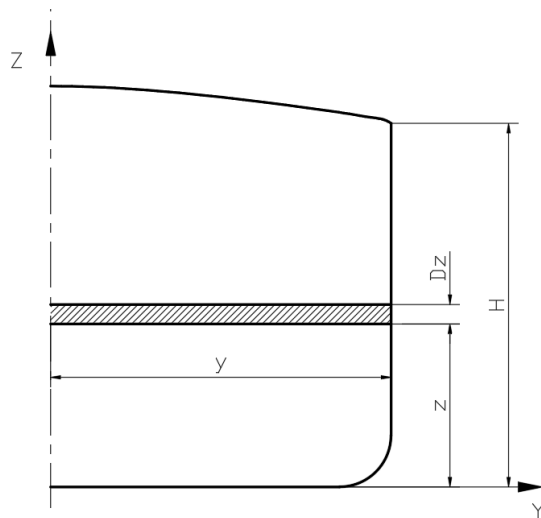
Để tính được hai đại lượng này, ta sử dụng lại phương pháp tích phân gần đúng hình thang đã được thực hiện trước đó. Khi này diện tích sườn lý thuyết và momen tĩnh của diện tích được tính như sau:

- Diện tích sườn:
$$W_i = \Delta d \cdot \sum_{tp} y_i \quad (3.3)$$

- Momen tĩnh của diện tích sườn:
$$M_{wi} = \Delta d \cdot \sum_{tp} (y_i \cdot i) \quad (3.4)$$

Trong đó:

- + Δd : khoảng cách đường nước, (m).
- + y_i : Nửa chiều rộng tàu ở đường nước i của sườn thứ j (m).
- + i : Cánh tay đòn của đường nước i so với đường chuẩn đáy.



Hình 3.1 Minh họa phương pháp hình thang áp dụng để tính đồ thị Bonjean

Tại các sườn lý thuyết, diện tích và momen được tính như sau:

Bảng 3.1 Tính diện tích và momen sườn 0

ĐN	y_i	Σy_i	w	i	$y_i \cdot i$	$\Sigma y_i \cdot i$	M_w
ĐN 0	0	0	0	0	0	0	0
ĐN 1	0	0	0	1	0	0	0
ĐN 2	0	0	0	2	0	0	0
ĐN 3	0	0	0	3	0	0	0
ĐN 4	0	0	0	4	0	0	0
ĐN 5	2,018	2,018	2,4216	5	10,09	10,09	14,53
ĐN TK	2,248	6,284	3,1757	5,1	11,465	31,645	14,985
ĐN 6	3,043	10,722	11,58	6	18,258	58,395	68,112

Bảng 3.2 Tính diện tích và momen sườn 1

ĐN	y_i	Σy_i	w	i	$y_i \cdot i$	$\Sigma y_i \cdot i$	M_w
ĐN 0	0,16	0,16	0,192	0	0	0	0
ĐN 1	0,742	0,902	1,0824	1	0,742	0,742	1,0685
ĐN 2	1,046	2,69	3,228	2	2,092	3,576	5,1494
ĐN 3	1,56	5,296	6,3552	3	4,68	10,348	14,901
ĐN 4	2,582	9,438	11,326	4	10,328	25,356	36,513
ĐN 5	4,092	16,112	19,334	5	20,46	56,144	80,847
ĐN TK	4,245	16,946	20,335	5,1	21,65	60,355	81,716
ĐN 6	4,01	25,201	27,217	6	24,06	101,49	118,38

Bảng 3.3 Tính diện tích và momen sườn 2

ĐN	y_i	Σy_i	w	i	$y_i \cdot i$	$\Sigma y_i \cdot i$	M_w
ĐN 0	0,399	0,399	0,4788	0	0	0	0
ĐN 1	2,176	2,575	3,09	1	2,176	2,176	3,1334
ĐN 2	3,043	7,794	9,3528	2	6,086	10,438	15,031
ĐN 3	3,919	14,756	17,707	3	11,757	28,281	40,725
ĐN 4	4,821	23,496	28,195	4	19,284	59,322	85,424
ĐN 5	5,643	33,96	40,752	5	28,215	106,82	153,82
ĐN TK	5,717	35,096	42,115	5,1	29,157	112,56	155,44
ĐN 6	6,282	47,095	50,863	6	37,692	172,72	201,46

Bảng 3.4 Tính diện tích và momen sườn 3

ĐN	y_i	Σy_i	w	i	$y_i \cdot i$	$\Sigma y_i \cdot i$	M_w
ĐN 0	1,032	1,032	1,2384	0	0	0	0
ĐN 1	3,56	4,592	5,5104	1	3,56	3,56	5,1264
ĐN 2	4,715	12,867	15,44	2	9,43	16,55	23,832
ĐN 3	5,565	23,147	27,776	3	16,695	42,675	61,452
ĐN 4	6,171	34,883	41,86	4	24,684	84,054	121,04
ĐN 5	6,601	47,655	57,186	5	33,005	141,74	204,11
ĐN TK	6,633	48,978	58,774	5,1	33,828	148,43	206,25
ĐN 6	6,84	62,451	67,448	6	41,04	215,81	251,72

Bảng 3.5 Tính diện tích và momen sườn 4

ĐN	y_i	Σy_i	w	i	$y_i \cdot i$	$\Sigma y_i \cdot i$	M_w
ĐN 0	1,996	1,996	2,3952	0	0	0	0
ĐN 1	4,92	6,916	8,2992	1	4,92	4,92	7,0848
ĐN 2	5,93	17,766	21,319	2	11,86	21,7	31,248
ĐN 3	6,538	30,234	36,281	3	19,614	53,174	76,571
ĐN 4	6,856	43,628	52,354	4	27,424	100,21	144,31

ĐN 5	6,973	57,457	68,948	5	34,865	162,5	234
ĐN TK	6,979	58,852	70,623	5,1	35,593	169,55	236,44
ĐN 6	7,025	72,856	78,685	6	42,15	239,52	279,37

Bảng 3.6 Tính diện tích và momen sườn 5

ĐN	y_i	Σy_i	w	i	$y_i \cdot i$	$\Sigma y_i \cdot i$	M_w
ĐN 0	3,555	3,555	4,266	0	0	0	0
ĐN 1	6,098	9,653	11,584	1	6,098	6,098	8,7811
ĐN 2	6,712	22,463	26,956	2	13,424	25,62	36,893
ĐN 3	6,915	36,09	43,308	3	20,745	59,789	86,096
ĐN 4	72	507	608	4	288	108,54	156,3
ĐN 5	7,018	64,027	76,832	5	35,09	171,64	247,16
ĐN TK	7,018	65,431	78,517	5,1	35,792	178,73	249,74
ĐN 6	7,025	79,474	85,831	6	42,15	248,88	290,29

Bảng 3.7 Tính diện tích và momen sườn 6

ĐN	y_i	Σy_i	w	i	$y_i \cdot i$	$\Sigma y_i \cdot i$	M_w
ĐN 0	5,034	5,034	6,0408	0	0	0	0
ĐN 1	6,733	11,767	14,12	1	6,733	6,733	9,6955
ĐN 2	6,982	25,482	30,578	2	13,964	27,43	39,499
ĐN 3	7,025	39,489	47,387	3	21,075	62,469	89,955
ĐN 4	7,025	53,539	64,247	4	28,1	111,64	160,77
ĐN 5	7,025	67,589	81,107	5	35,125	174,87	251,81
ĐN TK	7,025	68,994	82,793	5,1	35,828	181,96	254,43
ĐN 6	7,025	83,044	89,688	6	42,15	252,14	294,1

Bảng 3.8 Tính diện tích và momen sườn 7

ĐN	y_i	Σy_i	w	i	$y_i \cdot i$	$\Sigma y_i \cdot i$	M_w
ĐN 0	5,806	5,806	6,9672	0	0	0	0
ĐN 1	6,952	12,758	15,31	1	6,952	6,952	10,011
ĐN 2	7,025	26,735	32,082	2	14,05	27,954	40,254
ĐN 3	7,025	40,785	48,942	3	21,075	63,079	90,834
ĐN 4	7,025	54,835	65,802	4	28,1	112,25	161,65
ĐN 5	7,025	68,885	82,662	5	35,125	175,48	252,69
ĐN TK	7,025	70,29	84,348	5,1	35,828	182,57	255,32
ĐN 6	7,025	84,34	91,087	6	42,15	252,75	294,81

Bảng 3.9 Tính diện tích và momen sườn 8 – 14

ĐN	y_i	Σy_i	w	i	$y_i \cdot i$	$\Sigma y_i \cdot i$	M_w
ĐN 0	5,961	5,961	7,1532	0	0	0	0
ĐN 1	7,025	12,986	15,583	1	7,025	7,025	10,116

ĐN 2	7,025	27,036	32,443	2	14,05	28,1	40,464
ĐN 3	7,025	41,086	49,303	3	21,075	63,225	91,044
ĐN 4	7,025	55,136	66,163	4	28,1	112,4	161,86
ĐN 5	7,025	69,186	83,023	5	35,125	175,63	252,9
ĐN TK	7,025	70,591	84,709	5,1	35,828	182,72	255,53
ĐN 6	7,025	84,641	91,412	6	42,15	252,9	294,98

Bảng 3.10 Tính diện tích và momen sườn 15

ĐN	y_i	Σy_i	w	i	$y_i \cdot i$	$\Sigma y_i \cdot i$	M_w
ĐN 0	5,652	5,652	6,7824	0	0	0	0
ĐN 1	6,974	12,626	15,151	1	6,974	6,974	10,043
ĐN 2	7,025	26,625	31,95	2	14,05	27,998	40,317
ĐN 3	7,025	40,675	48,81	3	21,075	63,123	90,897
ĐN 4	7,025	54,725	65,67	4	28,1	112,3	161,71
ĐN 5	7,025	68,775	82,53	5	35,125	175,52	252,75
ĐN TK	7,025	70,18	84,216	5,1	35,828	182,62	255,38
ĐN 6	7,025	84,23	90,968	6	42,15	252,8	294,86

Bảng 3.11 Tính diện tích và momen sườn 16

ĐN	y_i	Σy_i	w	i	$y_i \cdot i$	$\Sigma y_i \cdot i$	M_w
ĐN 0	4,232	4,232	5,0784	0	0	0	0
ĐN 1	6,664	10,896	13,075	1	6,664	6,664	9,5962
ĐN 2	6,961	24,521	29,425	2	13,922	27,25	39,24
ĐN 3	6,994	38,476	46,171	3	20,982	62,154	89,502
ĐN 4	7,025	52,495	62,994	4	28,1	111,24	160,18
ĐN 5	7,025	66,545	79,854	5	35,125	174,46	251,22
ĐN TK	7,025	67,95	81,54	5,1	35,828	181,56	253,84
ĐN 6	7,025	82	88,56	6	42,15	251,74	293,62

Bảng 3.12 Tính diện tích và momen sườn 17

ĐN	y_i	Σy_i	w	i	$y_i \cdot i$	$\Sigma y_i \cdot i$	M_w
ĐN 0	2,514	2,514	3,0168	0	0	0	0
ĐN 1	5,765	8,279	9,9348	1	5,765	5,765	8,3016
ĐN 2	6,392	20,436	24,523	2	12,784	24,314	35,012
ĐN 3	6,637	33,465	40,158	3	19,911	579	82,093
ĐN 4	7,025	47,127	56,552	4	28,1	105,02	151,23
ĐN 5	7,025	61,177	73,412	5	35,125	168,25	242,27
ĐN TK	7,025	62,582	75,098	5,1	35,828	175,34	244,8
ĐN 6	6,927	76,534	82,657	6	41,562	244,99	285,76

Bảng 3.13 Tính diện tích và momen sườn 18

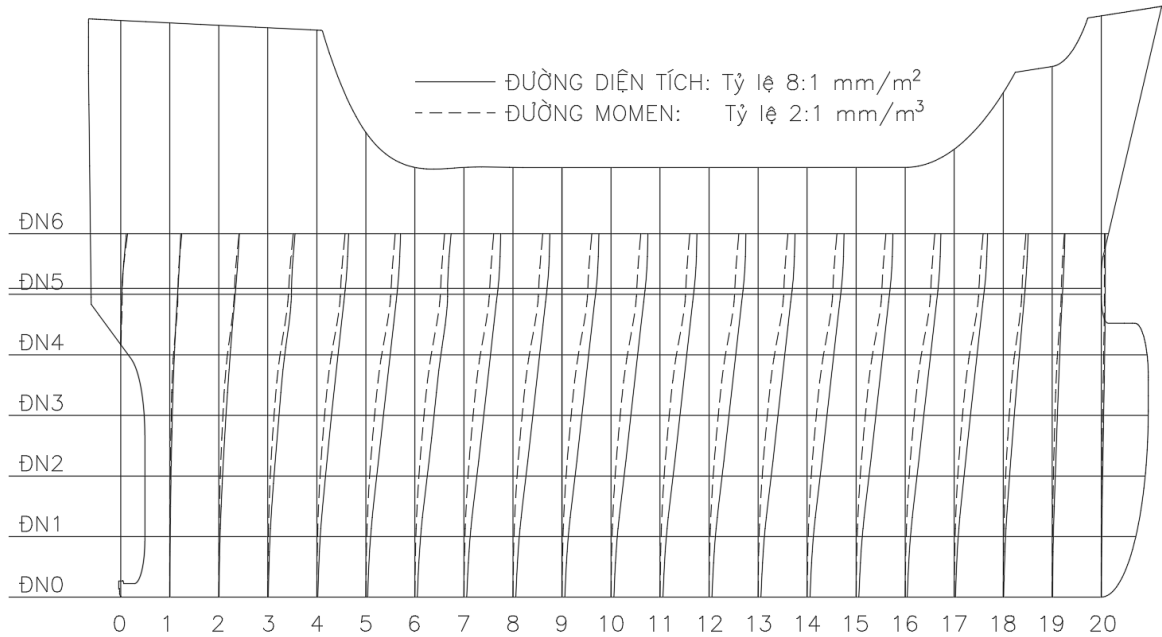
ĐN	y_i	Σy_i	w	i	$y_i.i$	$\Sigma y_i.i$	M_w
ĐN 0	1,028	1,028	1,2336	0	0	0	0
ĐN 1	3,754	4,782	5,7384	1	3,754	3,754	5,4058
ĐN 2	4,553	13,089	15,707	2	9,106	16,614	23,924
ĐN 3	5,035	22,677	27,212	3	15,105	40,825	58,788
ĐN 4	5,42	33,132	39,758	4	21,68	77,61	111,76
ĐN 5	5,724	44,276	53,131	5	28,62	127,91	184,19
ĐN TK	5,754	45,424	54,509	5,1	29,345	133,71	186,12
ĐN 6	6,031	57,209	61,786	6	36,186	192,68	224,75

Bảng 3.14 Tính diện tích và momen sườn 19

ĐN	y_i	Σy_i	w	i	$y_i.i$	$\Sigma y_i.i$	M_w
ĐN 0	0,474	0,474	0,5688	0	0	0	0
ĐN 1	1,8	2,274	2,7288	1	1,8	1,8	2,592
ĐN 2	2,08	6,154	7,3848	2	4,16	7,76	11,174
ĐN 3	2,243	10,477	12,572	3	6,729	18,649	26,855
ĐN 4	2,55	15,27	18,324	4	10,2	35,578	51,232
ĐN 5	3,263	21,083	25,3	5	16,315	62,093	89,414
ĐN TK	3,347	21,744	26,093	5,1	17,07	65,431	90,356
ĐN 6	4,114	29,205	31,541	6	24,684	103,01	120,15

Bảng 3.15 Tính diện tích và momen sườn 20

ĐN	y_i	Σy_i	w	i	$y_i.i$	$\Sigma y_i.i$	M_w
ĐN 0	0	0	0	0	0	0	0
ĐN 1	0,885	0,885	1,062	1	0,885	0,885	1,2744
ĐN 2	1,018	2,788	3,3456	2	2,036	3,806	5,4806
ĐN 3	1,115	4,921	5,9052	3	3,345	9,187	13,229
ĐN 4	1,062	7,098	8,5176	4	4,248	16,78	24,163
ĐN 5	0	8,16	9,792	5	0	21,028	30,28
ĐN TK	0	8,16	9,792	5,1	0	21,028	30,583
ĐN 6	1,063	9,223	9,9608	6	6,378	26,768	31,222



Hình 3.2 Đồ thị Bonjean

3.2. Tính toán đặc tính thủy tĩnh

Đặc tính thủy tĩnh của tàu là một nội dung cơ bản nhưng rất quan trọng trong thiết kế và đánh giá kỹ thuật tàu thủy. Mục tiêu chính của quá trình này là xác định các thông số liên quan đến khả năng nổi, cân bằng và ổn định tĩnh của tàu khi nằm yên trên mặt nước phẳng, từ đó đánh giá mức độ an toàn và hiệu quả hoạt động của tàu trong các điều kiện khai thác khác nhau. Ngoài ra trong thiết kế thực tế, phân tích đặc tính thủy tĩnh còn giúp xác định giới hạn an toàn khi xếp dỡ hàng hóa, đánh giá ảnh hưởng của thay đổi trọng tải đến trạng thái nổi, và kiểm tra khả năng tàu phục hồi khi bị nghiêng do ngoại lực. Do đó, đây là một nội dung vô cùng quan trọng, liên quan mật thiết đến các khía cạnh thiết kế, vận hành và khai thác tàu thủy một cách hiệu quả và an toàn.

Việc phân tích đặc tính thủy tĩnh có thể được thực hiện theo phương pháp thủ công bằng cách chia thân tàu thành các mặt cắt đường nước, sau đó áp dụng các công thức hình học và tích phân để tính toán từng thông số. Tuy nhiên, hiện nay phương pháp phổ biến và hiệu quả hơn là sử dụng các phần mềm chuyên dụng như Maxsurf, Rhino kết hợp Orca3D, Autoship, ... Trong bài đồ án của em, em sẽ vừa thực hiện thủ công bằng các công thức để tính đặc tính thủy tĩnh, đồng thời sử dụng phần mềm Maxsurf ver 20.02 V8i thực hiện tính toán thủy tĩnh.

Các đại lượng đặc tính thủy tĩnh được chia làm hai nhóm:

- Các yếu tố đường nước
- Các yếu tố thân tàu

3.2.1. Các yếu tố đường nước

Các đại lượng ảnh hưởng bởi đường nước như diện tích đường nước S , thể tích chiếm nước V , hoành độ tâm diện tích đường nước X_t , momen quán tính của diện tích đường nước so với trục ngang I_x , momen quán tính của diện tích đường nước so với trục dọc I_y . Các đại lượng này được nêu trong [4] Trang 19 với công thức như sau:

- Diện tích đường nước $S(z)$ theo công thức (1.11) [4]:

$$S(z) = 2 \cdot \int_a^b y \cdot dx \quad (3.5)$$

- Thể tích chiếm nước $V(z)$ theo công thức (1.20) [4]:

$$V(z) = \int_0^z S(z) \cdot dz \quad (3.6)$$

- Hoàn hảo độ tâm đường nước X_f trong Công thức (1.13a) [4]:

$$X_f = \frac{M_{0y}}{S} = \frac{2 \cdot \int_a^b x \cdot y \cdot dx}{2 \cdot \int_a^b y \cdot dx} \quad (3.7)$$

- Momen quán tính của diện tích đường nước so với trục ngang I_x (1.16) [4]:

$$I_x = \frac{2}{3} \int_a^b y^3 \cdot dx \quad (3.8)$$

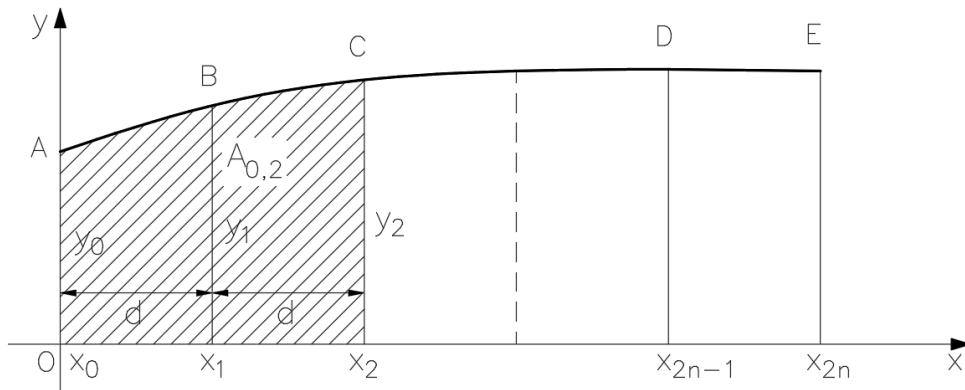
- Momen quán tính của diện tích đường nước so với trục dọc I_y (1.14) [4]:

$$I_y = \int_a^b 2 \cdot y \cdot x^2 \cdot dx \quad (3.9)$$

- Momen quán tính mặt đường nước so với trục $O'y'$ cách Oy một đoạn X_f được thể hiện trong công thức (1.15) [4]:

$$I_f = I_y - X_f^2 \cdot S = \int_a^b 2 \cdot y \cdot x^2 \cdot dx - X_f^2 \cdot S \quad (3.10)$$

Việc tính toán các đại lượng ảnh hưởng bởi đường nước được thực hiện bằng phương pháp tích phân gần đúng hình thang như đã giới thiệu ở trên với hình minh họa cho phương pháp này trong Hình 3.3.



Hình 3.3 Sử dụng phương pháp hình thang tính toán yếu tố đường nước
 Khi đó các đại lượng ảnh hưởng yếu tố đường nước được tính như sau:

- Thể tích chiếm nước:

$$V = \frac{\Delta d}{2} \cdot \sum S_i \cdot k_i \quad (3.11)$$

- Diện tích đường nước tại đường nước thứ i theo công thức (1.26) [4]:

$$S = \Delta L \times \sum (y_i \times k_i) \quad (m^2) \quad (3.12)$$

- Momen tĩnh diện tích đường nước so với trục Ox:

$$M_y = \Delta L^2 \times \sum (y_i \times k_i \times i) \quad (m^3) \quad (3.13)$$

- Hoành độ tâm diện tích đường nước X_f:

$$X_f = \frac{M_y}{S} \quad (m) \quad (3.14)$$

- Momen quán tính của diện tích đường nước so với trục ngang I_x:

$$I_x = \frac{\Delta L}{3} \times \sum k_i y_i^3 \quad (m^4) \quad (3.15)$$

- Momen quán tính của diện tích đường nước so với trục dọc I_y:

$$I_y = \Delta L^3 \sum k_i y_i i^2 \quad (m^4) \quad (3.16)$$

- Momen quán tính mặt đường nước so với trục O'y' cách Oy một đoạn X_f:

$$I_f = I_y - X_f^2 \times S \quad (m^4) \quad (3.17)$$

Kết quả sau khi thực hiện tính toán cho các đường nước tại các khoảng sườn là:

Bảng 3.16 Các yếu tố thủy tĩnh của đường nước 0 tính theo phương pháp gần đúng

Sườn	y _i	k _i	y _i k _i	i	k _i .y _i .i	y _i ³	y _i ³ k _i	i ²	y _i ² k _i
0	0,00	1	0,00	-10	0,00	0,00	0,01	100	0,00
1	0,16	2	0,32	-9	-2,88	0,04	0,01	81	25,92
2	0,399	2	0,80	-8	-6,38	0,064	0,13	64	51,07
3	1,032	2	2,06	-7	-14,45	1,099	2,20	49	101,14
4	1,996	2	3,99	-6	-23,95	7,952	15,90	36	143,71
5	3,555	2	7,11	-5	-35,55	44,928	89,86	25	177,75
6	5,034	2	10,07	-4	-40,27	127,567	255,13	16	161,09
7	5,806	2	11,61	-3	-34,84	195,718	391,44	9	104,51
8	5,961	2	11,92	-2	-23,84	211,815	423,63	4	47,69
9	5,961	2	11,92	-1	-11,92	211,815	423,63	1	11,92
10	5,961	2	11,92	0	0,00	211,815	423,63	0	0,00
11	5,961	2	11,92	1	11,92	211,815	423,63	1	11,92
12	5,961	2	11,92	2	23,84	211,815	423,63	4	47,69
13	5,961	2	11,92	3	35,77	211,815	423,63	9	107,30
14	5,961	2	11,92	4	47,69	211,815	423,63	16	190,75

15	5,652	2	11,30	5	56,52	180,554	361,11	25	282,60
16	4,232	2	8,46	6	50,78	75,794	151,59	36	304,70
17	2,514	2	5,03	7	35,20	15,889	31,78	49	246,37
18	1,028	2	2,06	8	16,45	1,086	2,17	64	131,58
19	0,474	2	0,95	9	8,53	0,106	0,21	81	76,79
20	0,00	1	0,00	10	0,00	0,00	0,00	100	0,00
Tổng			147,22		92,61		4266,94		2224,50
			$\Delta L =$			3,885			
			$S = \Delta L \times \sum y_i \times k_i =$			571,94			
			$M_y = \Delta L^2 \times \sum y_i \times i \times k_i =$			1397,81			
			$x_f = M_y / S =$			2,44			
			$I_x = (\Delta L / 3) \times \sum y_i^3 \times k_i =$			5525,69			
			$I_y = \Delta L^3 \times \sum y_i \times i^2 \times k_i =$			130438,64			
			$I_f = I_y - S \times x_f^2 =$			127022,41			

Bảng 3.17 Các yếu tố thủy tĩnh của đường nước 1 tính theo phương pháp gần đúng

Sườn	y_i	k_i	$y_i k_i$	i	$k_i \cdot y_i \cdot i$	y_i^3	$y_i^3 k_i$	i^2	$y_i^2 k_i$
0	0,00	1	0,00	-10	0,00	0,00	0,00	100	0,00
1	0,742	2	1,48	-9	-13,36	0,41	0,82	81	120,20
2	2,176	2	4,35	-8	-34,82	10,30	20,61	64	278,53
3	3,56	2	7,12	-7	-49,84	45,12	90,24	49	348,88
4	4,92	2	9,84	-6	-59,04	119,10	238,19	36	354,24
5	6,098	2	12,20	-5	-60,98	226,76	453,52	25	304,90
6	6,733	2	13,47	-4	-53,86	305,23	610,46	16	215,46
7	6,952	2	13,90	-3	-41,71	335,99	671,98	9	125,14
8	7,025	2	14,05	-2	-28,10	346,69	693,38	4	56,20
9	7,025	2	14,05	-1	-14,05	346,69	693,38	1	14,05
10	7,025	2	14,05	0	0,00	346,69	693,38	0	0,00
11	7,025	2	14,05	1	14,05	346,69	693,38	1	14,05
12	7,025	2	14,05	2	28,10	346,69	693,38	4	56,20
13	7,025	2	14,05	3	42,15	346,69	693,38	9	126,45
14	7,025	2	14,05	4	56,20	346,69	693,38	16	224,80
15	6,974	2	13,95	5	69,74	339,19	678,38	25	348,70
16	6,664	2	13,33	6	79,97	295,94	591,88	36	479,81
17	5,765	2	11,53	7	80,71	191,60	383,20	49	564,97
18	3,754	2	7,51	8	60,06	52,90	105,81	64	480,51
19	1,8	2	3,60	9	32,40	5,83	11,66	81	291,60
20	0,885	1	0,89	10	8,85	0,69	0,69	100	88,50
Tổng			211,51		116,47		8711,07		4493,18
			$\Delta L =$			3,885			

$S = \Delta L \times \sum y_i \times k_i =$	821,72
$M_y = \Delta L^2 \times S \times y_i \times i \times k_i =$	1757,97
$x_f = M_y / S =$	2,14
$I_x = (\Delta L / 3) \times \sum y_i^3 \times k_i =$	11280,84
$I_y = \Delta L^3 \times \sum y_i \times i^2 \times k_i =$	263467,64
$I_f = I_y - S \times x_f^2 =$	259706,68

Bảng 3.18 Các yếu tố của đường nước 2 tính theo phương pháp gần đúng

Sườn	y_i	k_i	$y_i k_i$	i	$k_i \cdot y_i \cdot i$	y_i^3	$y_i^3 k_i$	i^2	$y_i i^2 k_i$
0	0,00	1	0,00	-10	0,00	0,00	0,00	100	0,00
1	1,046	2	2,09	-9	-18,83	1,14	2,29	81	169,45
2	3,043	2	6,09	-8	-48,69	28,18	56,36	64	389,50
3	4,715	2	9,43	-7	-66,01	104,82	209,64	49	462,07
4	5,93	2	11,86	-6	-71,16	208,53	417,06	36	426,96
5	6,712	2	13,42	-5	-67,12	302,38	604,76	25	335,60
6	6,982	2	13,96	-4	-55,86	340,36	680,72	16	223,42
7	7,025	2	14,05	-3	-42,15	346,69	693,38	9	126,45
8	7,025	2	14,05	-2	-28,10	346,69	693,38	4	56,20
9	7,025	2	14,05	-1	-14,05	346,69	693,38	1	14,05
10	7,025	2	14,05	0	0	346,69	693,38	0	0,00
11	7,025	2	14,05	1	14,05	346,69	693,38	1	14,05
12	7,025	2	14,05	2	28,10	346,69	693,38	4	56,20
13	7,025	2	14,05	3	42,15	346,69	693,38	9	126,45
14	7,025	2	14,05	4	56,20	346,69	693,38	16	224,80
15	7,025	2	14,05	5	70,25	346,69	693,38	25	351,25
16	6,961	2	13,92	6	83,53	337,30	674,60	36	501,19
17	6,392	2	12,78	7	89,49	261,16	522,32	49	626,42
18	4,553	2	9,11	8	72,85	94,38	188,77	64	582,78
19	2,08	2	4,16	9	37,44	9,00	18	81	336,96
20	1,018	1	1,02	10	10,18	1,05	1,05	100	101,80
Tổng			224,30		92,28		9615,95		5125,61
$\Delta L =$						3,885			
$S = \Delta L \times \sum y_i \times k_i =$						871,39			
$M_y = \Delta L^2 \times S \times y_i \times i \times k_i =$						1392,74			
$x_f = M_y / S =$						1,60			
$I_x = (\Delta L / 3) \times \sum y_i^3 \times k_i =$						12452,66			
$I_y = \Delta L^3 \times \sum y_i \times i^2 \times k_i =$						300551,43			
$I_f = I_y - S \times x_f^2 =$						298325,41			

Bảng 3.19 Các yếu tố của đường nước 3 tính theo phương pháp gần đúng

Sườn	y_i	k_i	$y_i k_i$	i	$k_i \cdot y_i \cdot i$	y_i^3	$y_i^3 k_i$	i^2	$y_i i^2 k_i$
0	0	1	0,00	-10	0,00	0,00	0,00	100	0,00
1	1,56	2	3,12	-9	-28,08	3,80	7,59	81	252,72
2	3,919	2	7,84	-8	-62,70	60,19	120,38	64	501,63
3	5,565	2	11,13	-7	-77,91	172,34	344,69	49	545,37
4	6,538	2	13,08	-6	-78,46	279,47	558,94	36	470,74
5	6,915	2	13,83	-5	-69,15	330,66	661,31	25	345,75
6	7,025	2	14,05	-4	-56,20	346,69	693,38	16	224,80
7	7,025	2	14,05	-3	-42,15	346,69	693,38	9	126,45
8	7,025	2	14,05	-2	-28,10	346,69	693,38	4	56,20
9	7,025	2	14,05	-1	-14,05	346,69	693,38	1	14,05
10	7,025	2	14,05	0	0,00	346,69	693,38	0	0,00
11	7,025	2	14,05	1	14,05	346,69	693,38	1	14,05
12	7,025	2	14,05	2	28,10	346,69	693,38	4	56,20
13	7,025	2	14,05	3	42,15	346,69	693,38	9	126,45
14	7,025	2	14,05	4	56,20	346,69	693,38	16	224,80
15	7,025	2	14,05	5	70,25	346,69	693,38	25	351,25
16	6,994	2	13,99	6	83,93	342,12	684,24	36	503,57
17	6,637	2	13,27	7	92,92	292,36	584,72	49	650,43
18	5,035	2	10,07	8	80,56	127,64	255,29	64	644,48
19	2,243	2	4,49	9	40,37	11,28	22,57	81	363,37
20	1,115	1	1,12	10	11,15	1,39	1,39	100	111,50
Tổng			232,43		62,88		10174,87		5583,80
			$\Delta L =$			3,885			
			$S = \Delta L \times \sum y_i \times k_i =$			902,98			
			$M_y = \Delta L^2 \times S \times y_i \times i \times k_i =$			949,06			
			$x_f = M_y / S =$			1,05			
			$I_x = (\Delta L / 3) \times \sum y_i^3 \times k_i =$			13176,46			
			$I_y = \Delta L^3 \times \sum y_i \times i^2 \times k_i =$			327418,16			
			$I_f = I_y - S \times x_f^2 =$			326420,67			

Bảng 3.20 Các yếu tố của đường nước 4 tính theo phương pháp gần đúng

Sườn	y_i	k_i	$y_i k_i$	i	$k_i \cdot y_i \cdot i$	y_i^3	$y_i^3 k_i$	i^2	$y_i i^2 k_i$
0	0	1	0,00	-10	0,00	0,00	0,00	100	0,00
1	2,582	2	5,16	-9	-46,48	17,21	34,43	81	418,28
2	4,821	2	9,64	-8	-77,14	112,05	224,10	64	617,09
3	6,171	2	12,34	-7	-86,39	235,00	470,00	49	604,76

Thiết kế hình dáng thân tàu chở hàng khô trong tải 3800 DWT hoạt động trong vùng biển hạn chế cấp I

4	6,856	2	13,71	-6	-82,27	322,26	644,53	36	493,63
5	7,002	2	14,00	-5	-70,02	343,29	686,59	25	350,10
6	7,025	2	14,05	-4	-56,20	346,69	693,38	16	224,80
7	7,025	2	14,05	-3	-42,15	346,69	693,38	9	126,45
8	7,025	2	14,05	-2	-28,10	346,69	693,38	4	56,20
9	7,025	2	14,05	-1	-14,05	346,69	693,38	1	14,05
10	7,025	2	14,05	0	0,00	346,69	693,38	0	0,00
11	7,025	2	14,05	1	14,05	346,69	693,38	1	14,05
12	7,025	2	14,05	2	28,10	346,69	693,38	4	56,20
13	7,025	2	14,05	3	42,15	346,69	693,38	9	126,45
14	7,025	2	14,05	4	56,20	346,69	693,38	16	224,80
15	7,025	2	14,05	5	70,25	346,69	693,38	25	351,25
16	7,025	2	14,05	6	84,30	346,69	693,38	36	505,80
17	6,758	2	13,52	7	94,61	308,64	617,28	49	662,28
18	5,42	2	10,84	8	86,72	159,22	318,44	64	693,76
19	2,55	2	5,10	9	45,90	16,58	33,16	81	413,10
20	1,062	1	1,06	10	10,62	1,20	1,20	100	106,20
Tổng			239,93		30,10		10656,87		6059,26
			$\Delta L =$		3,885				
			$S = \Delta L \times \sum y_i \times k_i =$		932,14				
			$M_y = \Delta L^2 \times S \times y_i \times i \times k_i =$		454,37				
			$x_f = M_y / S =$		0,49				
			$I_x = (\Delta L / 3) \times \sum y_i^3 \times k_i =$		13800,64				
			$I_y = \Delta L^3 \times \sum y_i \times i^2 \times k_i =$		355297,68				
			$I_f = I_y - S \times x_f^2 =$		355076,20				

Bảng 3.21 Các yếu tố của đường nước 5 tính theo phương pháp gần đúng

Sườn	y_i	k_i	$y_i k_i$	i	$k_i \cdot y_i \cdot i$	y_i^3	$y_i^3 k_i$	i^2	$y_i^2 k_i$
0	2,018	1	2,02	-10	-20,18	8,22	8,22	100	201,80
1	4,092	2	8,18	-9	-73,66	68,52	137,04	81	662,90
2	5,643	2	11,29	-8	-90,29	179,69	359,39	64	722,30
3	6,601	2	13,20	-7	-92,41	287,63	575,25	49	646,90
4	6,973	2	13,95	-6	-83,68	339,05	678,09	36	502,06
5	7,018	2	14,04	-5	-70,18	345,65	691,31	25	350,90
6	7,025	2	14,05	-4	-56,20	346,69	693,38	16	224,80
7	7,025	2	14,05	-3	-42,15	346,69	693,38	9	126,45
8	7,025	2	14,05	-2	-28,10	346,69	693,38	4	56,20

Thiết kế hình dáng thân tàu chở hàng khô trong tải 3800 DWT hoạt động trong vùng biển hạn chế cấp I

9	7,025	2	14,05	-1	-14,05	346,69	693,38	1	14,05
10	7,025	2	14,05	0	0,00	346,69	693,38	0	0,00
11	7,025	2	14,05	1	14,05	346,69	693,38	1	14,05
12	7,025	2	14,05	2	28,10	346,69	693,38	4	56,20
13	7,025	2	14,05	3	42,15	346,69	693,38	9	126,45
14	7,025	2	14,05	4	56,20	346,69	693,38	16	224,80
15	7,025	2	14,05	5	70,25	346,69	693,38	25	351,25
16	7,025	2	14,05	6	84,30	346,69	693,38	36	505,80
17	6,842	2	13,68	7	95,79	320,29	640,59	49	670,52
18	5,724	2	11,45	8	91,58	187,54	375,08	64	732,67
19	3,263	2	6,53	9	58,73	34,74	69,48	81	528,61
20	0,00	1	0,00	10	0,00	0,00	0,00	100	0,00
Tổng			248,88		-29,74		11161,59		6718,71
			$\Delta L =$		3,885				
			$S = \Delta L \times \sum y_i \times k_i =$		966,90				
			$M_y = \Delta L^2 \times S \times y_i \times i \times k_i =$		-448,84				
			$x_f = M_y / S =$		-0,46				
			$I_x = (\Delta L / 3) \times \sum y_i^3 \times k_i =$		14454,25				
			$I_y = \Delta L^3 \times \sum y_i \times i^2 \times k_i =$		393965,97				
			$I_f = I_y - S \times x_f^2 =$		393757,61				

Bảng 3.22 Các yếu tố của đường nước thiết kế tính theo phương pháp gần đúng

Stườn	y_i	k_i	$y_i k_i$	i	$k_i \cdot y_i \cdot i$	y_i^3	$y_i^3 k_i$	i^2	$y_i i^2 k_i$
0	2,248	1	2,25	-10	-22,48	11,36	11,36	100	224,80
1	4,245	2	8,49	-9	-76,41	76,50	152,99	81	687,69
2	5,717	2	11,43	-8	-91,47	186,85	373,71	64	731,78
3	6,633	2	13,27	-7	-92,86	291,83	583,66	49	650,03
4	6,979	2	13,96	-6	-83,75	339,92	679,84	36	502,49
5	7,018	2	14,04	-5	-70,18	345,65	691,31	25	350,90
6	7,025	2	14,05	-4	-56,20	346,69	693,38	16	224,80
7	7,025	2	14,05	-3	-42,15	346,69	693,38	9	126,45
8	7,025	2	14,05	-2	-28,10	346,69	693,38	4	56,20
9	7,025	2	14,05	-1	-14,05	346,69	693,38	1	14,05
10	7,025	2	14,05	0	0,00	346,69	693,38	0	0,00
11	7,025	2	14,05	1	14,05	346,69	693,38	1	14,05
12	7,025	2	14,05	2	28,10	346,69	693,38	4	56,20
13	7,025	2	14,05	3	42,15	346,69	693,38	9	126,45
14	7,025	2	14,05	4	56,20	346,69	693,38	16	224,80
15	7,025	2	14,05	5	70,25	346,69	693,38	25	351,25

Thiết kế hình dáng thân tàu chở hàng khô trong tải 3800 DWT hoạt động trong vùng biển hạn chế cấp I

16	7,025	2	14,05	6	84,30	346,69	693,38	36	505,80
17	6,85	2	13,70	7	95,90	321,42	642,84	49	671,30
18	5,754	2	11,51	8	92,06	190,51	381,01	64	736,51
19	3,347	2	6,69	9	60,25	37,49	74,99	81	542,21
20	0,00	1	0,00	10	0,00	0,00	0,00	100	0,00
Tổng			249,88		-34,39		11218,85		6797,76
			$\Delta L =$		3,885				
			$S = \Delta L \times \sum y_i \times k_i =$		970,80				
			$M_y = \Delta L^2 \times S \times y_i \times i \times k_i =$		-519,09				
			$x_f = M_y / S =$		-0,53				
			$I_x = (\Delta L / 3) \times \sum y_i^3 \times k_i =$		14528,41				
			$I_y = \Delta L^3 \times \sum y_i \times i^2 \times k_i =$		398601,71				
			$I_f = I_y - S \times x_f^2 =$		398324,15				

Bảng 3.23 Các yếu tố của đường nước 6 tính theo phương pháp gần đúng

Sườn	y_i	k_i	$y_i k_i$	i	$k_i \cdot y_i \cdot i$	y_i^3	$y_i^3 k_i$	i^2	$y_i^2 k_i$
0	3,043	1	3,04	-10	-30,43	28,18	28,18	100	304,30
1	4,01	2	8,02	-9	-72,18	64,48	128,96	81	649,62
2	5,377	2	10,75	-8	-86,03	155,46	310,92	64	688,26
3	6,282	2	12,56	-7	-87,95	247,91	495,82	49	615,64
4	6,84	2	13,68	-6	-82,08	320,01	640,03	36	492,48
5	7,025	2	14,05	-5	-70,25	346,69	693,38	25	351,25
6	7,025	2	14,05	-4	-56,20	346,69	693,38	16	224,80
7	7,025	2	14,05	-3	-42,15	346,69	693,38	9	126,45
8	7,025	2	14,05	-2	-28,10	346,69	693,38	4	56,20
9	7,025	2	14,05	-1	-14,05	346,69	693,38	1	14,05
10	7,025	2	14,05	0	0,00	346,69	693,38	0	0,00
11	7,025	2	14,05	1	14,05	346,69	693,38	1	14,05
12	7,025	2	14,05	2	28,10	346,69	693,38	4	56,20
13	7,025	2	14,05	3	42,15	346,69	693,38	9	126,45
14	7,025	2	14,05	4	56,20	346,69	693,38	16	224,80
15	7,025	2	14,05	5	70,25	346,69	693,38	25	351,25
16	7,025	2	14,05	6	84,30	346,69	693,38	36	505,80
17	6,927	2	13,85	7	96,98	332,38	664,76	49	678,85
18	6,031	2	12,06	8	96,50	219,37	438,73	64	771,97
19	4,114	2	8,23	9	74,05	69,63	139,26	81	666,47
20	1,063	1	1,06	10	10,63	1,20	1,20	100	106,30

Tổng	251,87	3,79	11168,37	7025,17
	$\Delta L =$		3,885	
	$S = \Delta L \times \sum y_i \times k_i =$		978,51	
	$M_y = \Delta L^2 \times S \times y_i \times i \times k_i =$		57,14	
	$x_f = M_y / S =$		0,06	
	$I_x = (\Delta L / 3) \times \sum y_i^3 \times k_i =$		14463,05	
	$I_y = \Delta L^3 \times \sum y_i \times i^2 \times k_i =$		411936,39	
	$I_f = I_y - S \times x_f^2 =$		411933,05	

3.2.2. Các yếu tố thân tàu

Các yếu tố thủy lực thân tàu bao gồm hoành độ tâm nổi X_B , chiều cao tâm nổi Z_B (KB), bán kính tâm nghiêng r_0 (BM), bán kính tâm chúi R_0 , các hệ số béo (C_B, C_W, C_M , chiều cao tâm nghiêng (KM), chiều cao tâm chúi theo phương dọc Z_{ML} , khối lượng số tấn trên 1 cm chiều chìm TPC, Momen chúi trên 1 cm chiều chìm MTC. Các đại lượng này được biểu diễn dưới các công thức sau:

- Hoành độ tâm nổi $X_B(z)$ theo công thức (1.39) Trang 26 [4]:

$$X_B(z) = \frac{M_{yoz}(z)}{V(z)} = \frac{\int_0^L S \cdot X_f \cdot dz}{\int_0^L S \cdot dz} \quad (3.18)$$

- Chiều cao tâm nổi $Z_B(z)$ theo công thức (1.38) Trang 26 [4]:

$$Z_B(z) = \frac{M_{xoy}(z)}{V(z)} = \frac{\int_0^z S \cdot z \cdot dz}{\int_0^z S \cdot dz} \quad (3.19)$$

- Bán kính tâm chúi $R_0(z)$:

$$R_0 = \frac{I_f}{V} \quad (3.20)$$

- Bán kính tâm nghiêng $r_0(z)$:

$$r_0 = \frac{I_x}{V} \quad (3.21)$$

- Chiều cao tâm nghiêng:

$$Z_M: Z_M = r_0 + Z_B \quad (3.22)$$

- Chiều cao tâm chúi Z_{ML} :

$$Z_{ML} = R_0 + Z_B \quad (3.23)$$

- Khối lượng số tấn trên 1cm chiều chìm TPC:

$$TPC = \frac{\gamma \cdot S}{100} \quad (3.24)$$

- Momen chúi trên 1cm chiều chìm MTC:

$$MTC = \gamma \cdot \frac{I_y}{100 \cdot L} \quad (3.25)$$

Áp dụng phương pháp tích phân gần đúng cho hoành độ tâm nổi và chiều cao tâm nổi ta được:

- Hoành độ tâm nổi:

$$X_{B(z)}: X_B = \frac{\sum S_i \cdot X_{fi} \cdot k_i}{\sum S_i \cdot k_i} \quad (3.26)$$

- Chiều cao tâm nổi $Z_B(z)$:

$$Z_B = \Delta d \cdot \frac{\sum S_i \cdot i \cdot k_i}{\sum S_i \cdot k_i} \quad (3.27)$$

Trong đó:

- + Δd là khoảng cách giữa 2 đường nước tính toán (m)
- + S_i : Diện tích đường nước của tàu tại đường nước i. (m²)
- + k_i : Hệ số khi tính toán bằng phương pháp hình thang
- + X_{fi} : Hoành độ tâm đường nước i. (m)
- + i : Thứ tự đường nước của tàu

Kết quả tính toán thủy tĩnh các yếu tố thân tàu được thể hiện trong Bảng 3.24

Bảng 3.24 Đặc tính thủy lực của tàu

STT	Đại lượng cần tính	Đơn vị	Công thức	Giá trị ứng với các đường nước							
				0	1	2	3	4	5	5,1	6
1	Thứ tự đường nước		i	0	1	2	3	4	5	5,1	6
2	Khoảng cách giữa các đường nước	m	Δd	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
3	Chiều chìm d	m	$d_i = i \times \Delta d$	0,00	1,20	2,40	3,60	4,80	6,00	6,12	7,20
4	Diện tích đường nước	m ²	S_i	571,94	821,7	871,4	903,0	932,1	966,9	970,8	978,5
5	$\sum S_i$		$\sum S_i$	0,00	1393,7	3086,8	4861,1	6696,3	8595,3	8789,1	10543,4
6	Thể tích ngâm nước	m ³	$\sum S_i \cdot \Delta d / 2$	0,00	836,2	1852,1	2916,7	4017,8	5157,2	5273,4	6326,1
7	Momen tĩnh M_y		M_y	1397,81	1758,0	1392,7	949,1	454,4	-448,8	-519,1	57,1
8	Hoành độ tiết diện đường nước x_f	m	$x_f = M_y / S$	2,44	2,1	1,6	1,1	0,5	-0,464	-0,5347	0,1
9	Tích $x_f \cdot S_i$		$x_f \cdot S_i$	1397,81	1758,0	1392,7	949,1	454,4	-448,8	-519,1	57,1
10	Tổng $x_f \cdot S_i$		$\sum x_f \cdot S_i$	1397,81	3155,8	6306,5	8648,3	10051,7	10057,2	9960	9544,7
11	Hoành độ tâm nổi x_B	m	(10)/(5)	-	2,3	2,0	1,8	1,5	1,2	1,133	0,9
12	Tích $i \cdot S_i$		(1).(4)	0,00	821,7	1742,8	2708,9	3728,5	4834,5	4951,1	5871,0
13	$\sum i \cdot S_i$		$\sum (12)$	0,00	821,7	3386,2	7837,9	14275,4	22838,5	23817,0	33556,9
14	Cao độ tâm nổi Z_B		$\Delta d \cdot (13) / (5)$	-	0,7	1,3	1,9	2,6	3,2	3,2	3,8

Thiết kế hình dáng thân tàu chở hàng khô trọng tải 3800 DWT hoạt động trong vùng biển hạn chế cấp I

15	Tung độ sườn giữa (lớn nhất)		y_{10}	5,961	7,025	7,025	7,025	7,025	7,025	7,025	7,025
16	Σy_{10}		$\Sigma(15)$	5,96	13,0	27,0	41,1	55,1	69,2	70,6	83,2
17	Diện tích sườn giữa		$\Delta d \times \Sigma y_{10}$	7,15	15,6	32,4	49,3	66,2	83,0	84,7	99,9
18	Chiều dài L_{wi}	m	L_{wi}	73,862	78,527	79,27	79,56	80,741	80,8	80,92	81,23
19	Hệ số béo C_{mi}		C_{Mi}	-	0,924	0,962	0,975	0,981	0,985	0,985	0,987
20	Hệ số béo C_{wi}		C_{wi}	0,65	0,74	0,78	0,81	0,82	0,85171	0,8539	0,86
21	Hệ số béo C_{Bi}		C_{Bi}	-	0,63	0,69	0,72	0,74	0,76	0,76	0,77
22	Momen quán tính I_x	m^4	I_x	5525,69	11280,8	12452,7	13176,5	13800,6	14454,3	14528,4	14463,0
23	Bán kính tâm nghiêng	m	r	-	13,5	6,7	4,5	3,4	2,8	2,8	2,3
24	Momen quán tính I_y	m^4	I_y	130438,64	263467,6	300551,4	327418,2	355297,7	393966,0	398601,7	411936,4
25	Momen quán tính I_f	m^4	I_f	127022,41	259706,7	298325,4	326420,7	355076,2	393757,6	398324,2	411933,0
26	Bán kính tâm chúi R	m	R	-	310,6	161,1	111,9	88,4	76,4	75,5	65,1
27	Lượng chiếm nước Δ	Tấn	Δ	0,00	857,1	1898,4	2989,6	4118,2	5286,1	5405,3	6484,2
28	Lượng chiếm nước trên cm chiều chìm	T/cm	TPC	5,86	8,4	8,9	9,3	9,6	9,9	10,0	10,0
29	Momen chúi trên cm chiều chìm	Tm/cm	M_{TRIM}	18,10	34,4	38,9	42,2	45,1	50,0	50,5	52,0

3.2.3. Sử dụng phần mềm Maxsurf tính đặc tính thủy tĩnh

Hiện nay có rất nhiều công cụ hỗ trợ cho việc tính toán, mô phỏng về chuyển động cũng như tính toán sự ổn định của tàu, giúp chúng ta không mất quá nhiều thời gian trong việc tính toán. Trong đề án tốt nghiệp Capstone Project của em, em đã sử dụng phần mềm Maxsurf version 20 V8i để tính toán ổn định ban đầu của tàu.

Bảng 3.25 Kết quả tính toán đặc tính thủy tĩnh bằng phần mềm Maxsurf

Draft Amidships m (Chiều chìm tại giữa tàu)	0,000	1,200	2,400	3,600	4,800	6,000	6,120
Displacement t (Lượng chiếm nước)	4,188	863,5	1872	2933	4036	5175	5291
Draft at FP m (Chiều chìm tại mũi tàu)	0,000	1,200	2,400	3,600	4,800	6,000	6,120
Draft at AP m (Chiều chìm tại đuôi tàu)	0,000	1,200	2,400	3,600	4,800	6,000	6,120
WL Length m (Chiều dài đường nước)	68,634	76,557	77,87	78,529	78,994	77,718	77,699
Beam max extents on WL m (Chiều rộng lớn nhất)	10,631	13,983	14,049	14,074	14,078	14,066	14,068
Wetted Area m ² (Diện tích mặt ướt)	219,1	860,4	1061,7	1256,6	1454,3	1663,2	1684,1
Waterpl. Area m ² (Diện tích đường nước)	218,8	786,6	845,0	880,1	912,5	941,8	946,0
Prismatic coeff. (C _P) (Hệ số đầy lặn trụ)	0,118	0,69	0,715	0,734	0,75	0,779	0,781
Block coeff. (C _B) (Hệ số béo thể tích)	0,038	0,584	0,655	0,691	0,716	0,751	0,753
Max Sect. area coeff. (C _M) (Hệ số béo tiết diện ngang lớn nhất)	0,539	0,951	0,973	0,982	0,986	0,989	0,989
Waterpl. area coeff. (C _{wp}) (Hệ số diện tích mặt đường nước)	0,3	0,735	0,772	0,796	0,821	0,862	0,865

LCB from zero pt. (+ve fwd) m	-17,70	3,67	3,40	3,113	2,80	2,38	2,33
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	0,136	3,488	2,886	2,329	1,557	0,086	-0.049
KB m	-0,042	0,631	1,265	1,894	2,525	3,158	3,222
KG m	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7
BMt m	359,097	12,325	6,487	4,411	3,375	2,749	2,702
BML m	13375,0	281,6	152,1	107,4	85,9	72,9	72,2
GMt m	354,355	8,256	3,051	1,605	1,2	1,207	1,204
GML m	13370,3	277,6	148,6	104,6	83,7	71,3	70,7
KMt m	359,055	12,956	7,751	6,305	5,9	5,907	5,924
KML m	13375,0	282,3	153,3	109,3	88,4	76,0	75,4
Immersion (TPc) tonne/cm (Trọng tải trên mỗi cm chiều chìm)	2,242	8,062	8,662	9,021	9,353	9,654	9,697
MTc tonne.m (Momen chúi trên mỗi cm)	7,207	30,845	35,808	39,478	43,479	47,513	48,168

3.2.4. So sánh kết quả tính toán thủ công và phần mềm Maxsurf

Để thuận lợi cho việc so sánh và đảm bảo sự tin cậy của phần mềm, kết quả tính toán bằng phần mềm Maxsurf được so sánh với kết quả tính toán bằng phương pháp thủ công tại đường nước thiết kế ($d = 6,12m$).

Bảng 3.26 So sánh giá trị tính toán thủ công và phần mềm Maxsurf

Đại lượng	Thủ công	Maxsurf	Sai số
Lượng chiếm nước	5405,3	5291	2,11%
Diện tích đường nước	970,8	946,0	2,55%
Cao độ tâm nổi	3,2	3,22	0,63%
Bán kính tâm nghiêng	2,8	2,702	3,50%
Bán kính tâm chúi	75,5	72,21	4,36%

Lượng chiếm nước trên 1 cm chiều chìm	10,0	9,697	3,03%
Hệ số béo C_{mi}	0,985	0,989	0,41%
Hệ số béo C_{wi}	0,8539	0,865	1,30%
Hệ số béo C_{Bi}	0,760	0,753	0,92%

Từ Bảng so sánh trên cho thấy kết quả thu được từ phần mềm Maxsurf và tính toán thủ công có sai số nằm trong phạm vi cho phép (<5%). Vậy nên kết quả tính toán từ phần mềm Maxsurf có độ tin cậy cao và có thể sử dụng được trong tính toán thủy tĩnh.

3.3. Tính toán ổn định nguyên vẹn

Trong quá trình hoạt động của tàu trên biển cũng như khi neo đậu ở cảng để bốc dỡ hàng hoá việc tính toán ổn định rất quan trọng, nó ảnh hưởng đến hiệu suất làm việc và độ an toàn về tính mạng và tài sản. Việc tính toán ổn định nguyên vẹn sẽ xét đến các trường hợp tải trọng và dự trữ nổi khác nhau của tàu. Trong các trường hợp này tàu sẽ được giả định nghiêng các góc từ 0 đến 90° để xác định cánh tay đòn ổn định, từ đó đánh giá được khả năng phục hồi của con tàu.

Theo quy phạm ổn định thì tàu được kiểm tra cho các trường hợp sau:

- Trường hợp 1: Tàu có 100% hàng và có 100% dự trữ.
- Trường hợp 2: Tàu có 0% hàng và có 100% dự trữ
- Trường hợp 3: Tàu có 100% hàng và có 10% dự trữ.
- Trường hợp 4: Tàu có 0% hàng và có 10% dự trữ.

Trong bài đề án tốt nghiệp Capstone Project của em sẽ thực hiện tính thủ công cho trường hợp 2 và các trường hợp còn lại sẽ được thực hiện bằng phần mềm Maxsurf.

Các bước tính thủ công cho tính ổn định tàu:

- Bước 1: Dựng sườn Tchebyshev cho tàu thông qua các hệ số Tchebyshev
- Bước 2: Xây dựng đồ thị Pantokaren hoặc Cross curves bằng phương pháp Krylov – Dargniers. Xác định cánh tay đòn ổn định hình dáng cho mỗi trạng thái nghiêng tàu từ 0° đến 90°.
- Bước 3: Xây dựng đồ thị ổn định ngang, kiểm tra điều kiện ổn định cho kết quả thu được.

3.3.1. Dựng sườn Tchebyshev

Sườn Tchebyshev được xây dựng bằng cách chia tàu thành 9 khoảng sườn theo chiều dài với hệ số Tchebyshev với các vị trí sườn được thể hiện trong Bảng 3.36.

Hoành độ vị trí sườn Tchebyshev:

$$X_i = K_i \times \frac{L}{2} \quad (3.28)$$

Trong đó: K_i là hệ số Tchebyshev, L là chiều dài thiết kế của tàu ($L = 77,7\text{m}$)

Bảng 3.27 Vị trí sườn Tchebyshev

Sườn	ki	Xi(m)
-4	-0.9116	-35.416
-3	-0.6010	-23.349
-2	-0.5288	-20.544
-1	-0.1679	-6.523
0	0.0000	0.000
1	0.1679	6.523
2	0.5288	20.544
3	0.6010	23.349
4	0.9116	35.416

Chiều cao độ cong ngang boong tại các mặt cắt ngang sườn Tchebyshev được tính như sau và thể hiện ở Bảng 3.27:

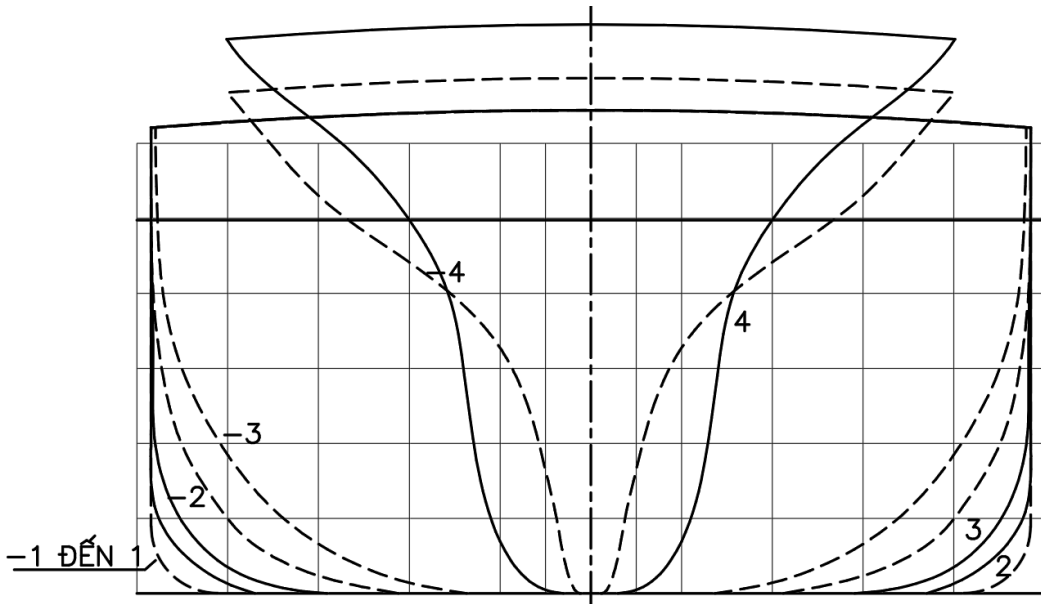
$$h = \frac{B_i}{50} \quad (3.29)$$

B_i là chiều rộng lớn nhất của sườn Tchebychev thứ i

Bảng 3.28 Độ cao ngang boong của sườn Tchebyshev

Sườn	B_i	h
-4	11620	232,400
-3	13904	278,080
-2	14050	281,000
-1	14050	281,000
0	14050	281,000
1	14050	281,000
2	14050	281,000
3	14050	281,000
4	11636	232,720

Dựa vào bảng vẽ tuyến hình đã có, dựng các mặt cắt ngang tương ứng với các vị trí sườn Tchebyshev ta thu được Hình 3.4. Quy ước từ sườn -4 đến sườn 0 được vẽ bằng nét đứt các sườn còn lại được vẽ bằng nét liền.

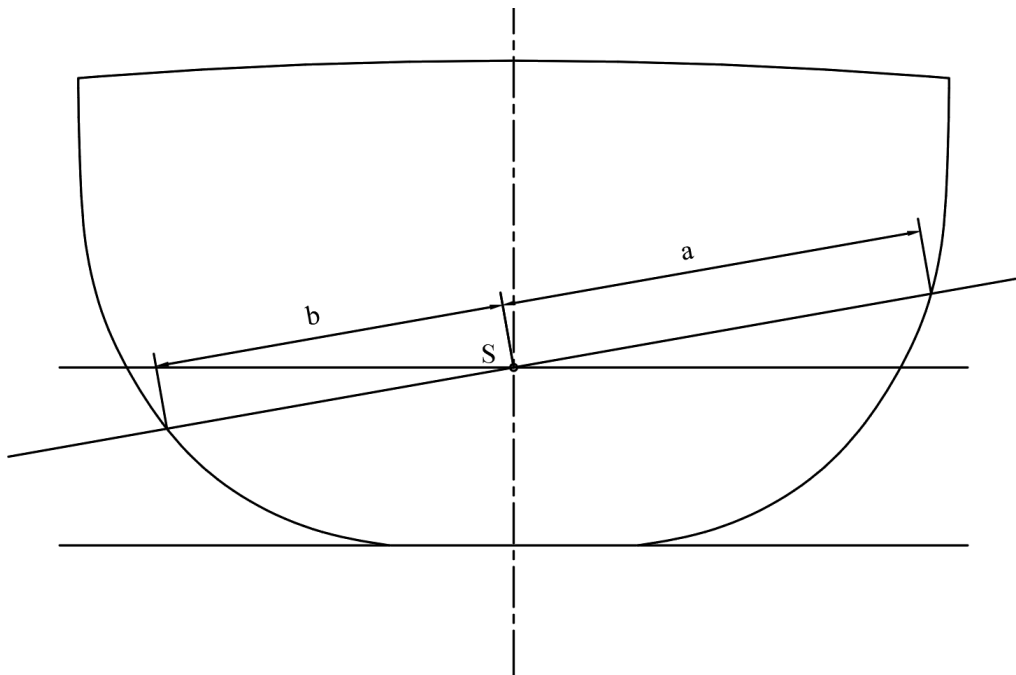


Hình 3.4 Mặt cắt ngang sườn Tchebyshev

3.3.2. Xây dựng đồ thị Pantokaren

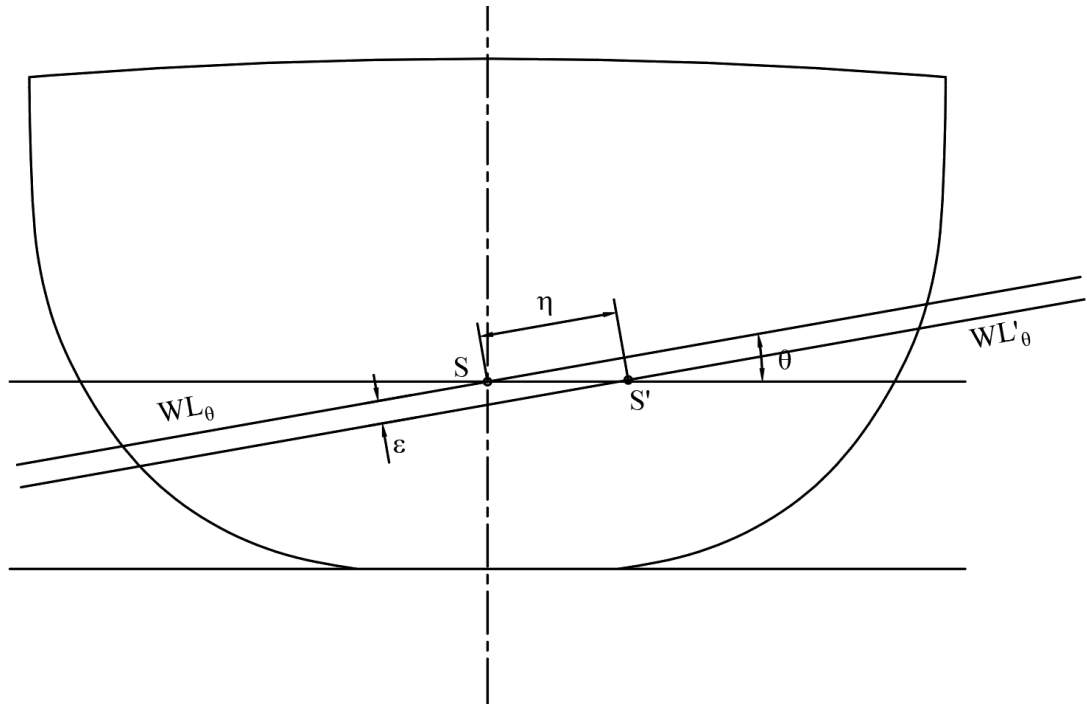
Sau khi tạo các mặt cắt ngang sườn Tchebyshev ta tiến hành dựng các đường nước tương đương nghiêng từ 0° đến 90° . Cách xây dựng các đường nước này được nêu lên trong tài liệu [4] trang 49 và tài liệu [8] trang 350 có thể được tóm tắt như sau:

- Bước 1: Tại các mặt cắt ngang sườn Tchebyshev vẽ đường nước WO_θ (góc nghiêng θ và chiều chìm là d_1)
- Bước 2: Đo các khoảng cách a và b với a và b là khoảng cách từ tâm đường nước đến hai bên mạn tàu được minh họa trong Hình 3.5 bên cạnh đó còn có các trường hợp tâm đường nước sẽ nằm ngoài mặt cắt ngang của sườn sẽ được áp dụng như Hình 2.18 [4] Trang 51.



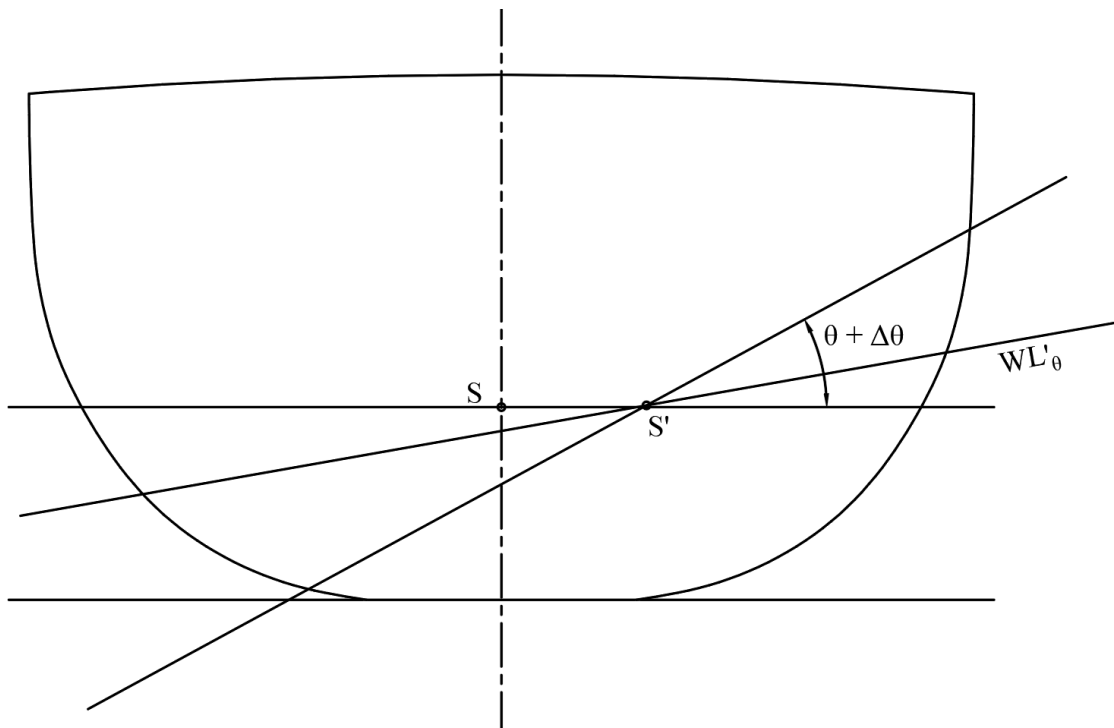
Hình 3.5 Độ dài a và b trên đường nước

- Bước 3: Dựng đường nước tương đương WL'_θ của góc nghiêng θ . Đường nước tương đương này được cách đường nước tại góc nghiêng θ một khoảng ε và tâm đường nước mới sẽ được đặt cách tâm đường nước cũ một khoảng cách là η .



Hình 3.6 Đường nước tương đương WL'_θ

- Bước 4: Sử dụng đường nước tương đương WL'_θ tạo đường nước $WL_{\theta+\Delta\theta}$ bằng cách xoay đường nước WL'_θ một góc $\Delta\theta$ và sử dụng đường nước này tiếp tục đo khoảng cách a và b như ở Bước 2.



Hình 3.7 Đường nước $WL_{\theta+\Delta\theta}$

- Tiếp tục thực hiện lặp lại các bước từ 2 đến 4 và tính các góc θ từ 0 đến 90°.

Các đại lượng cần tính toán trong tính ổn định tàu thủy và trong việc xây dựng đồ thị Patokaren bao gồm các công thức sau, với a và b được đo trong Bước 2 được nêu ở trên, L là chiều dài thiết kế của tàu (m), n là số sườn Tchebyshev (n = 9).

- Khoảng cách từ tâm đường nước WL_θ đến trục dọc qua S:

$$\eta = \frac{1}{2} \times \frac{\sum_{n=1}^9 a^2 - \sum_{n=1}^9 b^2}{\sum_{n=1}^9 a - \sum_{n=1}^9 b} \quad (3.30)$$

- Momen quán tính đường nước so với trục dọc qua O:

$$J_o = \frac{1}{3} \times \frac{L}{n} + \left(\sum_{n=1}^9 a^3 + \sum_{n=1}^9 b^3 \right) \quad (3.31)$$

- Momen quán tính so với trục dọc qua tâm đường nước:

$$J = J_o - a \times \eta^2 \quad (3.32)$$

- Bán kính tâm nghiêng tính cho trạng thái đang xét: $R = \frac{J}{V}$ (3.33)

- Khoảng cách đường nước tương đương: $\varepsilon = \frac{1}{2} \eta \Delta \varphi$ theo Công thức (6.12) [8].

Theo trường hợp 1: Tàu có 100% hàng và có 100% dự trữ và thành phần khối lượng trong trường hợp này được thể hiện trong bảng sau:

Bảng 3.29 Giá trị khối lượng trạng thái tàu

STT	Tên thành phần	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị
1	Khối lượng Tàu	W_v	5205	T
2	Chiều chìm	T	6,12	m
3	Thể tích chiếm nước	V	5170	T
4	Cao độ trọng tâm	Z_G	4,7	T
5	Cao độ tâm nổi	Z_B	4,55	T

Bảng 3.30 Tính toán sườn Tchebyshev cho góc nghiêng $\theta = 10^\circ$

Sườn	b(m)	b ² (m ²)	b ³ (m ³)	a(m)	a ² (m ²)	a ³ (m ³)
-4	3,311	10,963	36,298	5,023	25,231	126,733
-3	6,954	48,358	336,282	7,059	49,829	351,746

-2	7,104	50,467	358,516	7,133	50,880	362,925
-1	7,134	50,894	363,077	7,134	50,894	363,077
0	7,134	50,894	363,077	7,134	50,894	363,077
1	7,134	50,894	363,077	7,134	50,894	363,077
2	7,134	50,894	363,077	7,134	50,894	363,077
3	7,115	50,623	360,184	7,134	50,894	363,077
4	2,726	7,431	20,257	3,561	12,681	45,156
Tổng	55,746	371,418	2563,847	58,446	393,090	2701,948
$(1) \sum_{n=1}^9 a - \sum_{n=1}^9 b$			114,192		m	
$(2) \sum_{n=1}^9 a^2 - \sum_{n=1}^9 b^2$			21,672		m ²	
$(3) \sum_{n=1}^9 a^3 + \sum_{n=1}^9 b^3$			5265,795		m ⁴	
$(4) \eta = \frac{1}{2} \times \frac{(2)}{(1)}$			0,095		m	
$(5) J_o = \frac{1}{3} \times \frac{L}{n} + (3)$			15153,788		m ⁴	
$(6) a \times \eta^2 = \frac{L}{n} \times (1) \times (4)^2$			8,878			
$(7) J = (5) - (6)$			15144,910			
$R = \frac{(7)}{V}$			2,929		m	

Bảng 3.31 Tính toán sườn Tchebyshev cho góc nghiêng $\theta = 20^\circ$

Sườn	b(m)	b ² (m ²)	b ³ (m ³)	a(m)	a ² (m ²)	a ³ (m ³)
-4	2,932	8,597	25,205	5,961	35,534	211,815
-3	7,092	50,296	356,703	6,880	47,334	325,661
-2	7,394	54,671	404,239	6,888	47,445	326,798
-1	7,577	57,411	435,003	6,893	47,513	327,510
0	7,577	57,411	435,003	6,893	47,513	327,510

1	7,577	57,411	435,003	6,893	47,513	327,510
2	7,577	57,411	435,003	6,893	47,513	327,510
3	7,543	56,897	429,173	6,893	47,513	327,510
4	2,701	7,295	19,705	4,874	23,756	115,786
Tổng	57,970	407,400	2975,035	59,068	391,636	2617,611
$(1) \sum_{n=1}^9 a - \sum_{n=1}^9 b$			117,038		m	
$(2) \sum_{n=1}^9 a^2 - \sum_{n=1}^9 b^2$			-15,765		m ²	
$(3) \sum_{n=1}^9 a^3 + \sum_{n=1}^9 b^3$			5592,646		m ⁴	
$(4) \eta = \frac{1}{2} \times \frac{(2)}{(1)}$			-0,067		m	
$(5) J_o = \frac{1}{3} \times \frac{L}{n} + (3)$			16094,393		m ⁴	
$(6) a \times \eta^2 = \frac{L}{n} \times (1) \times (4)^2$			4,583			
$(7) J = (5) - (6)$			16089,810			
$R = \frac{(7)}{V}$			3,112		m	

Bảng 3.32 Tính toán sườn Tchebyshev cho góc nghiêng $\theta = 30^\circ$

Sườn	b(m)	b ² (m ²)	b ³ (m ³)	a(m)	a ² (m ²)	a ³ (m ³)
-4	2,627	6,901	18,129	5,895	34,751	204,857
-3	7,015	49,210	345,210	5,008	25,080	125,601
-2	7,554	57,063	431,053	5,013	25,130	125,978
-1	8,147	66,374	540,746	5,023	25,231	126,733
0	8,147	66,374	540,746	5,023	25,231	126,733
1	8,147	66,374	540,746	5,023	25,231	126,733
2	8,154	66,488	542,141	5,023	25,231	126,733
3	8,012	64,192	514,307	5,023	25,231	126,733

4	2,658	7,065	18,779	6,506	42,328	275,386
Tổng	60,461	450,040	3491,85	47,537	253,442	1365,487
$(1) \sum_{n=1}^9 a - \sum_{n=1}^9 b$			107,998			m
$(2) \sum_{n=1}^9 a^2 - \sum_{n=1}^9 b^2$			-196,598			m ²
$(3) \sum_{n=1}^9 a^3 + \sum_{n=1}^9 b^3$			4857,343			m ⁴
$(4) \eta = \frac{1}{2} \times \frac{(2)}{(1)}$			-0,910			m
$(5) J_o = \frac{1}{3} \times \frac{L}{n} + (3)$			13978,355			m ⁴
$(6) a \times \eta^2 = \frac{L}{n} \times (1) \times (4)^2$			772,433			
$(7) J = (5) - (6)$			13205,922			
$R = \frac{(7)}{V}$			2,554			m

Bảng 3.33 Tính toán sườn Tchebyshev cho góc nghiêng $\theta = 40^\circ$

Sườn	b(m)	b ² (m ²)	b ³ (m ³)	a(m)	a ² (m ²)	a ³ (m ³)
-4	1,672	2,796	4,674	5,386	29,009	156,242
-3	6,117	37,418	228,884	4,613	21,280	98,164
-2	6,729	45,279	304,685	4,638	21,511	99,768
-1	7,985	63,760	509,125	4,611	21,261	98,036
0	7,985	63,760	509,125	4,611	21,261	98,036
1	7,985	63,760	509,125	4,611	21,261	98,036
2	7,656	58,614	448,751	4,611	21,261	98,036
3	7,346	53,964	396,417	4,611	21,261	98,036
4	1,834	3,364	6,169	6,608	43,666	288,543
Tổng	55,309	392,715	2916,957	44,300	221,772	1132,897
$(1) \sum_{n=1}^9 a - \sum_{n=1}^9 b$			99,609			m

$(2) \sum_{n=1}^9 a^2 - \sum_{n=1}^9 b^2$	-170,943	m ²
$(3) \sum_{n=1}^9 a^3 + \sum_{n=1}^9 b^3$	4049,854	m ⁴
$(4) \eta = \frac{1}{2} \times \frac{(2)}{(1)}$	-0,858	m
$(5) J_o = \frac{1}{3} \times \frac{L}{n} + (3)$	11654,580	m ⁴
$(6) a \times \eta^2 = \frac{L}{n} \times (1) \times (4)^2$	633,173	
$(7) J = (5) - (6)$	11021,407	
$R = \frac{(7)}{V}$	2,132	m

Bảng 3.34 Tính toán sườn Tchebyshev cho góc nghiêng $\theta = 50^\circ$

Sườn	b(m)	b ² (m ²)	b ³ (m ³)	a(m)	a ² (m ²)	a ³ (m ³)
-4	0,818	0,669	0,547	5,206	27,102	141,095
-3	5,276	27,836	146,864	4,549	20,693	94,134
-2	5,890	34,692	204,336	4,554	20,739	94,445
-1	6,829	46,635	318,472	4,554	20,739	94,445
0	6,829	46,635	318,472	4,554	20,739	94,445
1	6,829	46,635	318,472	4,554	20,739	94,445
2	6,639	44,076	292,623	4,554	20,739	94,445
3	6,405	41,024	262,759	4,554	20,739	94,445
4	1,044	1,090	1,138	6,295	39,627	249,452
Tổng	46,559	289,293	1863,683	43,374	211,856	1051,352
$(1) \sum_{n=1}^9 a - \sum_{n=1}^9 b$			89,933			m
$(2) \sum_{n=1}^9 a^2 - \sum_{n=1}^9 b^2$			-77,437			m ²
$(3) \sum_{n=1}^9 a^3 + \sum_{n=1}^9 b^3$			2915,035			m ⁴

$(4)\eta = \frac{1}{2} \times \frac{(2)}{(1)}$	-0,431	m
$(5)J_o = \frac{1}{3} \times \frac{L}{n} + (3)$	8388,823	m ⁴
$(6)a \times \eta^2 = \frac{L}{n} \times (1) \times (4)^2$	143,912	
$(7)J = (5) - (6)$	8244,911	
$R = \frac{(7)}{V}$	1,595	m

Bảng 3.35 Tính toán sườn Tchebyshev cho góc nghiêng $\theta = 60^\circ$

Sườn	b(m)	b ² (m ²)	b ³ (m ³)	a(m)	a ² (m ²)	a ³ (m ³)
-4	0,395	0,156	0,062	4,982	24,820	123,655
-3	4,853	23,552	114,296	4,391	19,281	84,662
-2	5,315	28,249	150,145	4,394	19,307	84,836
-1	5,688	32,353	184,026	4,394	19,307	84,836
0	5,688	32,353	184,026	4,394	19,307	84,836
1	5,688	32,353	184,026	4,394	19,307	84,836
2	5,688	32,353	184,026	4,394	19,307	84,836
3	5,642	31,832	179,597	4,394	19,307	84,836
4	0,686	0,471	0,323	5,961	35,534	211,815
Tổng	39,643	213,673	1180,525	41,698	195,478	929,148
$(1)\sum_{n=1}^9 a - \sum_{n=1}^9 b$				81,341		m
$(2)\sum_{n=1}^9 a^2 - \sum_{n=1}^9 b^2$				-18,195		m ²
$(3)\sum_{n=1}^9 a^3 + \sum_{n=1}^9 b^3$				2109,674		m ⁴
$(4)\eta = \frac{1}{2} \times \frac{(2)}{(1)}$				-0,112		m
$(5)J_o = \frac{1}{3} \times \frac{L}{n} + (3)$				6071,173		m ⁴
$(6)a \times \eta^2 = \frac{L}{n} \times (1) \times (4)^2$				8,784		

$(7)J = (5) - (6)$	6062,388	
$R = \frac{(7)}{V}$	1,173	m

Bảng 3.36 Tính toán sườn Tchebyshev cho góc nghiêng $\theta = 70^\circ$

Sườn	b(m)	b ² (m ²)	b ³ (m ³)	a(m)	a ² (m ²)	a ³ (m ³)
-4	0,325	0,106	0,034	5,064	25,644	129,862
-3	4,780	22,848	109,215	4,122	16,991	70,036
-2	5,065	25,654	129,939	4,125	17,016	70,189
-1	5,166	26,688	137,868	4,125	17,016	70,189
0	5,166	26,688	137,868	4,125	17,016	70,189
1	5,166	26,688	137,868	4,125	17,016	70,189
2	5,166	26,688	137,868	4,125	17,016	70,189
3	5,166	26,688	137,868	4,125	17,016	70,189
4	0,751	0,564	0,424	5,580	31,136	173,741
Tổng	36,751	182,610	928,951	39,516	175,865	794,776
$(1) \sum_{n=1}^9 a - \sum_{n=1}^9 b$				76,267		m
$(2) \sum_{n=1}^9 a^2 - \sum_{n=1}^9 b^2$				-6,745		m ²
$(3) \sum_{n=1}^9 a^3 + \sum_{n=1}^9 b^3$				1723,727		m ⁴
$(4) \eta = \frac{1}{2} \times \frac{(2)}{(1)}$				-0,044		m
$(5) J_o = \frac{1}{3} \times \frac{L}{n} + (3)$				4960,504		m ⁴
$(6) a \times \eta^2 = \frac{L}{n} \times (1) \times (4)^2$				1,287		
$(7) J = (5) - (6)$				4959,217		
$R = \frac{(7)}{V}$				0,959		m

Bảng 3.37 Tính toán sườn Tchebyshev cho góc nghiêng $\theta = 80^\circ$

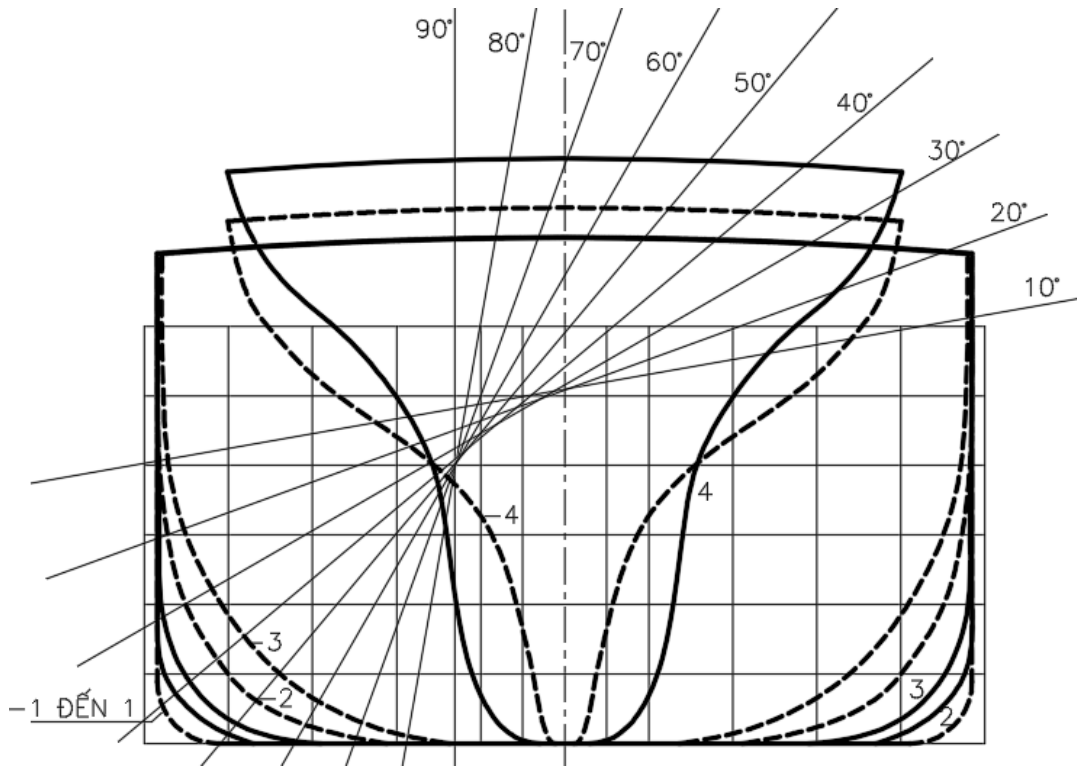
Sườn	b(m)	b ² (m ²)	b ³ (m ³)	a(m)	a ² (m ²)	a ³ (m ³)
-4	0,308	0,095	0,029	4,489	20,151	90,458
-3	4,760	22,658	107,850	3,966	15,729	62,382
-2	4,889	23,902	116,858	3,970	15,761	62,571
-1	4,889	23,902	116,858	3,970	15,761	62,571
0	4,889	23,902	116,858	3,970	15,761	62,571
1	4,889	23,902	116,858	3,970	15,761	62,571
2	4,889	23,902	116,858	3,970	15,761	62,571
3	4,889	23,902	116,858	3,970	15,761	62,571
4	1,044	1,090	1,138	5,359	28,719	153,904
Tổng	35,446	167,256	810,168	37,634	159,165	682,169
$(1) \sum_{n=1}^9 a - \sum_{n=1}^9 b$			73,080		m	
$(2) \sum_{n=1}^9 a^2 - \sum_{n=1}^9 b^2$			-8,092		m ²	
$(3) \sum_{n=1}^9 a^3 + \sum_{n=1}^9 b^3$			1492,337		m ⁴	
$(4) \eta = \frac{1}{2} \times \frac{(2)}{(1)}$			-0,055		m	
$(5) J_o = \frac{1}{3} \times \frac{L}{n} + (3)$			4294,615		m ⁴	
$(6) a \times \eta^2 = \frac{L}{n} \times (1) \times (4)^2$			1,934			
$(7) J = (5) - (6)$			4292,681			
$R = \frac{(7)}{V}$			0,830		m	

Bảng 3.38 Tính toán sườn Tchebyshev cho góc nghiêng $\theta = 90^\circ$

Sườn	b(m)	b ² (m ²)	b ³ (m ³)	a(m)	a ² (m ²)	a ³ (m ³)
-4	0,289	0,084	0,024	4,457	19,865	88,538
-3	4,761	22,667	107,918	3,946	15,571	61,443

Thiết kế hình dáng thân tàu chở hàng khô trong tải 3800 DWT hoạt động trong vùng biển hạn chế cấp I

-2	4,761	22,667	107,918	3,950	15,603	61,630
-1	4,761	22,667	107,918	3,950	15,603	61,630
0	4,761	22,667	107,918	3,950	15,603	61,630
1	4,761	22,667	107,918	3,950	15,603	61,630
2	4,761	22,667	107,918	3,950	15,603	61,630
3	4,761	22,667	107,918	3,950	15,603	61,630
4	2,215	4,906	10,867	5,312	28,217	149,891
Tổng	35,831	163,660	766,319	37,415	157,268	669,650
$(1) \sum_{n=1}^9 a - \sum_{n=1}^9 b$				73,246	m	
$(2) \sum_{n=1}^9 a^2 - \sum_{n=1}^9 b^2$				-6,391	m ²	
$(3) \sum_{n=1}^9 a^3 + \sum_{n=1}^9 b^3$				1435,969	m ⁴	
$(4) \eta = \frac{1}{2} \times \frac{(2)}{(1)}$				-0,044	m	
$(5) J_o = \frac{1}{3} \times \frac{L}{n} + (3)$				4132,399	m ⁴	
$(6) a \times \eta^2 = \frac{L}{n} \times (1) \times (4)^2$				1,204		
$(7) J = (5) - (6)$				4131,195		
$R = \frac{(7)}{V}$				0,799	m	



Hình 3.8 Các đường đẳng tích tại trạng thái 1

3.3.3. Xác định cánh tay đòn ổn định hình dáng

Kết quả bán kính tâm nghiêng thu được cho mỗi trạng thái được sử dụng để tính toán cánh tay đòn ổn định hình dáng và xây dựng đồ thị cánh tay đòn ổn định hình dáng.

Công thức cánh tay đòn ổn định hình dáng theo Trang 52 [4]:

$$l_{\phi} = y_{\theta} \cos\theta + (z_{\theta} - z_B) \times \sin\theta \quad (3.34)$$

Với y_{θ} và $(z_{\theta} - z_B)$ là tọa độ tâm nổi của tàu có giá trị thể tích chiếm nước xác định.

Cao độ trọng tâm tàu được tính theo Công thức (1.4) [4]:

$$Z_{\theta} = Z_G = \frac{\sum w_i \cdot z_i}{\sum w_i} \quad (3.35)$$

$$LCG \equiv X_G = \frac{\sum w_i \cdot x_i}{\sum w_i} \quad (3.36)$$

Cánh tay đòn động (l_d) và cánh tay đòn ổn định tĩnh (l_t) được tính theo công thức

$$l_t = l_{\phi} - (z_G - z_B) \times \sin\theta \quad (3.37)$$

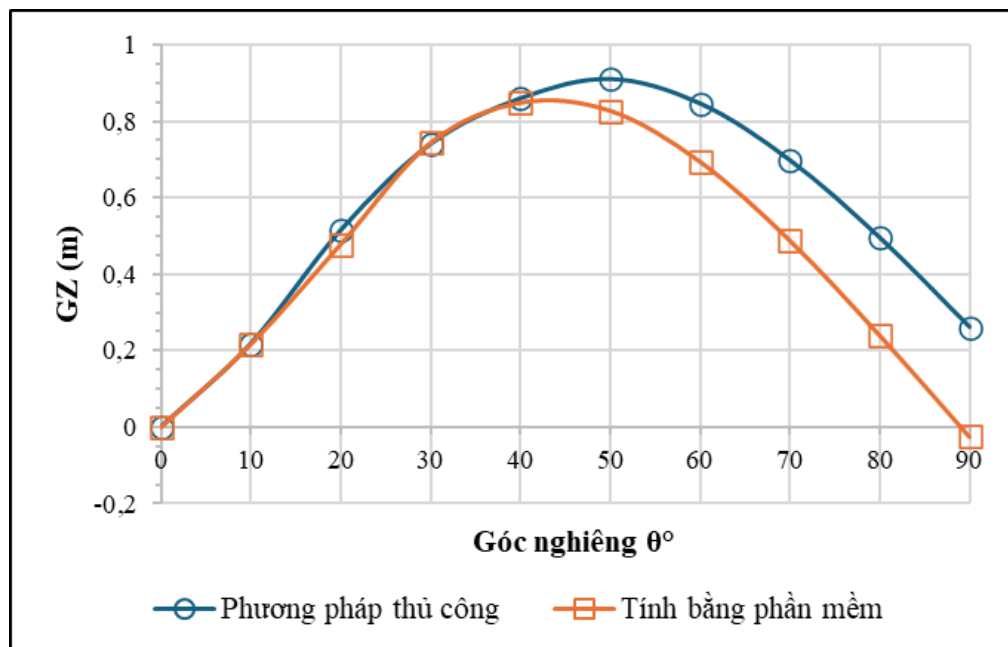
Bảng 3.39 Cánh tay đòn ổn định hình dáng Pantokaren của trạng thái 1

θ^0	r_{θ}	$r_{\theta} \cos\theta$	$\sum_{tp} r_{\theta} \cos\theta$	$r_{\theta} \sin\theta$	$\sum_{tp} r_{\theta} \sin\theta$	$y_{B\theta}$	$z_{B\theta} - z_{B0}$	$y_{\theta} \cos\theta$	$(z_{B\theta} - z_{B0}) \sin\theta$	l_{θ}
0	2,3	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	2,9	2,9	5,2	0,5	0,9	0,5	0,1	0,4	0,0	0,5
20	3,1	2,9	11,0	1,1	3,0	1,0	0,3	0,9	0,1	1,0

30	2,1	1,8	15,8	1,1	5,6	1,4	0,5	1,2	0,2	1,4
40	2,1	1,6	19,2	1,4	8,3	1,7	0,7	1,3	0,5	1,8
50	1,6	1,0	21,9	1,2	11,2	1,9	1,0	1,2	0,8	2,0
60	1,2	0,6	23,5	1,0	13,6	2,1	1,2	1,0	1,0	2,1
70	1,0	0,3	24,4	0,9	15,6	2,1	1,4	0,7	1,3	2,0
80	0,8	0,1	24,9	0,8	17,4	2,2	1,5	0,4	1,5	1,9
90	0,8	0,0	25,0	0,8	19,0	2,2	1,7	0,0	1,7	1,7

Bảng 3.40 Cánh tay đòn ổn định tĩnh và cánh tay đòn ổn định động của trạng thái 1

θ	l_ϕ	$\sin\theta$	$a.\sin\theta$	$l_t = l_\phi - a.\sin\theta$	Σl	$l_d = \delta\theta/2 \times \Sigma l$
0	0,000	0,000	0,000	0,000	-	0,000
10	0,461	0,174	0,262	0,199	0,199	0,017
20	0,993	0,342	0,516	0,477	0,875	0,076
30	1,439	0,500	0,754	0,685	2,037	0,178
40	1,759	0,643	0,969	0,789	3,512	0,307
50	1,982	0,766	1,155	0,827	5,129	0,448
60	2,058	0,866	1,306	0,752	6,708	0,585
70	2,013	0,940	1,417	0,596	8,056	0,703
80	1,874	0,985	1,485	0,389	8,264	0,721
90	1,661	1,000	1,508	0,153	8,499	0,742



Hình 3.9 Đồ thị cánh tay đòn ổn định trạng thái 1

3.3.4. Kiểm tra tính ổn định ngang

Cách kiểm tra các thông số tàu sau khi thiết kế được quy định nhiều trong các tài liệu sổ tay, trong nội dung Tiêu chuẩn Việt Nam cũng như trong khuyến cáo của IMO về tính ổn định của tàu thủy. Xét tại trạng thái 2 cho các tiêu chuẩn ổn định tàu thủy.

- Theo tài liệu [4] Trang 429 yêu cầu các thông số sau:

+ Chiều cao ổn định ban đầu GM:

$$GM \equiv h_0 = r_\theta - Z_G + Z_B = 2,929 - 4,7 + 3,2 = 1,429 \text{ (m)} (\geq 0,15\text{m})$$

→ Thỏa mãn theo yêu cầu ổn định của [4]

+ Yêu cầu đối với đường cong $GZ(\theta)$: Theo giá trị tham khảo của Rahola, góc θ_{\max} sẽ thuộc khoảng từ 35° đến 45° . $\theta_{\max} = 45^\circ$ (thỏa mãn) và với $\theta_m \geq 25^\circ$ thì $GZ_{\max} > 0,25$ m đối với tàu có chiều dài $L < 90$ m.

$$GZ_{\max} = 0,83 \text{ (m)}$$

→ Thỏa mãn yêu cầu đối với đường cong GZ

+ Yêu cầu góc lặn trên đồ thị ổn định: với giá trị tham khảo là $\theta_v > 60^\circ$.

$$\text{Góc lặn trên đồ thị ổn định là } \theta_v = 90^\circ$$

→ Thỏa mãn yêu cầu đối với góc lặn

→ Nhận xét: Từ các yêu cầu kiểm tra ổn định trong [4], tàu thiết kế đã thỏa mãn điều kiện ổn định động và ổn định tĩnh.

- Kiểm tra theo khuyến cáo IMO:

+ Trong các khuyến cáo của IMO cho tàu vận tải biển có ghi rõ:

$$l_{d,40} - l_{d,30} \geq 0,03\text{m}$$

+ Nếu góc vào nước của tàu $\varphi_f > 40^\circ$, công thức trên có dạng: $l_{d,f} - l_{d,30} \geq 0,03\text{m}$

+ Tại góc $\theta = 30^\circ$ giá trị cánh tay đòn: $l_{d,30} \geq 0,055\text{m}$

+ Tại góc $\theta = 40^\circ$ giá trị cánh tay đòn: $l_{d,40} \geq 0,09\text{m}$, nếu $\varphi_f < 40^\circ$

+ Trong tính toán cho trạng thái 1:

Góc vào nước $\varphi_f = 42^\circ < 40^\circ$, thì tại $\theta = 30^\circ$, $l_{d,30} \geq 0,055 \text{ rad.m}$ và tại $\theta = 40^\circ$, $l_{d,40} \geq 0,09 \text{ rad.m}$

$$\text{Ta có } l_{d,30} = 0,178 > 0,055\text{m}, l_{d,f} = 0,377\text{m}$$

$$l_{d,f} - l_{d,30} = 0,377 - 0,178 = 0,199 > 0,03\text{m}$$

=> Thỏa mãn điều kiện ổn định động theo khuyến cáo IMO.

3.3.5. Sử dụng phần mềm Maxsurf tính toán ổn định

Bằng việc sử dụng phần mềm Maxsurf sẽ giúp cho việc tính toán trở nên thuận tiện và chính xác hơn. Trong đề án tốt nghiệp Capstone Project này em sử dụng phần mềm maxsurf để tính toán tính ổn định của tàu cho các trạng thái còn lại.

Trạng thái 1: Tàu có 100% hàng và có 100% dự trữ.

- Lượng chiếm nước $\Delta = 5205\text{T}$

- Chiều chìm $d = 6,12 \text{ m}$

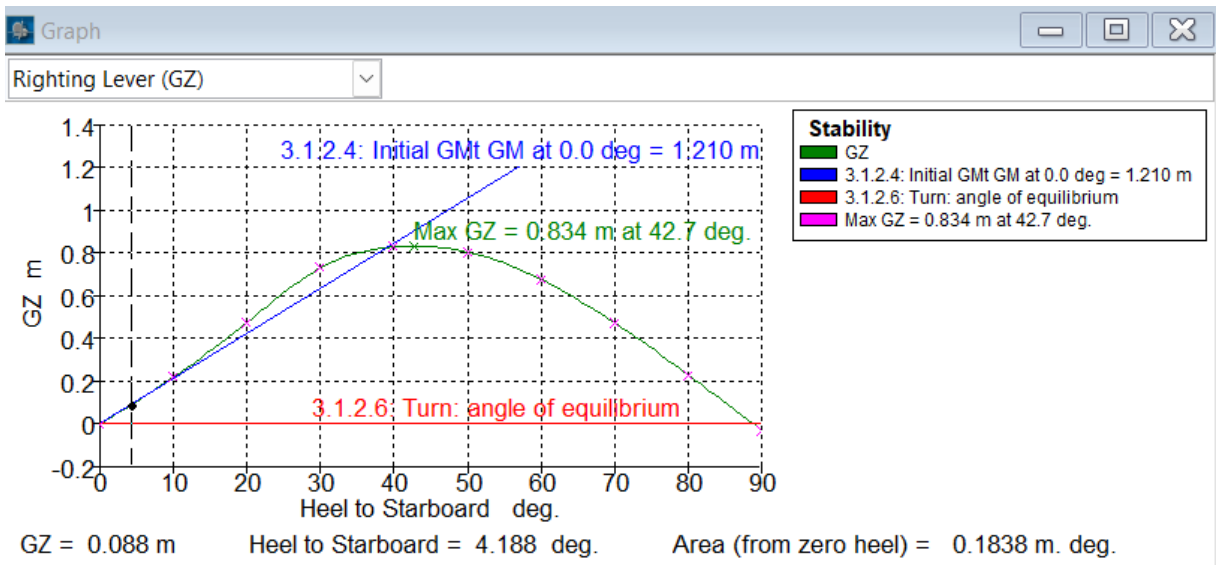
- Cao độ trọng tâm tàu $Z_G = 4,7$ m

Bảng 3.41 Kết quả tính toán bằng phần mềm Maxsurf tại trạng thái 1

θ°	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
l_t	0	0,217	0,476	0,736	0,84	0,818	0,686	0,481	0,234	-0,03
l_d	0	0,018	0,078	0,185	0,325	0,471	0,604	0,706	0,769	0,787

Bảng 3.42 Kiểm tra tính ổn định

Đại lượng	Đơn vị	Giá trị	Theo tiêu chuẩn	Yêu cầu
Chiều cao ổn định ban đầu GM [4]	m	1,21	$GM \geq 0,15$ m	Đạt
Góc nghiêng tại GZ_{max} [4]	°	42,7	$35^\circ < \theta_{max} < 45^\circ$	Đạt
Góc lặn θ_l [4]	°	88,8	$\theta_l > 60^\circ$	Đạt
Khuyến cáo IMO [4]	m	0,14	$l_{d,40} - l_{d,30} \geq 0,03$	Đạt
Diện tích đồ thị ổn định tính 30° [9]	m.rad	0,213	$S_{t,30} \geq 0,055$	Đạt
Diện tích đồ thị ổn định tính 40° [9]	m.rad	0,372	$S_{t,40} \geq 0,090$	Đạt
Góc nghiêng tại GZ_{max} [9]	°	42,7	$\theta_{max} \geq 25^\circ$	Đạt



Hình 3.10 Đồ thị ổn định được vẽ bằng Maxsurf cho Trạng thái 1

Trạng thái 2: Tàu có 0% hàng và có 100% dự trữ.

- Lượng chiếm nước $\Delta = 1405T$
- Chiều chìm $d = 1,61$ m

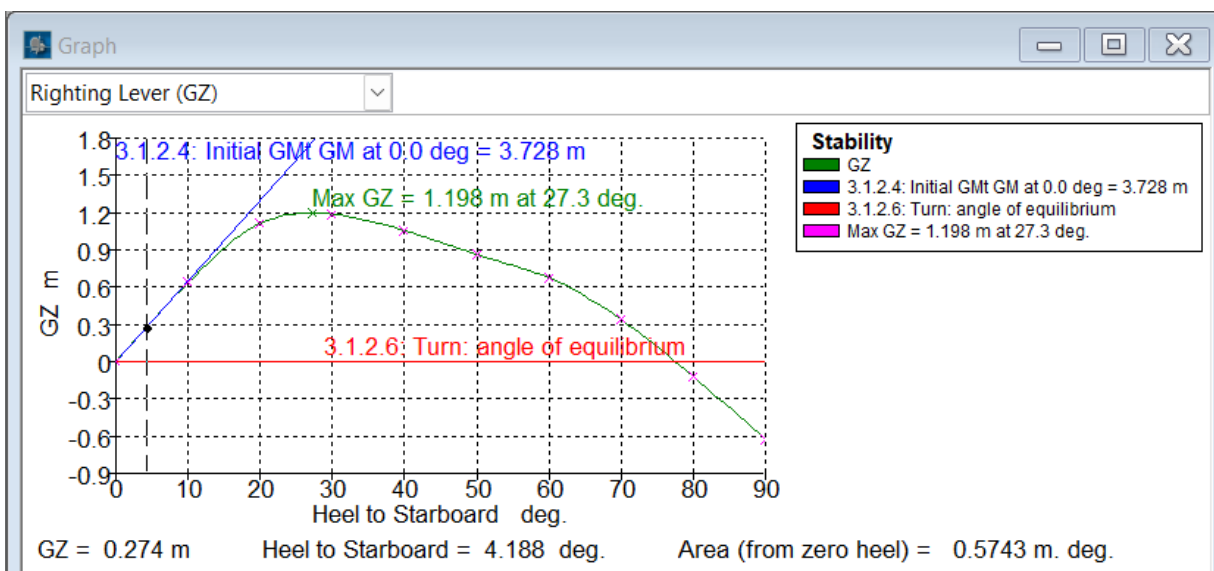
- Cao độ trọng tâm tàu $Z_G = 5,5$ m

Bảng 3.43 Kết quả tính toán bằng phần mềm Maxsurf tại Trạng thái 2

θ°	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
l_t	0	0,638	1,112	1,187	1,055	0,860	0,674	0,338	-0,121	-0,626
l_d	0	0,056	0,214	0,419	0,617	0,784	0,919	1,009	1,029	0,964

Bảng 3.44 Kiểm tra tính ổn định

Đại lượng	Đơn vị	Giá trị	Theo tiêu chuẩn	Yêu cầu
Chiều cao ổn định ban đầu GM	m	3,728	$GM \geq 0,15$ m	Đạt
Góc nghiêng tại GZ_{max}	°	27,3	$35^\circ < \theta_{max} < 45^\circ$	Không
Góc lặn θ_l	°	77,5	$\theta_l > 60^\circ$	Đạt
Khuyến cáo IMO	m	0,197	$l_{d,40} - l_{d,30} \geq 0,03$	Đạt
Diện tích đồ thị ổn định tĩnh 30° [9]	m.rad	0,481	$S_{t,30} \geq 0,055$	Đạt
Diện tích đồ thị ổn định tĩnh 40° [9]	m.rad	0,707	$S_{t,40} \geq 0,090$	Đạt
Góc nghiêng tại GZ_{max} [9]	°	27,3	$\theta_{max} \geq 25^\circ$	Đạt



Hình 3.11 Đồ thị ổn định được vẽ bằng Maxsurf cho Trạng thái 2

Trạng thái 3: Tàu có 100% hàng và có 10% dự trữ.

- Lượng chiếm nước $\Delta = 5100T$
- Chiều chìm $d = 6,0$ m

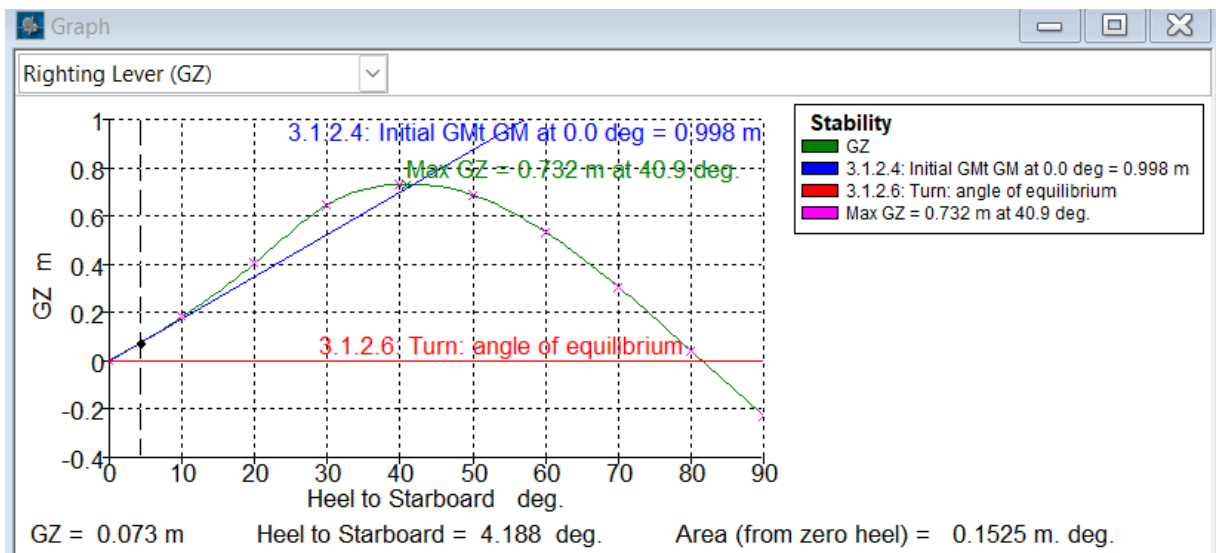
- Cao độ trọng tâm tàu $Z_G = 4,9$ m

Bảng 3.45 Kết quả tính toán bằng phần mềm Maxsurf tại Trạng thái 3

θ°	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
l_t	0	0,181	0,405	0,646	0,732	0,687	0,532	0,307	0,045	-0,229
l_d	0	0,015	0,066	0,159	0,281	0,407	0,514	0,588	0,619	0,603

Bảng 3.46 Kiểm tra tính ổn định

Đại lượng	Đơn vị	Giá trị	Theo tiêu chuẩn	Yêu cầu
Chiều cao ổn định ban đầu GM	m	0,998	$GM \geq 0,15$ m	Đạt
Góc nghiêng tại GZ_{max}	°	40,9	$35^\circ < \theta_{max} < 45^\circ$	Đạt
Góc lặn θ_l	°	81,7	$\theta_l > 60^\circ$	Đạt
Khuyến cáo IMO	m	0,123	$l_{d,40} - l_{d,30} \geq 0,03$	Đạt
Diện tích đồ thị ổn định tĩnh 30° [9]	m.rad	0,184	$S_{t,30} \geq 0,055$	Đạt
Diện tích đồ thị ổn định tĩnh 40° [9]	m.rad	0,322	$S_{t,40} \geq 0,090$	Đạt
Góc nghiêng tại GZ_{max} [9]	°	40,9	$\theta_{max} \geq 25^\circ$	Đạt



Hình 3.12 Đồ thị ổn định được vẽ bằng Maxsurf cho Trạng thái 3

Trạng thái 4: Tàu có 0% hàng và có 10% dự trữ.

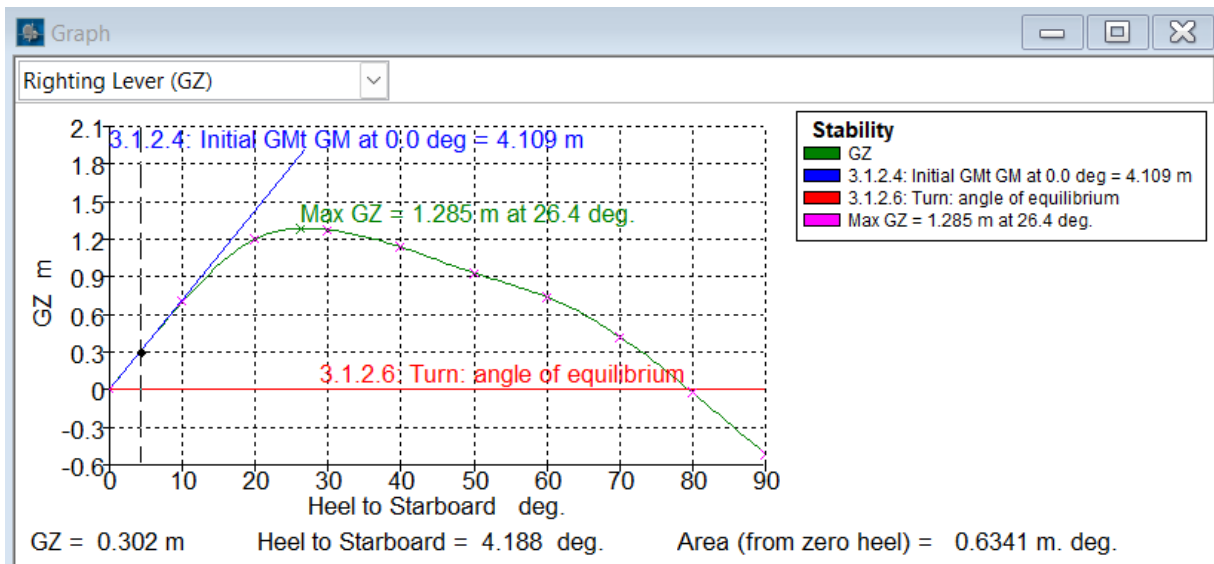
- Lượng chiếm nước $\Delta = 1356T$
- Chiều chìm $d = 1,59$ m
- Cao độ trọng tâm tàu $Z_G = 5,4$ m

Bảng 3.47 Kết quả tính toán bằng phần mềm Maxsurf tại Trạng thái 4

θ°	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
l_t	0	0,699	1,200	1,272	1,136	0,929	0,739	0,422	-0,023	-0,520
l_d	0	0,062	0,233	0,454	0,666	0,846	0,992	1,096	1,132	1,085

Bảng 3.48 Kiểm tra tính ổn định

Đại lượng	Đơn vị	Giá trị	Theo tiêu chuẩn	Yêu cầu
Chiều cao ổn định ban đầu GM	m	4,109	$GM \geq 0,15 \text{ m}$	Đạt
Góc nghiêng tại GZ_{\max}	°	26,4°	$35^\circ < \theta_{\max} < 45^\circ$	Không
Góc lặn θ_l	°	79,5°	$\theta_l > 60^\circ$	Đạt
Khuyến cáo IMO	m	0,212	$l_{d,40} - l_{d,30} \geq 0,03$	Đạt
Diện tích đồ thị ổn định tính 30° [9]	m.rad	0,521	$S_{t,30} \geq 0,055$	Đạt
Diện tích đồ thị ổn định tính 40° [9]	m.rad	0,762	$S_{t,40} \geq 0,090$	Đạt
Góc nghiêng tại GZ_{\max} [9]	°	26,4	$\theta_{\max} \geq 25^\circ$	Đạt



Hình 3.13 Đồ thị ổn định được vẽ bằng Maxsurf cho Trạng thái 4

3.4. Kết luận

Tàu thiết kế đã thỏa mãn tính ổn định và các thông số ổn định được thể hiện trong các nội dung đã trình bày. Việc tính toán các thông số ổn định tàu giúp đảm bảo an toàn tính mạng và tài sản. Bên cạnh đó giúp việc tải hàng, tháo dỡ hàng và chuyển động trên biển hiệu quả hơn.

Dựa vào các bản giá kiểm tra tính ổn định cho thấy tại các trường hợp tải trọng tính toán đều thoả mãn với tiêu chuẩn. Nhưng tại trường hợp 2 và trường hợp 4 có đại lượng góc θ_{\max} không thoả mãn. Điều này cho thấy tàu không được ổn định cho trạng thái này. Tại hai trạng thái tải trọng này, tàu có chiều chìm bé, chiều cao trọng tâm lớn dẫn đến tàu dễ mất cân bằng. Vậy nên khi tàu không chở hàng hoặc bốc dỡ hàng hoá khỏi tàu, thông thường người ta dùng các két nước giảm tàu để đảm bảo tính ổn định tàu trong quá trình thực hiện đó.

Tóm lại sau khi thiết kế được tuyến hình, các thông số cơ bản của tàu thì tàu thiết kế có tính ổn định đảm bảo và thoả mãn các tiêu chuẩn đã đề ra.

CHƯƠNG 4: MÔ PHỎNG CHUYỂN ĐỘNG CỦA TÀU TRÊN SÓNG

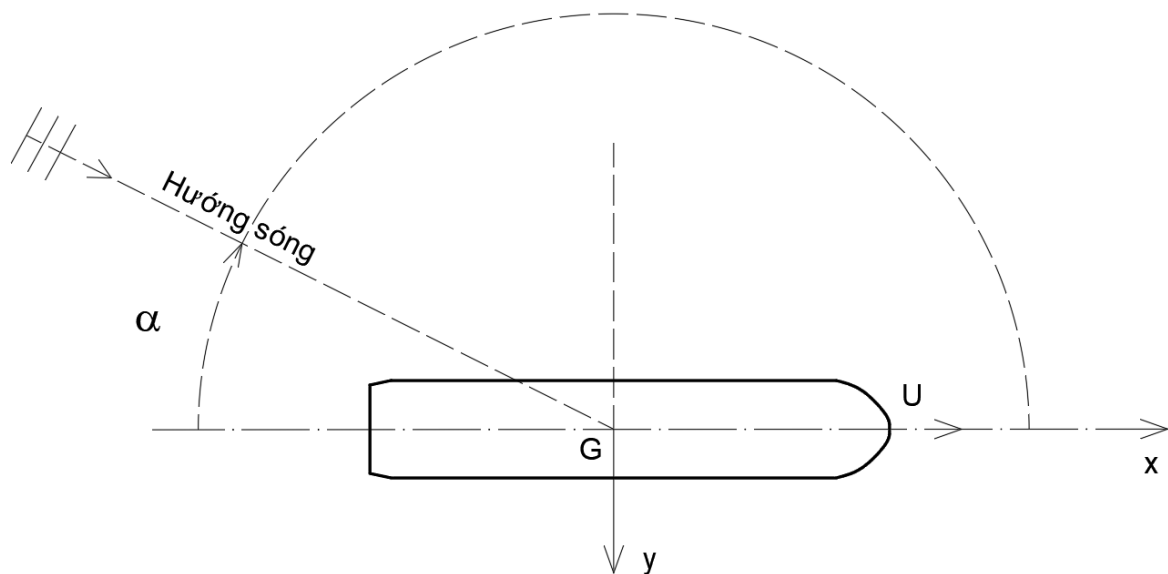
4.1. Chuyển động tàu trên sóng

Chuyển động tàu trên sóng cho thấy được khả năng đi biển của tàu, nó phản ánh khả năng chịu tác động của điều kiện sóng biển tác động lên tàu. Chuyển động tàu không chỉ gây ra khó khăn trong vận hành (như khó giữ thăng bằng, mỏi mệt cho thuyền viên, mất hiệu suất nhiên liệu) mà còn có thể làm tăng rủi ro như làm hư hỏng hàng hoá, va đập các công trình ngoài khơi khác hoặc va chạm giữa các tàu thuyền, ...

Việc nghiên cứu chuyển động tàu trên sóng là rất cần thiết trong thiết kế và vận hành tàu thủy hiện đại. Những thông số như RAOs (Response Amplitude Operators), tần số cộng hưởng, hay chuyển động biên độ lớn là các yếu tố được phân tích chi tiết trong các phần mềm mô phỏng và thử nghiệm mô hình. Điều này giúp dự đoán chuyển động tàu theo từng tần số sóng, phân tích ảnh hưởng của kích thước thân tàu và hình dáng mũi tàu, có thể đưa ra những phương án cải tiến giúp tối ưu trong việc thiết kế và khả năng đi biển của con tàu.

Để có thể tính toán được các thông số chuyển động RAOs một cách chính xác thì chúng ta cần tìm hiểu về các lý thuyết về sóng biển. Trong khi nghiên cứu về chuyển động của tàu thủy trên biển, thông thường tàu được xem là một khối vật rắn tuyệt đối. Các đại lượng thường ảnh hưởng đến chuyển động của tàu trên biển gồm:

- Tốc độ chuyển động tàu
- Các thông số, kích thước chủ yếu của tàu
- Điều kiện sóng (loại sóng, tần số sóng, chiều cao sóng)
- Phương truyền sóng so với phương chuyển động của tàu



Hình 4.1 Hướng sóng tác dụng lên tàu thủy

4.2. Hệ tọa độ và ký hiệu

Hoạt động trên biển luôn phải chịu tác động của môi trường sóng gió, tạo ra các chuyển động phức tạp ảnh hưởng đến an toàn, độ ổn định, hiệu suất hoạt động và tuổi thọ của con tàu. Việc mô phỏng chuyển động tàu trên sóng dựa vào phổ đáp ứng RAOs

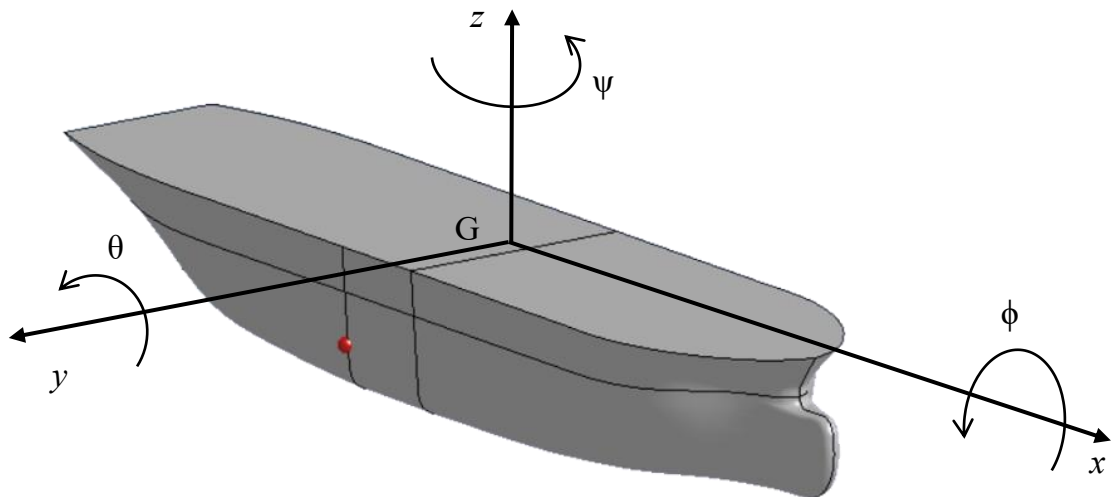
giúp đánh giá chính xác hành vi của tàu trong điều kiện thực tế, từ đó đưa ra các quyết định thiết kế và vận hành tối ưu.

Tàu trên biển là một hệ vật thể có sáu bậc tự do chuyển động trong không gian ba chiều. Các chuyển động này gồm:

- Tịnh tiến (Surge), x : Chuyển động tịnh tiến dọc theo trục Ox
- Dạt ngang (Sway), y : Chuyển động tịnh tiến dọc theo trục Oy
- Lắc đứng (Heave), z : Chuyển động tịnh tiến dọc theo trục Oz
- Lắc ngang (Roll), ϕ : Chuyển động quay quanh trục Ox
- Lắc dọc (Pitch), θ : Chuyển động quay quanh trục Oy
- Quay trở (Yaw), ψ : Chuyển động quay quanh trục Oz

Véc tơ chuyển động của con tàu được định nghĩa như sau:

$$X = (x, y, z, \phi, \theta, \psi)$$



Hình 4.2 Hệ trục tọa độ thân tàu

4.3. Cơ sở lý thuyết

Ảnh hưởng của sóng biển đến con tàu khá tương đồng với phản ứng dao động kinh điển của hệ thống khối lượng – giảm chấn – lò xo (Mass – Damping – Spring System). Khi xét đến một bậc tự do (6-DOF) thì phương trình chuyển động của tàu trên sóng được mô thiết lập như sau:

$$(M + A_w) \ddot{X}(t) + B \dot{X}(t) + CX(t) = F_w(t) \quad (4.1)$$

Trong đó:

- + M là ma trận khối lượng quán tính của con tàu
- + A_w là ma trận khối lượng nước kèm (Added Mass)
- + B là ma trận giảm chấn

- + C là ma trận độ cứng
 - + $F_w(t)$ là lực sóng tác dụng lên tàu
 - + ω là tần số sóng
- Sóng điều hoà có phương trình dao động, với A là biên độ sóng điều hoà:

$$x = A \cos(kx - \omega t) \quad (4.2)$$

- Áp suất của sóng tại điểm bất kỳ:

$$p = \rho \cdot g \cdot (-z + \zeta) \quad (4.3)$$

Tại vùng nước sâu: $p = -\rho \cdot g \cdot z + \bar{\zeta} \cdot \rho \cdot g e^{kx} \cos(kx - \omega t)$ (4.4)

Với k là số sóng: $k = \frac{\omega^2}{g}$ (4.5)

- Tần số hữu hiệu: $\omega_e = \omega \left(1 - \frac{2\omega U}{g} \cos \alpha \right)$ (4.6)

Để mô phỏng khả năng đi biển của tàu chở hàng khô và các loại tàu thủy khác, phương tiện dòng thế (Potential flow method) được lựa chọn nhờ vào tính hiệu quả và độ chính xác cao. Phương pháp này dựa trên giả thiết rằng chất lỏng là lý tưởng (không nhớt, không chịu nén và không xoáy), cho phép biểu diễn trường vận tốc dòng chảy thông qua một hàm thế vận tốc $\phi(x, y, z, t)$. Các giả thiết chính:

- Nước là chất lỏng lý tưởng: không nhớt, không nén được
- Dòng chảy là không xoáy (irrotational flow)
- Sóng được mô hình hóa là sóng điều hòa tuyến tính

Phương trình cơ bản của phương pháp dòng chảy thế là:

$$\frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial z^2} = 0 \quad (4.7)$$

Phương trình mặt thoáng biểu diễn sự cân bằng giữa lực quán tính (do dao động sóng với tần số ω) và trọng lực:

$$-\omega^2 \phi + g \frac{\partial \phi}{\partial z} = 0 \quad (4.8)$$

Điều kiện trên mặt thân tàu: Phương trình đầu là điều kiện bức xạ: mô tả phản ứng của thân tàu đang dao động trong sóng. Phương trình sau là điều kiện nhiễu xạ: tàu đứng yên nhưng bị sóng tới tác động. Đảm bảo không có dòng xuyên qua bề mặt thân tàu.

$$\begin{aligned} \frac{\partial \phi_r}{\partial n} &= -i\omega_e n_j \\ \frac{\partial \phi_d}{\partial n} &= -\frac{\partial \phi_I}{\partial n} \end{aligned} \quad (4.9)$$

Điều kiện đáy biển (Bottom boundary): Đảm bảo vận tốc theo phương z bằng 0.

$$\frac{\partial \phi}{\partial z} = 0 \quad (4.10)$$

Dòng chảy của chất lỏng xung quanh thân tàu được xác định bởi hàm thế vận tốc, bao gồm ba thành phần:

- Thế vận tốc sóng tới ϕ_I : Mô tả sóng biển đến.

$$\phi_I = \frac{gA}{\omega} \frac{\cosh[k(z+h)]}{\cosh(kh)} \sin(kx \cos \alpha + ky \sin \alpha - \omega t) \quad (4.11)$$

g: Gia tốc trọng trường.

A: Biên độ sóng.

Ω : Tần số sóng.

K: Số sóng

h: Độ sâu nước.

α : Góc hướng sóng (so với trục tàu).

Z: Tọa độ theo chiều thẳng đứng (mặt nước tự do tại $z = 0$)

- Thế vận tốc nhiễu xạ ϕ_D : Do sự nhiễu xạ của sóng khi gặp tàu.
- Thế vận tốc bức xạ ϕ_S : Do chuyển động dao động của tàu tạo ra sóng bức xạ.

$$\phi_S = \sum_{j=1}^6 X_j \phi_j \quad (4.12)$$

X_j là biên độ chuyển động trong bậc tự do j

- Tổng thế vận tốc được viết dưới dạng: $\phi = \phi_I + \phi_D + \phi_S$

Biên độ đáp ứng RAOs cho mỗi bậc tự do được tính như sau:

$$RAO_j = \frac{X_j}{A} \quad (4.13)$$

Lực nhiễu xạ (wave excitation force) được tính từ áp suất trên thân tàu:

$$F_{D,j} = -i\omega_e \rho \iint_S (\phi_I + \phi_S) n_j dS \quad (4.14)$$

n_j : Thành phần pháp tuyến theo hướng bậc tự do j

4.4. Thiết lập tính toán mô phỏng

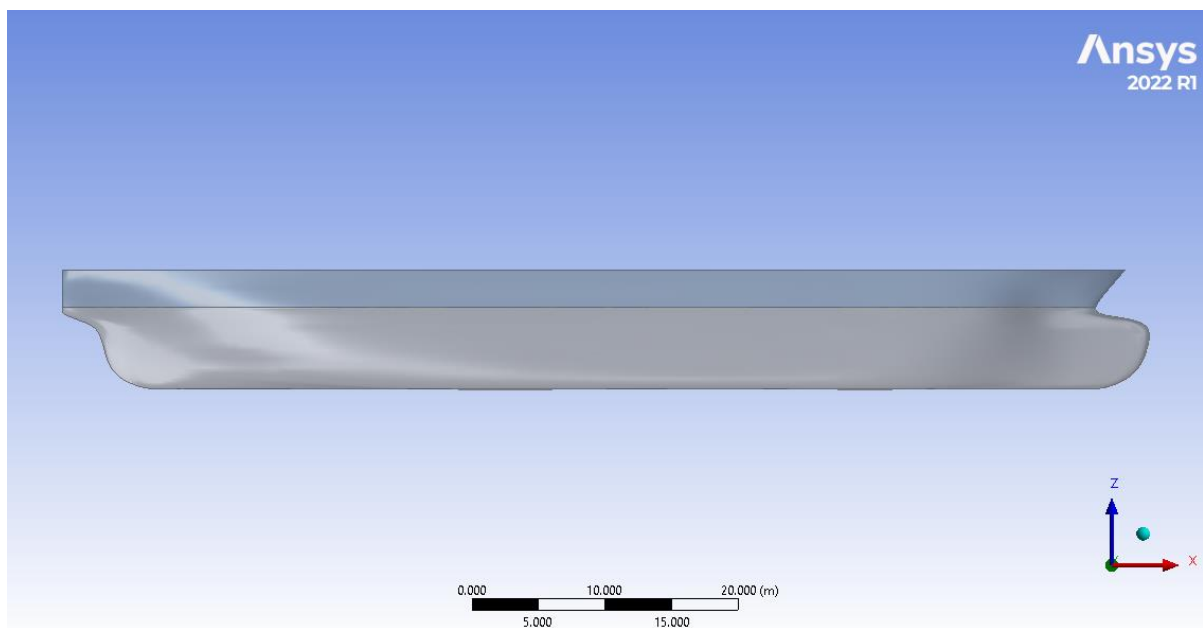
4.4.1. Geometry – Khởi tạo hình học

Từ bản vẽ tuyến hình các mặt cắt cơ bản của tàu thủy, sử dụng phần mềm Rhino 6 xây dựng các đường sườn biên dạng tàu và xây dựng mô hình với tỷ lệ 1:1 so với tàu thiết kế, có thông số như sau:

Bảng 4.1 Thông số thiết lập mô hình

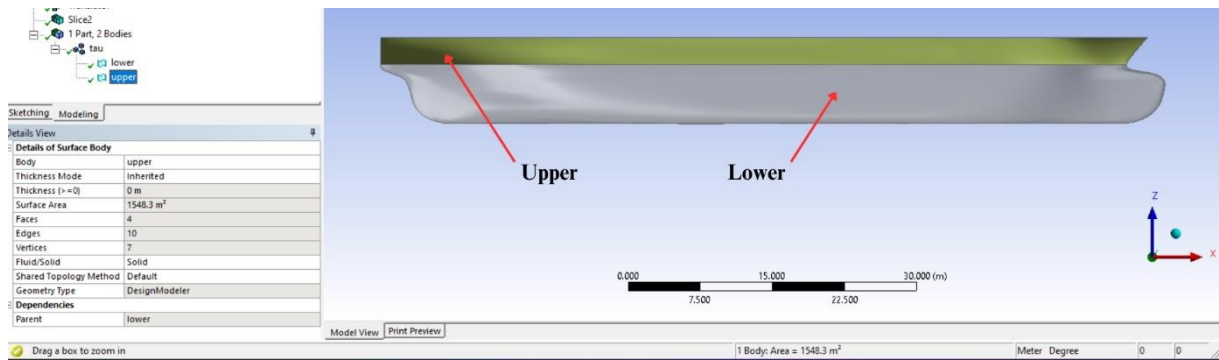
Chiều dài thiết kế, L_{PP}	77,7	m
Chiều rộng thiết kế, B	14,05	m
Lượng chiếm nước	52337,5	Kgf
Thể tích chiếm nước	5078	m ³
Hoành độ trọng tâm tính từ trụ đuôi, LCG	2,4	m
Cao độ trọng tâm, VCG	4,7	m
Bán kính quán tính, k_{xx}	5,62	B
Bán kính quán tính, k_{yy}	19,42	L_{PP}
Bán kính quán tính, k_{zz}	19,42	L_{PP}

Từ Model 3D xây dựng được trong Rhino 6, ta export model này thành file có đuôi.igs và nhập vào các cell trong phần mềm Hydrodynamic Diffraction trong Ansys.



Hình 4.3 Model 3D tàu thiết kế trong Ansys

Sử dụng lệnh Slice để chia tàu thành 2 thành phần: phần ngập trong nước biển (lower) và phần nhô lên trên mặt thoáng nước biển (upper) với khoảng cách từ đường cơ bản đến mặt phẳng chia tàu chính là độ lớn chiều chìm thiết kế của tàu $T = 6,12\text{m}$. Hai phần được đặt trong 1 Part có tên là “tau” và được thể hiện trên Tree Outline.



Hình 4.4 Thiết lập chiều chìm tàu trong mô phỏng

4.4.2. Meshing – chia lưới mô hình

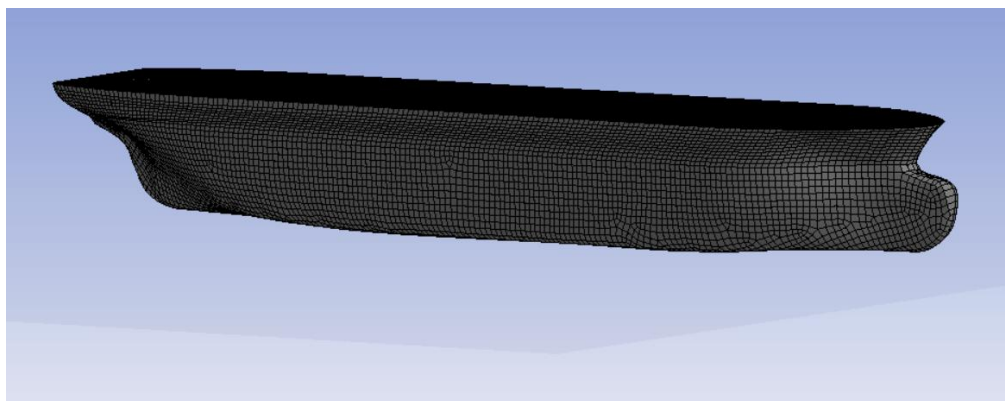
Chọn chế độ điều khiển đơn giản cho việc tạo lưới - Basic Controls. Dùng để thiết lập nhanh mà không cần tinh chỉnh phức tạp. Các thông số trong thiết lập chia lưới được thể hiện như sau:

- Thiết lập dung sai khoảng cách lưới – Defeaturing Tolerance: 0,1 m. Điều này cho phép bỏ qua các chi tiết nhỏ trong hình học khi tạo lưới, những chi tiết nhỏ hơn 0,1 m sẽ không được lưới hóa để đơn giản mô hình.
- Maximum Element Size: 0,8 m. Kích thước tối đa của lưới là 0,8 m

Khi đó thông tin lưới thu được như sau:

- Tổng số điểm nút (node) trong lưới – Total Nodes: 16084
- Tổng số phần tử lưới được tạo ra – Total Elements: 16082
- Số phần tử lưới thuộc bề mặt chịu tác động sóng nhiều xạ - External Surface Diffraction Elements: 7770
- Số nút thuộc vùng diffraction: 7593
- Số phần tử lưới thuộc vùng không chịu ảnh hưởng nhiều xạ - External Surface Non-Diffraction Elements: 8666
- Số điểm nút trong vùng không nhiều xạ - External Surface Non-Diffraction Nodes: 8489

Cho thấy Số phần tử ở vùng diffraction chiếm khoảng 48% tổng số phần tử và kích thước lưới không quá to, quá nhỏ hoặc thay đổi đột ngột. Nên lưới thu được đảm bảo.

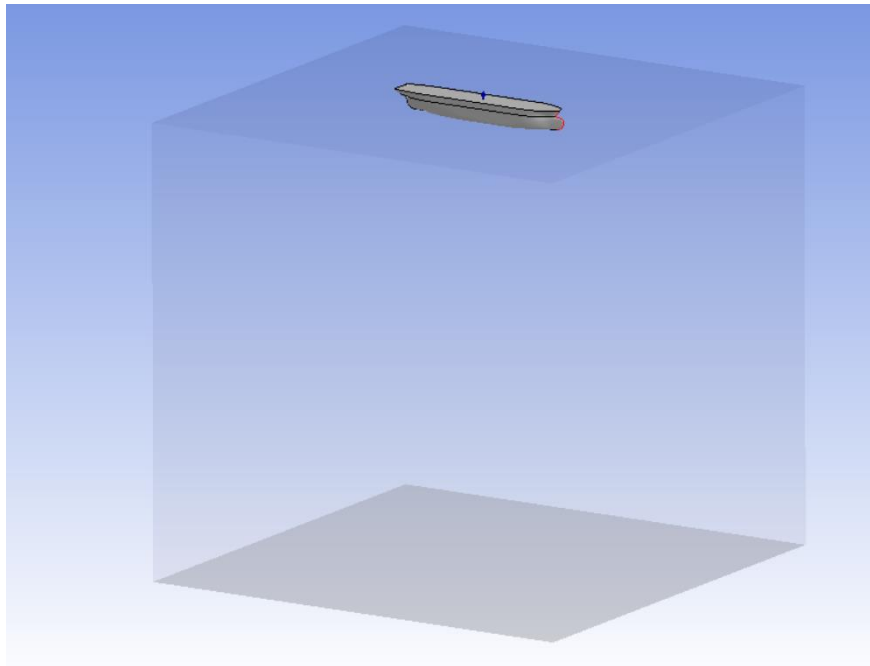


Hình 4.5 Chia lưới cho mô hình 3D

4.4.3. Thiết lập tính toán

Thiết lập điều kiện môi trường mô phỏng bao quanh tàu thủy (Model/Geometry):

- Chiều sâu khối nước: 200m
- Độ nhớt chất lỏng: $1,025 \text{ T/m}^3$
- Gia tốc trọng trường: $9,81 \text{ m/s}^2$
- Kích thước miền mặt phẳng mặt thoáng: $200 \times 200 \text{ (m)}$



Hình 4.6 Miền môi trường tính toán

Điều chỉnh các thông số liên quan đến khối lượng điểm (Point Mass) cho mô hình (Model/Geometry/ Point Mass).

- Point Mass Properties: Cài đặt chế độ Manual Controlled để chỉnh thủ công.
 - + X: 2,4 m
 - + Y: 0 m
 - + Z: -1,58 m
 - + Mass: 5205 T
- Inertia Properties: thiết lập các bán kính quán tính k_{xx} , k_{yy} , k_{zz}
 - + k_{xx} : 5,62 m
 - + k_{yy} : 19,42 m
 - + k_{zz} : 19,42 m

Thiết lập tính toán chuyển động tàu thủy trên sóng:

- Cài đặt phân tích – Analysis Settings: sử dụng Pre-Solve Python Script bằng đoạn Code Python của chương trình tính.
- Thiết lập thông số và điều kiện sóng:

Bảng 4.2 Thiết lập điều kiện sóng

Wave Directions <i>Hướng sóng</i>	Type <i>(Kiểu mô phỏng)</i>	Range of Directions, Forward Speed <i>(Dải hướng sóng, tốc độ tiến)</i>
	Forward Speed <i>(Phụ thuộc vào tốc độ)</i>	6,16 m/s
	Required Wave input <i>(Dữ liệu sóng yêu cầu)</i>	90° to 180°, interval: 30° <i>Khoảng cách mỗi bước: 30°</i>
Wave Frequency <i>Tần số sóng</i>	Intervals Baseed Upon <i>(Khoảng bước theo)</i>	Frequency (Tần số)
	Range Frequency <i>(Dải tần số)</i>	0,2 rad/s to 3 rad/s
	Interval <i>(Khoảng cách tần số)</i>	0,1 rad/s

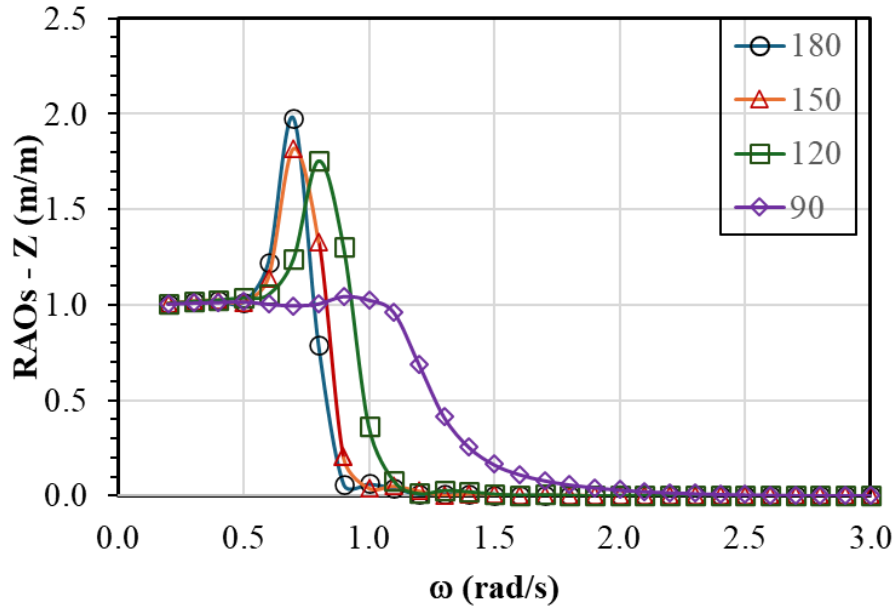
4.5. Kết quả mô phỏng

Sau khi thực hiện thiết lập mô phỏng đã thu được các đồ thị phổ đáp ứng chuyển động của tàu trên sóng với các góc sóng 90°, 120°, 150°, 180°. Thông thường, chúng ta sẽ xét đến ba chuyển động chính là Heave, Pitch, Roll – Đây là 3 bậc tự do chính bị ảnh hưởng nhiều nhất mà mỗi tàu thủy đều xét đến trong quá trình kiểm tra tính đi biển.

4.5.1. Chuyển động lắc đứng (Heave)

Tại góc sóng 180°, biên độ lắc đứng có giá trị lớn từ tần số 0,2 rad/s đến 0,9 rad/s và đạt giá trị lớn nhất tại tần số sóng là 0,7 rad/s. Khi tàu chuyển động trong tần số sóng lớn hơn 1,0 rad/s biên độ dao động RAOs trong lắc đứng rất nhỏ gần như tắt dần.

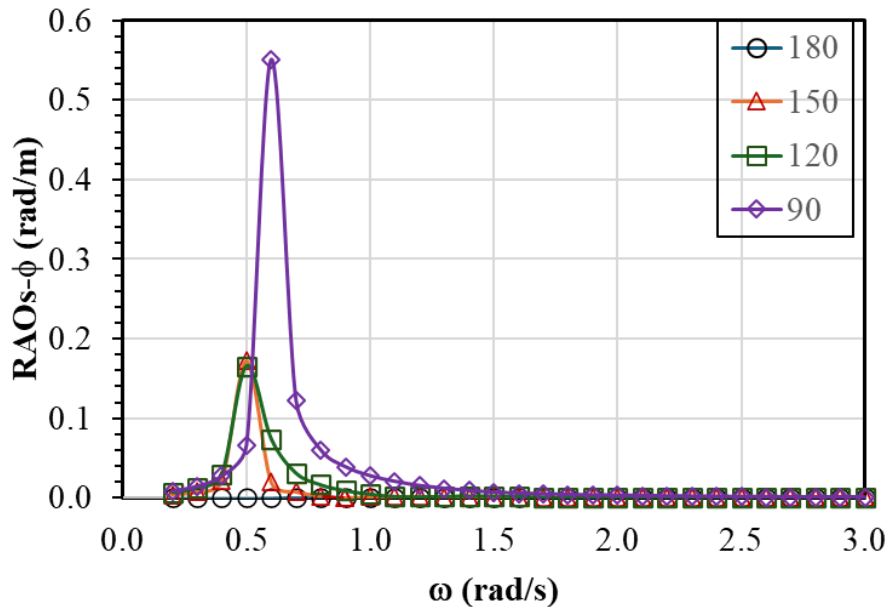
Tại các góc sóng 150°, 120°, 90°: Biên độ lắc đứng có xu hướng giảm dần khi góc sóng giảm, nhưng sự thay đổi này không quá đột ngột như lắc ngang hay lắc dọc. Biên độ lắc đứng RAOs của góc sóng 150°, 120° vẫn đạt giá trị lớn tại tần số từ 0,2 đến 1 rad/s và đạt giá trị cực đại tại tần số 0,8 rad/s. Đối với góc sóng bằng 90° biên độ sóng dường như không thay đổi khi tần số bé hơn 1 rad/s và sau đó giảm mạnh và tiệm cận về giá trị 0, xem Hình 4.7.



Hình 4.7 Đồ thị RAOs của tàu chuyển động theo trục Oz

4.5.2. Chuyển động lắc ngang (Roll)

Góc sóng 90° : Đồ thị RAOs của lắc ngang sẽ hiển thị biên độ cực đại ở góc sóng này. Trong dải tần số từ 0,5 rad/s đến 1 rad/s, biên độ đáp ứng lắc ngang RAOs có giá trị cao và đạt giá trị lớn nhất là 0,55 rad/s tại tần số sóng là 0,6 rad/s. Điều này cho thấy biên độ lắc ngang lớn có thể gây mất cân bằng, làm đổ hàng hóa, ảnh hưởng tới sức khỏe các thành viên trên tàu và thậm chí là lật tàu nếu biên độ vượt quá giới hạn an toàn.



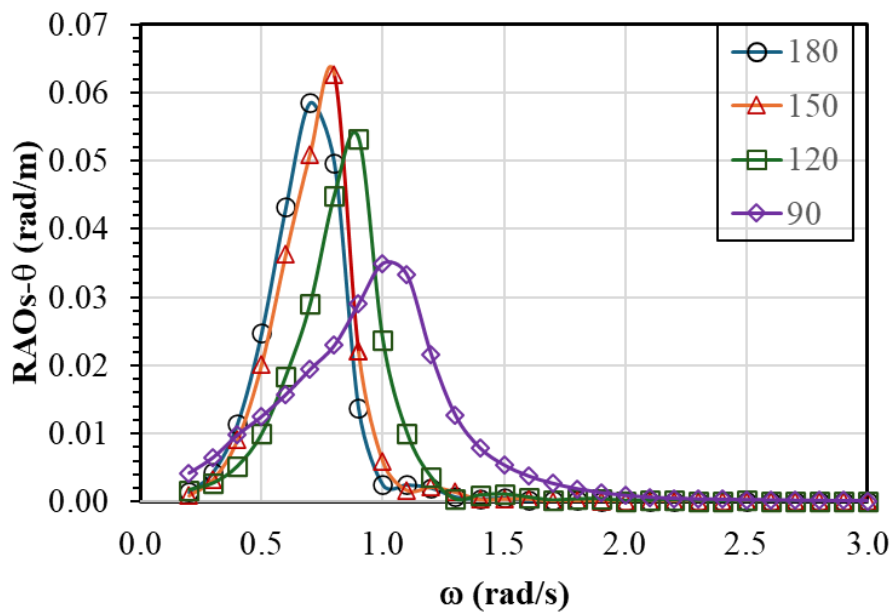
Hình 4.8 Đồ thị RAOs - Chuyển động quay quanh trục Ox

Góc sóng 120° và 150° : Biên độ lắc ngang sẽ giảm đáng kể so với góc 90° . Đỉnh đồ thị lắc ngang RAOs vẫn có thể xuất hiện tại tần số tự nhiên, nhưng giá trị đỉnh sẽ thấp hơn. Sự giảm này là do chỉ có một thành phần sóng tác động theo phương ngang mạn. Biên độ RAOs đạt giá trị lớn nhất tại tần số sóng là 0,5 rad/s.

Góc sóng 180° : Biên độ lắc ngang sẽ là nhỏ nhất trong các góc xét. Lý do là thành phần sóng gây lắc ngang gần như bằng không khi sóng đi thẳng từ mũi hoặc đuôi tàu.

4.5.3. Chuyển động lắc dọc (Pitch)

Góc sóng 180° : Đồ thị RAOs của chuyển động lắc dọc sẽ hiển thị biên độ lớn nhất ở góc sóng này, đặc biệt ở các tần số 0,5 đến 1,0 rad/s (tương ứng với sóng dài). Đỉnh có thể không nhọn như chuyển động lắc ngang do ảnh hưởng của cản và hiệu ứng mớn nước. Biên độ chuyển động lắc dọc lớn nhất tại góc sóng này là 0,058 rad/m tại tần số sóng 0,7 rad/s. Đây là góc sóng gây ra nhiều khó khăn nhất cho chuyển động lắc dọc, dẫn đến hiện tượng chúi đuôi, chúi mũi và nổi chân vịt lên khỏi mặt nước. Điều này ảnh hưởng đến tốc độ, hiệu quả nhiên liệu và sự thoải mái.



Hình 4.9 Đồ thị RAOs- Chuyển động quay quanh trục Oy

Góc sóng 150° và 120° : Biên độ lắc dọc sẽ giảm dần khi góc sóng giảm. Sức tác động của sóng lên chiều dài tàu theo phương dọc giảm đi. Biên độ sóng đạt giá trị cao trong dải tần số sóng từ 0,5 đến 1,0 rad/s. Mặc dù vẫn có lắc dọc, nhưng mức độ ảnh hưởng sẽ ít nghiêm trọng hơn so với khi đi ngược sóng trực diện.

Góc sóng 90° : Biên độ lắc dọc sẽ là nhỏ nhất trong các góc xét. Sóng tác động chủ yếu vào chiều ngang tàu, ít ảnh hưởng trực tiếp đến chuyển động lắc dọc. Và tương tự ở trường hợp góc sóng 120° và góc sóng 150° , biên độ đáp ứng của tàu có giá trị lớn trong dải tần số từ 0,5 đến 1,0 rad/s. Giá trị biên độ chuyển động lắc ngang lớn nhất là 0,035 Rad/m tại tần số 1 rad/s.

4.6. Kết luận

Mô phỏng chuyển động tàu trên sóng sử dụng phần mềm ANSYS (Hydrodynamic Diffraction) đã cung cấp các đồ thị RAOs cho ba bậc tự do chính: lắc đứng, lắc ngang và lắc dọc tại các góc sóng 90° , 120° , 150° , và 180° . Kết quả cho thấy:

- Chuyển động lắc đứng: Biên độ đạt giá trị lớn nhất tại góc sóng 180° (tần số 0,7 rad/s), giảm dần khi góc sóng giảm và gần bằng 0 ở tần số cao (>1 rad/s) tại góc 90° , cho thấy ảnh hưởng sóng ngang đến lắc đứng là không đáng kể.

- Chuyển động lắc ngang: Biên độ đạt cực đại tại góc sóng 90° (0,55 rad/s tại tần số 0,6 rad/s), giảm rõ rệt ở các góc 120° , 150° và nhỏ nhất tại góc 180° , do sóng đối đầu không tạo lực kích thích ngang đáng kể.
- Chuyển động lắc dọc: Biên độ lớn nhất tại góc sóng 180° (0,058 rad/m tại tần số 0,7 rad/s), giảm dần ở các góc 150° , 120° và nhỏ nhất tại góc 90° , phù hợp với đặc điểm sóng ngang ít tác động đến chuyển động dọc.

Mô phỏng chỉ ra rằng dải tần số 0,5–1,0 rad/s là khu vực nguy hiểm, nơi tàu dễ xảy ra cộng hưởng. Kết quả này cung cấp cơ sở quan trọng để tối ưu hóa thiết kế tàu, nâng cao tính đi biển, đảm bảo an toàn và hiệu quả vận hành trong các điều kiện sóng khác nhau.

Kết quả mô phỏng cho thấy chuyển động lắc ngang (Roll) của tàu đạt biên độ lớn nhất khi sóng tới từ phương vuông góc với trục dọc thân tàu (góc 90°). Chuyển động của tàu trong sóng có thể được xem là một bài toán dao động cưỡng bức dưới tác dụng của lực kích thích từ sóng. Khi sóng tới từ phương ngang, lực tác động lên mạn tàu sinh ra mômen lớn quanh trục Ox , kích thích mạnh chuyển động lắc ngang. Ngược lại, ở các hướng sóng khác (góc 120° , 150° , 180°), mômen kích thích yếu hơn do sóng không còn tác động trực tiếp và đối xứng lên hai bên mạn tàu, khiến biên độ lắc ngang Roll giảm rõ rệt. Do đó cho thấy rằng sóng ngang là tác nhân nguy hiểm nhất gây mất ổn định lắc ngang cho tàu.

KẾT LUẬN

Trong đồ án tốt nghiệp - Capstone Project với đề tài “Thiết kế hình dáng thân tàu chở hàng khô trọng tải 3800 DWT hoạt động trong vùng biển hạn chế cấp I”, em đã tiến hành các bước nghiên cứu và tính toán thiết kế theo quy trình bài bản và theo những gì đã học. Cụ thể, đồ án đã thực hiện:

- Chọn phương pháp thiết kế, xác định các thông số cơ bản sơ bộ theo yêu cầu thiết kế và kiểm nghiệm sơ bộ (kiểm tra tính ổn định ban đầu, kiểm tra chu kỳ lắc, kiểm tra dung tích)
- Thiết kế tuyến hình thân tàu phù hợp với điều kiện khai thác tại vùng biển hạn chế cấp I, đảm bảo các tiêu chí về hiệu quả thủy động lực và khả năng khai thác thực tế.
- Tính toán các đặc tính thủy tĩnh và ổn định nguyên vẹn của tàu, bảo đảm các yêu cầu an toàn hàng hải theo các tiêu chuẩn hiện hành.
- Thực hiện mô phỏng chuyển động của tàu trên sóng bằng phương pháp số, biết được khả năng làm việc của tàu trong điều kiện sóng gió thực tế.

Kết quả thu được từ quá trình mô phỏng và tính toán cho thấy tàu có tính ổn định tốt, khả năng chống chịu sóng cao và đáp ứng được các tiêu chí thiết kế ban đầu. Đặc biệt, đồ thị RAOs và phân tích dao động cho thấy chuyển động của tàu trong các điều kiện sóng điển hình vẫn nằm trong giới hạn cho phép, đảm bảo khả năng khai thác an toàn và hiệu quả.

Đồ án không chỉ dừng lại ở việc hoàn thành đầy đủ các nội dung chuyên môn theo yêu cầu, mà còn thể hiện khả năng vận dụng linh hoạt kiến thức đã học để giải quyết bài toán thiết kế trong điều kiện thực tiễn. Đây là minh chứng rõ ràng cho năng lực thiết kế kỹ thuật và khả năng ứng dụng phần mềm mô phỏng hiện đại trong ngành công nghiệp đóng tàu. Tuy nhiên, đồ án vẫn còn tồn tại một số hạn chế như chưa thực hiện đối chiếu với các kết quả đã được kiểm nghiệm trước đó để kiểm tra và đánh giá độ tin cậy của mô phỏng. Ngoài ra, một số vấn đề thiết kế đã được đề cập nhưng chưa được phân tích sâu, còn dừng ở mức khái quát. Đây là những điểm cần được bổ sung và phát triển trong các nghiên cứu tiếp theo.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] VnExpress, Bảng cấp độ gió bão, Thứ 3, 27/09/2022.
<https://kiemtratailieu.vn/blog/trich-dan-trang-web-lam-tai-lieu-tham-khao-cach-trich-dan-trang-web-dung-chuan/>
- [2] Indochina Post Logistics, Vận tải biển tuyến Việt Nam - Hồng Kông - Nhật Bản.
<https://indochinapost.vn/van-tai-bien-tuyen-viet-nam-hong-kong-nhat-ban.html/>
- [3] PGS, TS. Phạm Tiến Tinh, TS. Lê Hồng Bang, KS. Hoàng Văn Oanh, Lý thuyết thiết kế tàu thủy, Nhà xuất bản Giao thông Vận tải, Hà Nội – 2006
- [4] Trần Công Nghị, Sổ tay thiết kế tàu thủy (Tái bản), Nhà Xuất bản Xây dựng, Hà Nội 2011
- [5] Hồ Quang Long, Sổ tay thiết kế tàu thủy, Nhà Xuất bản Khoa học và Kỹ thuật Hà Nội.
- [6] KS. Dương Thị Quý. Đặc trưng kỹ thuật một số tàu biển Việt Nam và đặc điểm khai thác một số cảng biển thế giới, Trường Đại học Hàng Hải Hải Phòng,
- [7] Trần Công Nghị, “Thiết kế tàu thủy”. Nhà xuất bản đại học Quốc gia thành phố Hồ Chí Minh - 2006.
- [8] Nguyễn Đức Ân, Nguyễn Bân, Hồ Văn Bính, Hồ Quang Long, Trần Hùng Nam, Trần Công NGHỊ, Dương Đình Nguyên. Sổ tay Kỹ thuật Đóng tàu thủy, Tập 1. Nhà Xuất Bản Khoa học và Kỹ thuật. Hà Nội – 1978.
- [9] Quy chuẩn kỹ thuật Quốc gia về Kiểm tra và Đóng tàu biển cỡ nhỏ.
QCVN 03: 2023/BGTVT.