

QUI TRÌNH THIẾT KẾ TÀU TỰ ĐỘNG*

AUTOMATIC PROCESS OF SHIP DESIGN

Lê Đình Tuấn[†], Trần Văn Tạo, Lê Hoàng Chân, Nguyễn Quang Sáng, Lê Tất Hiền

Khoa Kỹ thuật Giao thông, Đại học Bách khoa TpHCM, Việt Nam

TÓM TẮT

Việc thiết kế và đầu tư cho công tác thiết kế tàu đã được các nhà máy, xí nghiệp đóng tàu đặc biệt quan tâm. Các qui trình thiết kế trong thực tế vẫn còn rời rạc, tính tự động hoá chưa cao, chưa đáp ứng được tốc độ phát triển của ngành công nghiệp đóng tàu trong nước. Điều này dẫn đến cần có một quy trình thiết kế tàu tự động và đây là mục tiêu nghiên cứu của bài báo.

ABSTRACT

The ship design is considered more and more in many shipyards. The process of design is not still unified, highly automatic and not to meet the demands of the ship building development in Vietnam. As a result, an automatic process of ship design is under investigated.

* Nghiên cứu này trình bày các kết quả của đề tài cấp trường 2004, theo hợp đồng số 202/ĐHBM/KHCN&QHQT.

[†] E-mail liên lạc: tuán-ledinh@hcmut.edu.vn

1. TỔNG QUAN

Quy trình thiết kế phần vỏ tàu có thể được mô tả như sau:

- Từ các yêu cầu ban đầu (nhiệm vụ thư thiết kế), người thiết kế sẽ thiết kế hình dáng và bố trí chung tàu. Quá trình này sẽ được lặp lại đến khi đáp ứng được yêu cầu của nhiệm vụ thư.

- Từ kích thước chính, tuyến hình đã có công việc thiết kế sẽ được phân cho các phần tính độc lập: tính tính năng, tính chọn kết cấu, tính sức cản, chọn máy.

Quy trình phải như sau:

1.1. Tính chọn thông số kích thước thân tàu

Mục tiêu của phần này là từ thông số hay đơn đặt hàng ban đầu (nhiệm vụ thư thiết kế) tiến hành tính kích thước chính, vẽ tuyến hình và bố trí chung cho tàu làm cơ sở cho các phần tính tiếp theo. Phần này có thể được tính toán như sau:

- Xây dựng yêu cầu và nhiệm vụ thiết kế
- Thiết kế sơ bộ
- Kiểm tra tính nổi của tàu trên cơ sở đường hình mới tạo
- Chuẩn bị bố trí chung.
- Tính trọng lượng, trọng tâm tàu trên cơ sở bố trí chung và các bản vẽ kết cấu ban đầu. Để xác định được các kích thước cơ bản của tàu, ta thực hiện theo các bước sau:
- Xác định các yêu cầu của nhiệm vụ thư thiết kế
- Các tiêu chuẩn xác định hoặc hạn chế kích thước tàu ví dụ T_{max} theo điều kiện luồng lạch, L_{max} theo điều kiện của ụ chế tạo, B_{max} theo điều kiện qua gầm cầu vv..
- Xác định các khối lượng
- Xây dựng bảng tàu mẫu, tính lượng chiếm nước D:

$$\eta_d = \frac{DWT}{D} \quad (1)$$

$$D = \frac{DWT}{\eta_d} \quad (2)$$

$$L = C \left(\frac{V_s}{V_s + 2} \right)^2 D^{1/3} \quad (3)$$

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{gL}} \quad (4)$$

Trong đó:

- η_d - hệ số tải trọng
- L - chiều dài tàu [m]
- V_s - vận tốc tàu [hl/g]
- C - hệ số chiều dài tàu
- Fr - hệ số Froude

- Tính các kích thước chính: L, B, H, T, β , D
- Tính dung tích.
- Điều chỉnh mạn khô.
- Tính trọng lượng, trọng tâm.
- Tính ổn định tàu, nhất là tàu khách, tàu kéo đẩy.

1.2. Kiểm tra ổn định tàu thủy

Ổn định là một trong những tính năng quan trọng của tàu thủy. Trong thiết kế cũng như khai thác, vấn đề này thường được quan tâm nhiều nhất.

Mục tiêu của phần tính kiểm tra ổn định trong qui trình là:

- Xây dựng các đồ thị thủy tĩnh của tàu.
- Kiểm tra ổn định cho tàu theo các yêu cầu đặt ra trong qui phạm (tính ổn định).

1.2.1. Xây dựng các đường cong tính nổi

Tính nổi sẽ giải quyết việc xây dựng dữ liệu cũng như các đồ thị tính nổi liên quan đến phần chìm của thân tàu. Từ kết quả này trong giai đoạn khai thác người sử dụng có thể có được các thông số cơ bản của tàu ứng với từng trường hợp khai thác cụ thể.

Kết quả nhận được trong phần này sẽ là: các đường cong thủy tĩnh, đường Bonjean.

Để nhận được kết quả trên dữ liệu ban đầu cần có cho quá trình tính toán chính là các thông số về hình dáng của tàu hay nói khác hơn chính là bản vẽ đường hình thân tàu.

Có thể tóm lược bước tính trong phần này như sau:

- Tuyển hình tàu: số sườn, đường nước, bảng tọa độ hình dáng.
- Tính các thông số thủy tĩnh thông qua các đại lượng đường nước và đường sườn: dùng để tính các thông số liên quan đến hình dáng thân tàu.

- Vẽ đồ thị ổn định tĩnh: là đồ thị tổng hợp các thông số thủy tĩnh thân tàu theo từng môn nước.

- Vẽ đường cong Bonjean: đồ thị tổng hợp diện tích phần chìm và moment tĩnh của từng sườn.

- Vẽ đường cong Pantokaren: là đồ thị dùng để tính tay đòn moment phục hồi theo từng góc nghiêng ngang.

1.2.2. Cân bằng tàu

Trình tự tính toán có thể được trình bày như sau:

- Lập trạng thái tải trọng tính: dựa vào các yêu cầu cụ thể cho từng loại tàu mà số lượng trạng thái tải trọng cần kiểm tra sẽ khác nhau. Thông thường sẽ có ít nhất ba trạng thái tải trọng được tính.

- Kết quả có được trong phần này chính là trọng lượng toàn bộ của tàu và trọng tâm tàu.

- Sau khi có được các tải trọng tính toán ta tiến hành tính cân bằng dọc tàu thông qua bảng sau [1]:

Bảng 1 cân bằng dọc tàu

T	Hạng mục tính toán	Đơn vị
1	Lượng chiếm nước	Tấn
2	Thể tích ngâm nước	m ³
3	Chiều chìm trung bình	m
4	Chiều dài tương ứng	m
4	Hoành độ tâm nổi	m
5	Hoành độ tâm DTĐN	m
6	Cao độ tâm nổi	m
7	Bán kính tam nghiêng dọc	m
8	Bán kính tâm nghiêng ngang	m
9	Hoành độ trọng tâm tàu	m
10	Cao độ trọng tâm tàu	m
11	Độ chúi	m
12	Gia số chiều chìm mũi	m
13	Gia số chiều chìm lái	m
14	Chúi mũi	m
15	Chúi lái	m
16	Moment chúi 1cm	Tm
17	Moment quán tính hàng lỏng	m ⁴
18	Hiệu chỉnh hàng lỏng	m
19	Cao độ tâm nghiêng	m
20	Chiều cao tâm nghiêng	m
21	Moment nghiêng tàu 1 độ	Tm/1°

1.2.3. Ổn định tàu

- Vẽ đường cong tay đòn moment phục hồi [1]:

$$GZ = L_k - KG \cdot \sin \phi \quad (5)$$

Trong đó:

GZ - tay đòn moment phục hồi;

L_k - giá trị lấy từ đường cong Pantokaren;

KG - cao độ trọng tâm tàu;

ϕ - góc nghiêng ngang.

- Tiêu chuẩn kiểm tra ổn định [7]: $M_{ph} > M_{ng}$
với: $M_{ph} = GZ \cdot D$

M_{ng} - moment nghiêng do ngoại lực
(tính theo yêu cầu của quy phạm)

- Kiểm tra ổn định theo yêu cầu cơ bản: từ kết quả tính trên hình dáng tàu cũng như tải trọng cần kiểm tra ta tiến hành tính các giá trị yêu cầu theo qui phạm và so sánh giá trị moment phục hồi của tàu để có thể kết luận tàu đủ tiêu chuẩn về ổn định hay chưa.

- Kiểm tra theo yêu cầu đặc biệt: ngoài việc thoả mãn yêu cầu cơ bản, đối với một số loại tàu ta còn phải kiểm tra thêm các yêu cầu đặc biệt [7].

- Thuyết minh trong phần tính kiểm tra ổn định sẽ có các thông tin sau:

1. Giới thiệu chung về tàu: loại tàu, cấp tàu, thông số cơ bản...
2. Các trạng thái tải trọng tính toán: theo yêu cầu qui phạm.
3. Tính moment quán tính hàng lỏng: ảnh hưởng mặt thoáng hàng lỏng
4. Bảng tính cân bằng dọc và ổn định ban đầu: độ chúi, bán kính tâm nghiêng...
5. Kiểm tra theo yêu cầu cơ bản: tính diện tích mặt hứng gió, tính moment nghiêng do gió.
6. Kiểm tra theo yêu cầu bổ sung: tính moment do hành khách tập trung bên mạn...

1.3. Tính chọn kết cấu thân tàu

Tính chọn kết cấu thân tàu hiện nay được thực hiện qua phương pháp tính chọn theo các yêu cầu trong qui phạm [7].

Đối với phương pháp này ta sẽ tính chọn bằng cách tính các giá trị từ công thức trong qui phạm sau đó sẽ tiến hành chọn quy cách kết cấu sao cho chi tiết chọn có kích thước thỏa mãn các yêu cầu đưa ra.

Nội dung trong thiết kế kết cấu sẽ gồm hai phần: 1. Lập bảng tính chọn kết cấu; 2. Hoàn tất các bản vẽ kết cấu.

Trong phạm vi đề tài hiện nay chỉ tập trung vào việc tính chọn và lập ra bảng tính chọn kết cấu còn phần vẽ do không có điều kiện nên không trình bày ở đây.

Tính chọn quy cách kết cấu chủ yếu thông qua việc tính module chống uốn của tiết diện mặt cắt ngang có so sánh với các công thức trong quy phạm.

Lập bảng tổng hợp quy cách kết cấu: sẽ bao gồm các nội dung sau:

1. Giới thiệu chung: loại tàu, thông số cơ bản...
2. Công thức tính trong quy phạm và tính chọn kết cấu.
3. Bảng tổng hợp quy cách kết cấu.

1.4. Tính sức cản

Khả năng di chuyển tàu là khả năng phát huy vận tốc chuyển động của tàu khi sử dụng một cách hiệu quả công suất của động cơ chính.

Để đánh giá được tính di chuyển của tàu trong các điều kiện khác nhau cần phải biết giá trị lực cản tàu tại mỗi vận tốc xác định.

Tính toán sức cản sẽ giải quyết việc xây dựng dữ liệu cũng như các đồ thị lực cản liên quan đến việc tính chọn công suất máy chính tàu. Từ kết quả này trong giai đoạn khai thác người sử dụng có thể có được các thông số cần thiết về giá trị lực cản, lực đẩy.

Kết quả nhận được trong phần này là các dữ liệu số về các thông số quan hệ giữa vận tốc tàu, lực cản và công suất.

Kết quả của phần này là cơ sở cho việc tính chọn máy cũng như chân vịt tàu thủy.

Trình tự tính toán sẽ được thực hiện như sau:

- Tính sức cản bằng các phương pháp thông dụng;

- Quá trình tính toán sức cản sẽ dựa trên cơ sở phân tích hồi quy qua đó rút ra được các phương pháp tính gần đúng như: phương pháp Doust [3], phương pháp Holtrop [3],

- Tính sức cản trên cơ sở của phương pháp Doust;

- Tham số trong hàm gồm tỷ lệ L/B , B/T , hệ số đầy mặt giữa tàu C_M , hệ số lặn trụ C_P , tâm nổi phần chìm LCB tính bằng % và góc kết cấu mũi của đường nước.

Sau khi đã tính toán kết quả về sức cản bước tiếp theo là sẽ dựa vào các kết quả này để tiến

hành chọn máy phù hợp với điều kiện khai thác.

2. TÍNH CHO TÀU MẪU

2.1. Các yêu cầu ban đầu

- Tàu hàng khô, vỏ thép
- Trọng tải DWT = 359 T;
- Thời gian hoạt động liên tục: 20 ngày;
- Tầm hoạt động : 5000 km;
- Thuyền viên: 14 người;
- Tốc độ khai thác 20km/h;

Tàu được tính toán phù hợp với Quy phạm phân cấp và đóng tàu sông Việt Nam TCVN 5803 -1993 VIRES SII [7].

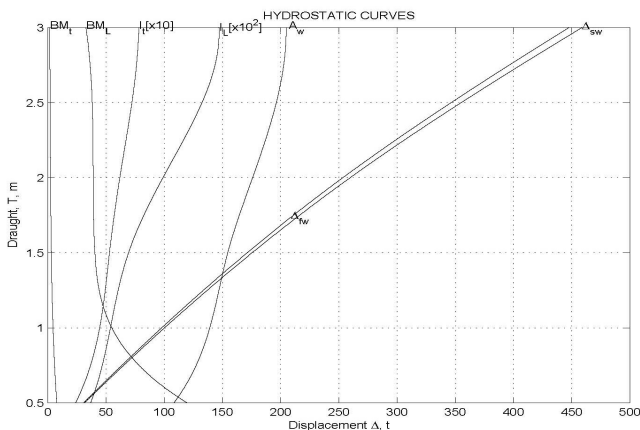
Các bước tính toán trong quy trình thiết kế trên được thực hiện như sau.

2.2. Tính chọn các thông số ban đầu:

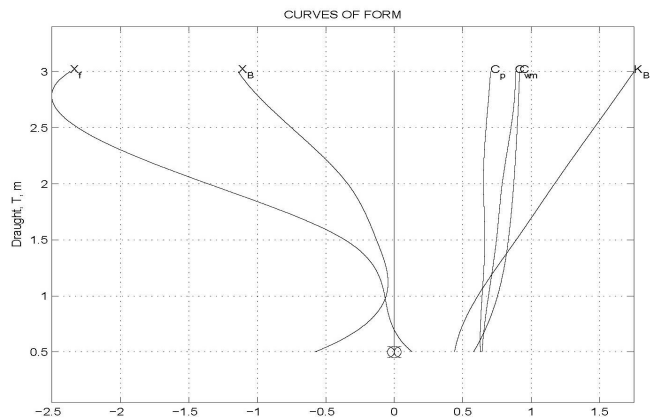
- Chiều dài thiết kế $L_{tk} = 32$ m;
- Chiều rộng lớn nhất $B_{max} = 7.2$ m;
- Chiều rộng thiết kế $B_{tk} = 7.2$ m;
- Chiều cao mạn $H = 3.7$ m;
- Chiều chìm thiết kế $d = 2.6$ m;
- Lượng chiếm nước $D = 359$ Tấn
- Hệ số béo thể tích $C_b = 0.62$

2.3. Kết quả tính ổn định

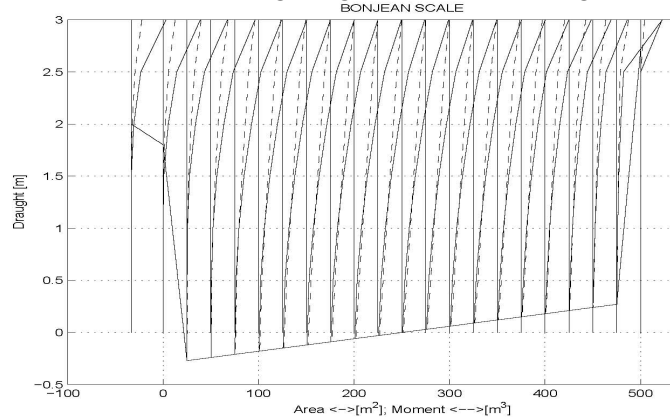
1. Các đường cong thủy tĩnh



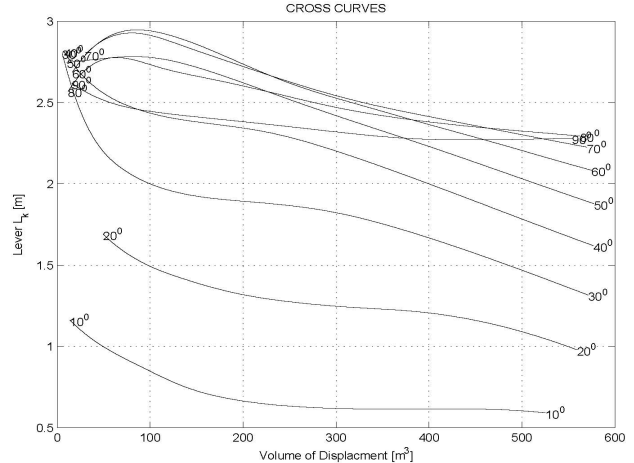
Hình 1: Hydrostatic Curves



Hình 2: Đường cong các hệ số hình dáng



Hình 3: Đồ thị Bonjean



Hình 4: Họ đường cong Pantokaren

2. Cân bằng dọc và ổn định ban đầu

Kết quả được tóm lược trong bảng 2

Bảng 2 Cân bằng dọc tàu

TT	Hạng mục tính toán	Đơn vị	TT 1	TT 2
2	Thể tích ngâm nước	m ³	360	92.40
3	Chiều chìm trung bình	m	2.6	0.52
4	Chiều dài tương ứng	m	30	29.98
4	Hoành độ tâm nổi	m	0.01	0.50
5	Hoành độ tâm DTĐN	m	-0.56	0.46

6	Cao độ tâm nổi	m	1.06	0.37
7	Bán kính tam nghiêng dọc	m	45.89	103.6
8	Bán kính tâm nghiêng ngang	m	1.63	5.17
9	Hoàn chỉnh trọng tâm tàu	m	-0.73	-0.817
10	Cao độ trọng tâm tàu	m	1.71	1.49
11	Độ chúi	m	-0.49	-0.41
12	Gia số chiều chìm mũi	m	-0.25	-0.20
13	Gia số chiều chìm lái	m	0.23	0.21
14	Chúi mũi	m	2.34	0.32
15	Chúi lái	m	2.84	0.74
16	Moment chúi 1cm	Tm	5.44	3.16
17	Moment quán tính hàng lỏng	m ⁴	99	99
18	Hiệu chỉnh hàng lỏng	m	0.28	1.07
19	Cao độ tâm nghiêng	m	2.68	5.54
20	Chiều cao tâm nghiêng	m	0.71	2.98
21	Moment nghiêng tàu 1 độ	Tm/1°	4.4	4.80

3. Kiểm tra ổn định theo tiêu chuẩn cơ bản

Bảng 3 kiểm tra ổn định theo tiêu chuẩn cơ bản

TT	Tên gọi	Đơn vị	TT 1	TT 2
1	Lượng chiếm nước	T	360	92.4
2	Chiều chìm	m	2.6	0.52
3	Chiều cao tâm hứng gió	m	0.35	2.08
4	Diện tích mặt hứng gió	m ²	28.2	34.7
5	Áp lực gió tính toán	KG/m ²	13	19.3
6	Moment do gió	Tm	0.6	1.57
7	Góc nghiêng cho phép	độ	9.5	36.6
8	Chiều cao ổn định ban đầu	m	0.7	2.97
9	Moment nghiêng cho phép	Tm	20.8	87.6

Tàu thoả mãn yêu cầu về ổn định theo tiêu chuẩn cơ bản.

2.4. Tổng hợp quy cách kết cấu

Dữ liệu ban đầu là bố trí chung và tuyến hình tàu, tính và tổng hợp quy cách kết cấu được trình bày ở Bảng 4

Bảng 4 Tổng hợp quy cách kết cấu

TT	TÊN GỌI	QUY CÁCH
A	Vùng giữa tàu	
1	Đà ngang đáy	T10x120/8x250
2	Sống đáy	T10x120/8x250
3	Sườn thường	L63x63x6
4	Sườn khoẻ	T10x120/8x250
5	Sống dọc mạn	T10x120/8x250
6	Xà ngang boong thường	L63x63x6
7	Xà ngang boong khoẻ	T10x120/8x220
8	Sống chính boong	T10x120/8x220
9	Sống phụ boong	T10x120/8x220
B	Vùng mũi	
1	Đà ngang đáy	T10x120/8x250
2	Sống đáy	T10x120/8x250
3	Sườn thường	L63x63x6
4	Sườn khoẻ	T10x120/8x250
5	Sống dọc mạn	T10x120/8x250
6	Xà ngang boong thường	L63x63x6
7	Xà ngang boong khoẻ	T10x120/8x220

8	Sống chính boong	T10x120/8x220
9	Sống phụ boong	T10x120/8x220
C	Vùng khoang lái	
1	Đà ngang đáy	T10x120/8x250
2	Sống đáy	T10x120/8x250
3	Sườn thường	L63x63x6
4	Sườn khoẻ	T10x120/8x250
5	Sống dọc mạn	T10x120/8x250
6	Xà ngang boong thường	L63x63x6
7	Xà ngang boong khoẻ	T10x120/8x220
8	Sống chính boong	T10x120/8x220
9	Sống phụ boong	T10x120/8x220
D	Vùng buồng máy	
1	Đà ngang giữa bệ máy	T18x120/s=12
2	Đà dọc bệ máy	T10x120/s=8
3	Mã bệ máy	T10x120/s=8
E	Thượng tầng	
1	Tôn	s = 6
2	Xà ngang thượng tầng	L50x50x4
3	Xà dọc boong	T6x60/4x100
4	Nẹp vách	L50x50x4
5	Mã nổi	s = 6
F	Các cơ cấu khác	
1	Sống mũi	30x120
2	Con trạch	s = 6
3	Viền mạn già	L63x63x6
4	Mã các loại	s = 8

2.5. Kết quả tính sức cản

Dữ liệu ban đầu là các thông số cơ bản. Sau khi có được các dữ liệu ban đầu, sử dụng chương trình tính sức cản để có các đồ thị sức cản.

2.6. Nhận xét

Quy trình đưa ra phần nào giảm bớt được thời gian thiết kế. Quá trình nhập dữ liệu và thứ tự tính toán trong qui trình đơn giản mà người thiết kế có thể kiểm tra dễ dàng.

Yêu cầu đặt ra: từ tuyến hình và bố trí chung có thể sử dụng cho các phần tiếp theo trong quy trình. Thoả mãn được quá trình nhập dữ liệu và có thể sử dụng kết quả để hoàn tất hồ sơ trong giai đoạn thiết kế.

Kết quả dạng đồ thị và hình vẽ rõ ràng có thể sử dụng cho các phần tính tiếp theo.

3. KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN

3.1. Kết luận

Nghiên cứu cho phép:

- Tìm hiểu phương pháp tính trong thiết kế tàu
- Tìm hiểu quy trình thiết kế thực tế

- Xây dựng một quy trình thiết kế tàu tự động
- Từng bước trong quy trình thiết kế chung có thể tự động, tuy nhiên phần tính chọn kết cấu đòi hỏi có sự can thiệp của người thiết kế do vậy giai đoạn này chưa được tính tự động toàn bộ.

3.2. Hướng phát triển

Nghiên cứu chỉ giải quyết được các vấn đề chung nhất trong giai đoạn thiết kế phần vỏ tàu. Sự chuyên môn hoá các giai đoạn tính và tiến tới sẽ giải quyết các vấn đề liên quan đến phần thiết bị động lực tàu là các công việc cần được quan tâm thêm.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Trần Công Nghị: Thiết kế tàu thủy, NXB ĐHQG Tp.HCM, 2003
2. Trần Công Nghị: Lý thuyết tàu thủy 1, NXB ĐHQG Tp.HCM, 2004
3. Trần Công Nghị: Lý thuyết tàu thủy 2, NXB ĐHQG Tp.HCM, 2001
4. Trần Công Nghị: Thiết kế và tính toán kết cấu tàu thủy, NXB ĐHQG Tp.HCM, 2001
5. D.J.Eyres: Ship Construction, Heinemann Professional Publishing, 1987
6. OWEN F.HUGHES: Ship Structural Design, The Society of Naval Architecture, 1995
7. Nhóm tác giả, "Quy phạm phân cấp và đóng tàu vỏ thép", NXB GTVT