

# NGHIÊN CỨU PHƯƠNG PHÁP TỐI ƯU HÓA KẾT CẤU ÁP DỤNG TRONG CÁC KẾT CẤU THÉP

*Phạm Bá Linh – Bộ môn Kỹ thuật Xây dựng*

## I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong những năm gần đây, vấn đề thiết kế tối ưu kết cấu của các công trình biển nói chung và kết cấu tàu nói riêng có vai trò và ý nghĩa quan trọng, nhằm mục đích xác định kích thước hợp lý của kết cấu trên cơ sở đảm bảo đủ bền với trọng lượng nhỏ nhất, tương ứng chi phí vật liệu là thấp nhất, không chỉ cho phép giảm giá thành sản phẩm mà còn ảnh hưởng tốt đến các tính năng của tàu thiết kế.

Trong thực tế, kết cấu thân tàu thường được tính dựa theo các yêu cầu trong các Quy phạm đóng tàu, tuy nhiên các công thức Quy phạm, mặc dù xây dựng trên cơ sở lý thuyết kết hợp với thực nghiệm, nhưng không thể phản ánh hết các điều kiện nơi tàu hoạt động nên tính theo phương pháp này thường phải chấp nhận tốn kém vật liệu và tăng trọng lượng tàu vì bản thân kết cấu chưa ở dạng hợp lý nhất. Vì thế bài toán thiết kế tối ưu kết cấu nói chung và kết cấu thân tàu nói riêng mang tính chất cấp thiết, nhất là trong giai đoạn hiện nay khi nước ta đã và đang bắt đầu thiết kế và đóng mới các tàu cỡ lớn.

Thực tế cho thấy, bài toán tối ưu kết cấu mặc dù xuất hiện từ lâu nhưng chủ yếu chỉ áp dụng trong thiết kế các kết cấu thép của ngành xây dựng, hầu như chưa được sử dụng trong kết cấu tàu. Không chỉ ở Việt Nam mà ở các nước có nền công nghiệp đóng tàu phát triển trên thế giới hiện nay, cũng ít khi tìm thấy các tài liệu hoặc công trình nghiên cứu về vấn đề thiết kế kết cấu thân tàu tối ưu.

## II. TỔNG QUAN TỐI ƯU HÓA VÀ KẾT CẤU TÀU.

### 1. Tổng quan về tối ưu hóa

Trong lĩnh vực thiết kế kết cấu, hiện nay, ngoài các yêu cầu về độ bền, độ cứng, độ ổn định, người thiết kế phải thiết kế được kết cấu sao cho chi phí vật liệu là nhỏ nhất, giá thành thấp nhất, trọng lượng toàn kết cấu là bé nhất... Với yêu cầu như vậy, việc tính toán kết cấu theo lý thuyết tối ưu là hết sức cần thiết.

#### *a, Các phương pháp cơ bản.*

Cho đến nay, xét trên cả cơ sở lý luận cũng như ứng dụng tính toán, có thể phân ra hai dòng phương pháp chính để giải bài toán tối ưu hóa kết cấu, đó là lý thuyết quy hoạch toán học và tiêu chuẩn tối ưu.

\* Phương pháp quy hoạch toán học

Thiết kế tối ưu kết cấu thực chất là bài toán xác định đặc điểm hình học hợp lý của kết cấu thỏa mãn một số điều kiện ràng buộc và đảm bảo một số tiêu chuẩn nào đó,

là lớn nhất hay bé nhất. Nói cách khác, bài toán thiết kế tối ưu nói chung và tối ưu kết cấu tàu thủy nói riêng có thể phát biểu như sau :

Tìm tập hợp các giá trị  $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$  để sao cho hàm số  $Z = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$  đạt cực trị (cực đại hay cực tiểu), đồng thời thỏa mãn các điều kiện sau :

$$\left\{ \begin{array}{l} g_{1i}(x_1, x_2, \dots, x_n) \leq a_{1i} \\ g_{2i}(x_1, x_2, \dots, x_n) = a_{2i} \\ \dots \\ g_{ni}(x_1, x_2, \dots, x_n) \geq a_{ni} \\ x_i^{\min} \leq x_i \leq x_i^{\max} \end{array} \right. \quad (i = 1 \div n) \quad (1.1)$$

Trong đó, hàm  $Z$  gọi là hàm mục tiêu, điều kiện (1.1) là hệ các ràng buộc gồm nhiều hàm ràng buộc. Riêng đối với bài toán bài toán tối ưu hóa kết cấu, hàm mục tiêu  $Z$  có thể là trọng lượng, giá thành ..., các hàm ràng buộc có thể là ràng buộc về độ bền, độ cứng, độ ổn định hoặc điều kiện cân bằng v.v..., còn  $x_i^{\min}$ ,  $x_i^{\max}$  là giá trị nhỏ nhất và giá trị lớn nhất của biến thiết kế, có thể là các kích thước kết cấu.

Khi đó, tập hợp giá trị  $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$  thỏa mãn tất cả điều kiện ràng buộc gọi là một phương án, còn phương án làm hàm  $Z$  đạt cực trị (cực đại hay cực tiểu) là phương án tối ưu hoặc nghiệm bài toán và mục tiêu của bài toán thiết kế tối ưu kết cấu là tìm ra phương án tối ưu, tức là nghiệm bài toán. Miền tập hợp tất cả phương án gọi là miền nghiệm hay gọi là không gian biến thiết kế.

Bài toán được mô tả như trên được gọi là một quy hoạch toán học, đặc điểm chung của phương pháp này là xuất phát từ một điểm  $X_0$  ban đầu trong miền nghiệm (D), từ đó tìm hướng đi đến một nghiệm mới  $X_1$  tốt hơn, từ nghiệm  $X_1$  mới tìm được tiếp tục tìm hướng đi đến nghiệm  $X_2$  tốt hơn  $X_1$  ... và cứ như vậy đến khi tìm được một nghiệm thỏa mãn giá trị hàm  $Z$  là lớn nhất (hay nhỏ nhất) mà vẫn thỏa mãn các ràng buộc thì dừng lại.

#### \* Phương pháp tiêu chuẩn tối ưu

Đây là phương pháp gián tiếp dựa trên phương pháp nhân tử lagrange, phương pháp này có ưu điểm là cho kết quả chính xác, biểu diễn toán học chặt chẽ nhưng phạm vi áp dụng chủ yếu là các bài toán có hàm ràng buộc là các phương trình. Với bài toán tối ưu kết cấu, do các hàm ràng buộc chủ yếu là các bất phương trình ( $\sigma \leq [\sigma]$ ) nên phương pháp này ít áp dụng.

#### *b, Phân loại các bài toán tối ưu.*

\* Phân loại theo mức độ tuyến tính: Tùy vào hàm mục tiêu và hàm ràng buộc mà người ta phân ra làm hai loại chính là quy hoạch phi tuyến và quy hoạch tuyến tính.

+ Tối ưu hóa tuyến tính: Hàm  $Z$  và  $g$  (hàm ràng buộc) đều tuyến tính và thường được biểu diễn dưới dạng:

$$\begin{aligned}
Z &= [c_j] * [x_j] \Rightarrow \max(\min) \\
g_i &= [a_{ij}] * [x_j] (\leq; =; \geq) b_i \\
[x^{lo}] &\leq [x] \leq [x^{up}]
\end{aligned}
\tag{1.2}$$

+ Tối ưu hóa phi tuyến: Có ít nhất một hàm  $g$  hoặc  $Z$  là phi tuyến.

\* Phân loại theo số biến:

+ Tối ưu hóa hàm một biến: chỉ có một biến thiết kế

+ Tối ưu hóa hàm nhiều biến: chỉ có một biến thiết kế

\* Phân loại theo điều kiện ràng buộc:

+ Tối ưu hóa có ràng buộc: bài toán có cả hàm mục tiêu và hàm ràng buộc.

+ Tối ưu hóa hàm nhiều biến: chỉ có hàm mục tiêu, không có hàm ràng buộc.

Thực chất bài toán này là bài toán tìm cực trị của hàm mục tiêu.

\* Phân loại theo tính liên tục của biến thiết kế:

+ Biến thiết kế liên tục: biến nhiệt độ, vận tốc ...

+ Biến thiết kế rời rạc: Biến diện tích tiết diện, biến mô men kháng uốn...

\* Phân loại theo tính tường minh của hàm ràng buộc:

+ Hàm ràng buộc tường minh: Có thể lập được phương trình của hàm ràng buộc với các biến đầu vào.

+ Hàm ràng buộc không tường minh: Không lập được hàm ràng buộc tường minh với các biến đầu vào.

### *c, Đặc điểm của bài toán tối ưu hóa kết cấu.*

Tối ưu hóa kết cấu có một số đặc điểm sau:

+ Tính phi tuyến: Có thể là tuyến tính (Bài toán dàn, khung đơn giản) nhưng đa số là phi tuyến (bài toán thanh, khung, tấm ...).

+ Tính tường minh: Có thể tường minh (Bài toán dàn) nhưng đa số không thể viết hàm ràng buộc tường minh.

+ Tính đa biến: Chủ yếu là tối ưu hóa hàm nhiều biến.

+ Tính rời rạc của biến: Chủ yếu là biến rời rạc.

### *c, Ưu nhược điểm của các phương pháp tối ưu kết cấu hiện nay.*

• Phương pháp tìm kiếm trực tiếp:

- Thuận lợi khi giải bài toán tối ưu rời rạc.
- Tối ưu được bài toán tuyến tính lẫn phi tuyến.
- Không cần hàm ràng buộc tường minh.
- Chắc chắn tìm được nghiệm tối ưu toàn miền
- Tốc độ tính toán rất chậm, thời gian tối ưu rất lâu.

• Phương pháp đồ thị:

- Chỉ tối ưu tuyến tính, bài toán tối đa hai biến.
- Tìm được nghiệm tối ưu toàn miền
- Phải vẽ đồ thị, chỉ tối ưu kết cấu đơn giản (bài toán dàn đơn giản).
- Không thể tự động hóa quá trình tối ưu.
- Phương pháp đơn hình: được cải tiến từ phương pháp đồ thị
  - Chỉ tối ưu tuyến tính, có thể tối ưu hàm nhiều biến.
  - Tìm được nghiệm tối ưu toàn miền
  - Phải lập bảng, chỉ tối ưu kết cấu đơn giản (bài toán dàn đơn giản).
  - Có thể tự động hóa quá trình tối ưu.
- Phương pháp gradien:
  - Có thể tối ưu phi tuyến, có thể tối ưu hàm nhiều biến.
  - Chỉ tìm được tối ưu toàn miền khi miền nghiệm lồi (trong bài toán kết cấu đa số miền nghiệm không lồi)
  - Độ chính xác và tốc độ tối ưu phụ thuộc nghiệm ban đầu lựa chọn.
- Phương pháp nhân tử Lagrange
  - Có thể tối ưu phi tuyến, có thể tối ưu hàm nhiều biến.
  - Tìm được nghiệm toàn miền
  - Đòi hỏi các hàm phải tường minh
  - Độ chính xác tối ưu thấp.
- Phương pháp tuyến tính hóa
  - Có thể tối ưu phi tuyến, có thể tối ưu hàm nhiều biến.
  - Tìm được nghiệm toàn miền
  - Đòi hỏi các hàm phải tường minh
  - Độ chính xác tối ưu thấp.
- Phương pháp sử dụng mạng trí tuệ nhân tạo (logic mờ, di truyền)
  - Có thể tối ưu phi tuyến, có thể tối ưu hàm nhiều biến.
  - Tìm được nghiệm toàn miền
  - Không cần các hàm phải tường minh
  - Tốc độ tối ưu không xác định được, mang tính ngẫu nhiên.

Ngoài các phương pháp kể trên, còn rất nhiều phương pháp nhưng chủ yếu được xây dựng trên cơ sở các phương pháp này nên ưu nhược điểm cũng tương tự. Có thể kể thêm các phương pháp như: Newton, hàm phạt, hàm rào chắn ... Bên cạnh đó, vẫn còn chưa kể đến một số phương pháp dùng cho bài toán tối ưu một biến như: Chia đôi, mặt cắt vàng, xấp xỉ bậc hai, Nelder - Mead ...

## 2. Tổng quan kết cấu tàu.

Về mặt độ bền, các bộ phận kết cấu thân tàu được lựa chọn và bố trí sao cho có thể đảm bảo độ bền chung toàn bộ thân tàu khi uốn chung và độ bền cục bộ dưới tác dụng của tải trọng riêng. Theo quan điểm này, toàn bộ kết cấu thân tàu được xem giống như một dầm tổng hợp thành mỏng, chịu tác dụng của hai lực ngược chiều là trọng lượng vỏ tàu với các tải trọng và lực đẩy của nước. Kết quả tác dụng của hai hệ thống lực nói trên sẽ làm thân tàu bị uốn cong lên hoặc võng xuống, làm xuất hiện mômen uốn, lực cắt và gây biến dạng làm phá hủy các bộ phận kết cấu thân tàu. Để đảm bảo độ bền chung và độ bền cục bộ nói trên, các kết cấu hình thành nên khung xương tàu được chia thành hai hệ thống chính như sau:

### *1. Hệ thống các kết cấu dọc:*

Hệ thống các kết cấu dọc gồm những kết cấu bố trí dọc tàu từ mũi đến đuôi như sống chính, đà dọc đáy, các sống dọc mạn, sống dọc hông và xà dọc boong v.v... các tấm tôn đáy, tôn boong, dải tôn hông, dải tôn mép mạn, tôn mạn cũng được coi là các kết cấu dọc tàu.

### *2. Hệ thống những kết cấu ngang:*

Hệ thống này nhằm mục đích đảm bảo độ bền ngang cho kết cấu thân tàu, bao gồm các kết cấu bố trí theo các mặt cắt ngang thân tàu như: Sườn ngang, đà ngang đáy, xà ngang boong, xà ngang boong cụt, vách ngăn khoang,...

Các bộ phận kết cấu thân tàu được liên kết với nhau bằng mã nối là tấm tôn hình tam giác.

### *3. Bài toán tính kết cấu tàu thủy:*

Bài toán tính kết cấu tàu thường được phân thành tính độ bền chung và độ bền cục bộ.

- Độ bền chung:
  - Trước đây, khi tính độ toàn bộ kết cấu thân tàu được xem giống như một dầm tổng hợp thành mỏng, chịu tác dụng của hai lực ngược chiều là trọng lượng vỏ tàu với các tải trọng và lực đẩy của nước. Với quan điểm này mô men uốn dọc tàu do các sống chính, sống phụ dọc tàu, xà dọc mạn, xà dọc boong... chịu là chủ yếu. Tuy nhiên trên thực tế tàu thường bị mất ổn định và phá hủy ở các tấm tôn đáy, tôn mạn, tôn boong ...do đó ngày nay người ta quan niệm các tấm tôn này mới là kết cấu chính chịu mô men uốn dọc tàu.
  - Quan điểm hiện nay khi tính độ bền chung là chỉ xét khoang giữa tàu, hai khoang hai bên khoang giữa đóng vai trò là điều kiện biên cho khoang giữa. Nếu khoang giữa đảm bảo độ bền chung thì cả tàu đảm bảo.

- Việc tính độ bền chung tiến hành trên hai trường hợp, tàu nằm trên đỉnh sóng và tàu nằm trên đáy sóng.
  - Độ bền cục bộ: Đây là các bài toán xác định bền các kết cấu cục bộ như đà ngang, sườn mạn, xà ngang boong, ....
  - Nghiên cứu tối ưu trong báo cáo này chỉ tập trung vào độ bền chung của tàu.

### III. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU.

#### 1. Giới thiệu tàu tối ưu.

##### 1. Các thông số cơ bản:

$L_{ĐNTK} = 70,00 \text{ m.}$

$L = 65,25 \text{ m}$

$B_{Max} = 10,80 \text{ m}$

$B = 10,80 \text{ m}$

$D = 5,40 \text{ m}$

$T = 4,40 \text{ m}$

$P_{hh} = 2000 \text{ T}$

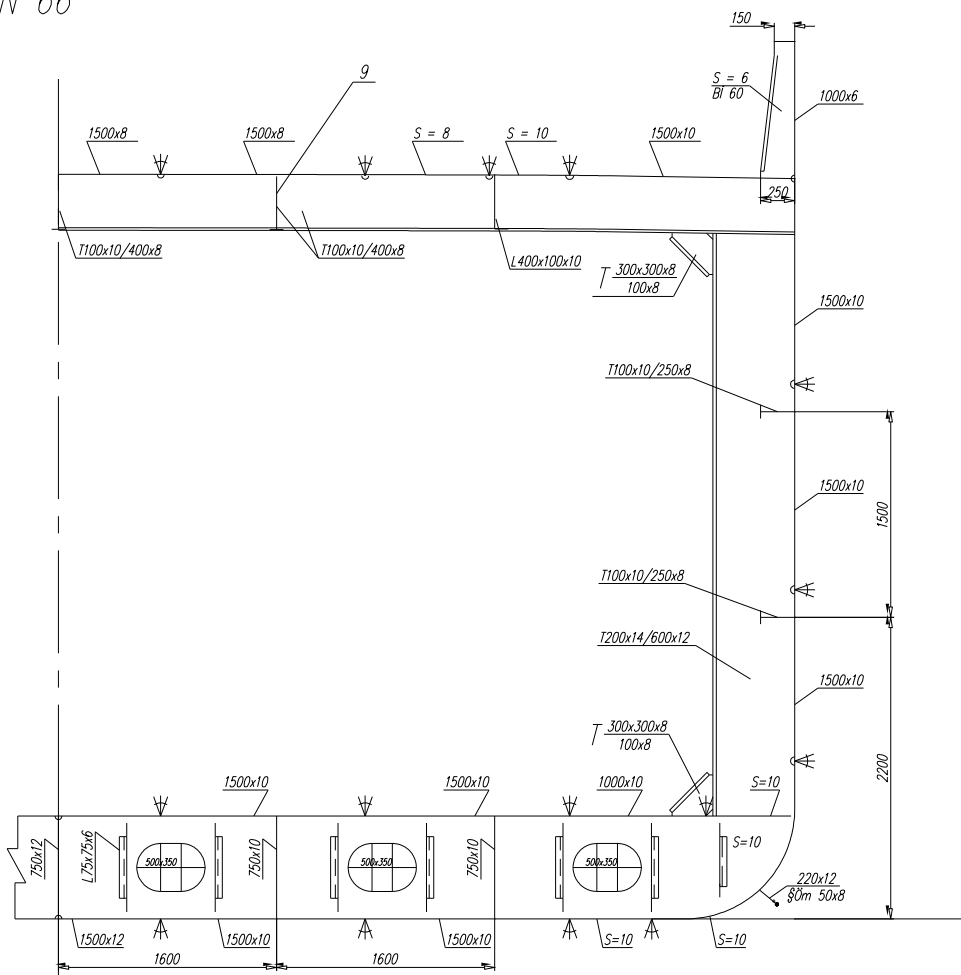
$n = 18 \text{ người}$

Biển hạn chế II

Chở hàng rời.

##### 2. Mặt cắt ngang: Mặt cắt ngang điển hình của tàu như hình dưới

SN 66



## 2. Xây dựng mục tiêu, hàm ràng buộc.

### 1. Chọn các biến thiết kế:

Các biến thiết kế gồm:

- Bề dày tôn trong, tôn ngoài:  $tt, tn$
- Bề dày sống dọc đáy chính và phụ:  $tsc, tsp$
- Bề dày, chiều cao bản bụng xà dọc mạn:  $tb, hb$
- Bề dày, chiều rộng bản cánh xà dọc mạn:  $tc, hc$

Trong nghiên cứu đã chấp nhận chiều cao sống dọc đáy, kích thước xà dọc boong là những thông số cố định để đảm bảo kích thước khoang hàng, đảm bảo khả năng chuyên chở của tàu. Riêng bề dày tôn boong và kết cấu mạn tàu cũng được xem là bất biến vì nếu đưa vào sẽ quá nhiều biến thiết kế, làm bài toán tối ưu rất cồng kềnh và thời gian xử lý tối ưu quá lớn. Trong tương lai, khi các máy tính có tốc độ xử lý cao hơn sẽ đưa các biến này vào quá trình tính tối ưu.

### 2. Xây dựng các bảng tiết diện:

Các biến thiết kế không phải nhận giá trị bất kỳ mà nó phụ thuộc vào kích thước tấm thép dung để chế tạo cũng như đảm bảo tính khả thi khi thi công tàu. Trên cơ sở khảo sát các mẫu tàu, nghiên cứu đã xây dựng các bảng tiết diện như sau:

Bảng 1: Bảng tiết diện tôn vỏ

TT	tn (mm)	tt (mm)	S1 (mm <sup>2</sup> )	TT	tn (mm)	tt (mm)	S1 (mm <sup>2</sup> )
1	8	8	253578.4	24	16	10	442292.8
2	9	8	274475.7	25	11	11	348604.3
3	10	8	295373	26	12	11	369495.6
4	11	8	316270.3	27	13	11	390386.9
5	12	8	337167.6	28	14	11	411278.2
6	13	8	358064.9	29	15	11	432169.5
7	14	8	378962.2	30	16	11	453060.8
8	15	8	399859.5	31	12	12	380271.6
9	16	8	420756.8	32	13	12	401160.9
10	9	9	285257.7	33	14	12	422050.2
11	10	9	306153	34	15	12	442939.5
12	11	9	327048.3	35	16	12	463828.8
13	12	9	347943.6	36	13	13	411934.9
14	13	9	368838.9	37	14	13	432822.2
15	14	9	389734.2	38	15	13	453709.5
16	15	9	410629.5	39	16	13	474596.8
17	16	9	431524.8	40	14	14	443594.2
18	10	10	316933	41	15	14	464479.5

19	11	10	337826.3	42	16	14	485364.8
20	12	10	358719.6	43	15	15	475249.5
21	13	10	379612.9	44	16	15	496132.8
22	14	10	400506.2	45	16	16	506900.8
23	15	10	421399.5				

*Bảng 2: Bảng tiết diện sống dọc đáy*

TT	tsc (mm)	tsp (mm)	h	S2 (mm <sup>2</sup> )	TT	tsc (mm)	tsp (mm)	h	S2 (mm <sup>2</sup> )
1	8	8	750	30000	24	16	10	750	42000
2	9	8	750	30750	25	11	11	750	41250
3	10	8	750	31500	26	12	11	750	42000
4	11	8	750	32250	27	13	11	750	42750
5	12	8	750	33000	28	14	11	750	43500
6	13	8	750	33750	29	15	11	750	44250
7	14	8	750	34500	30	16	11	750	45000
8	15	8	750	35250	31	12	12	750	45000
9	16	8	750	36000	32	13	12	750	45750
10	9	9	750	33750	33	14	12	750	46500
11	10	9	750	34500	34	15	12	750	47250
12	11	9	750	35250	35	16	12	750	48000
13	12	9	750	36000	36	13	13	750	48750
14	13	9	750	36750	37	14	13	750	49500
15	14	9	750	37500	38	15	13	750	50250
16	15	9	750	38250	39	16	13	750	51000
17	16	9	750	39000	40	14	14	750	52500
18	10	10	750	37500	41	15	14	750	53250
19	11	10	750	38250	42	16	14	750	54000
20	12	10	750	39000	43	15	15	750	56250
21	13	10	750	39750	44	16	15	750	57000
22	14	10	750	40500	45	16	16	750	60000
23	15	10	750	41250					

*Bảng 3: Bảng tiết diện xà dọc mạn*

TT	tb (mm)	hb (mm)	tc (mm)	hc (mm)	S3 (mm <sup>2</sup> )
1	8	200	8	50	8000
2	8	200	10	50	8400
3	8	200	8	100	9600
4	8	250	8	50	9600
5	8	250	10	50	10000
6	10	200	10	50	10000
7	8	200	10	100	10400
8	10	200	12	50	10400



9	8	200	8	150	11200
10	8	250	8	100	11200
11	8	250	10	100	12000
12	10	200	10	100	12000
13	10	250	10	50	12000
14	8	200	10	150	12400
15	10	250	12	50	12400
16	8	250	8	150	12800
17	8	300	8	100	12800
18	10	200	12	100	12800
19	8	300	10	100	13600
20	8	250	10	150	14000
21	10	200	10	150	14000
22	10	250	10	100	14000
23	8	250	8	200	14400
24	8	300	8	150	14400
25	10	250	12	100	14800
26	10	200	12	150	15200
27	8	300	10	150	15600
28	8	250	10	200	16000
29	8	300	8	200	16000
30	8	350	8	150	16000
31	10	250	10	150	16000
32	10	300	10	100	16000
33	10	300	12	100	16800
34	10	300	12	150	19200
35	8	350	10	150	17200
36	10	250	12	150	17200
37	8	300	8	250	17600
38	8	300	10	200	17600
39	10	250	10	200	18000
40	10	300	10	150	18000
41	10	350	12	150	21200
42	8	350	12	200	20800
43	8	350	12	250	23200
44	8	300	12	200	19200
45	8	300	10	250	19600
46	10	250	12	200	19600
47	10	300	10	250	22000
48	10	300	10	200	20000
49	10	350	10	150	20000
50	8	350	10	200	19200

51	8	350	10	250	21200
52	8	350	10	300	23200
53	8	300	12	250	21600
54	8	350	12	300	25600
55	8	350	12	350	28000
56	8	350	12	400	30400
57	8	350	12	450	32800
58	8	350	12	500	35200
59	8	350	12	550	37600
60	8	350	12	600	40000

### 3. Xây dựng hàm mục tiêu:

Hàm mục tiêu được lựa chọn trong nghiên cứu là hàm mục tiêu về trọng lượng, do vật liệu làm tàu là đồng nhất và kích thước theo chiều dài tàu của các tiết diện tối ưu như nhau nên hàm mục tiêu được quy về thành hàm tiết diện. Có nghĩa là bài toán tối ưu nhằm mục đích tìm ra tiết diện mặt cắt ngang là nhỏ nhất trên cơ sở thỏa mãn các điều kiện về ràng buộc. Do vậy hàm mục tiêu đã được xây dựng là:

$$S = [20913.3 \cdot t_n + (10800 - 2 \cdot t_n) \cdot t_t] + [t_{sc} \cdot h + 4 \cdot t_{sp} \cdot h] + [4 \cdot (t_b \cdot h_b + t_c \cdot h_c)]$$

Hàm mục tiêu trên chỉ tính diện tích phần tôn vỏ trong, ngoài, sống chính, sống phụ và xà dọc mạn. Các phần diện tích tôn boong, xà dọc boong ... không tính đến vì không tối ưu phần này.

### 4. Xây dựng hàm ràng buộc:

Hàm ràng buộc trong nghiên cứu là các ràng buộc về độ bền, độ cứng, độ ổn định, biến dạng .... Trong quá trình phân tích kết cấu tàu, các điều kiện này sẽ được xét tới và được tổng hợp thành điều kiện momen mà mặt cắt ngang tàu chịu được nhỏ hơn momen theo quy phạm quy định. Với hai trường hợp tàu nằm trên đỉnh sóng và nằm ở đáy sóng ta có hai hàm ràng buộc như sau:

$$M_{hog} \Rightarrow [M_{hog}] = 0,2237e+12 \text{ (N.mm)}$$

$$M_{sag} \Rightarrow [M_{sag}] = 0,1779e+12 \text{ (N.mm)}$$

Khi hai điều kiện trên được đảm bảo đồng nghĩa với các ràng buộc về độ bền, độ cứng, độ ổn định, biến dạng đã được đảm bảo.

### 5. Xây dựng phương pháp tối ưu:

Với những phân tích ưu nhược điểm của các phương pháp tối ưu ở II.1.c, nghiên cứu nhận thấy với bài toán tối ưu kết cấu tàu chỉ có phương pháp tìm kiếm trực tiếp là thỏa mãn yêu cầu bài toán. Tuy nhiên với đặc điểm là tốc độ tối ưu chậm, khối lượng tính toán lớn, thời gian tối ưu lớn thì việc cải tiến phương pháp này trở thành có ý nghĩa lớn.

Trên cơ sở phương pháp tìm kiếm trực tiếp, nghiên cứu đã cải tiến bằng cách kết hợp với phương pháp chia đôi (vốn chỉ dùng cho hàm 1 biến và biến liên tục) để tăng tốc độ tối ưu. Phương pháp này tạm đặt tên là “phương pháp khe hẹp”.

Bên cạnh đó, nghiên cứu cũng đã cải tiến bằng cách kết hợp với phương pháp mặt cắt vàng (cũng chỉ dùng cho hàm 1 biến và biến liên tục) để tăng tốc độ tối ưu. Phương pháp này tạm đặt tên là “phương pháp khe hẹp vàng”.

Các chương trình tính tối ưu được viết bằng ngôn ngữ Matlab, thuật toán và codes của các chương trình được trình bày trong phần phụ lục.

### 6. Kết quả tính tối ưu:

Nghiên cứu đã tính toán tối ưu theo phương pháp trực tiếp và hai phương pháp cải tiến để so sánh tốc độ hội tụ, tốc độ tối ưu của bài toán. Với phương pháp tìm kiếm trực tiếp, luôn tìm ra nghiệm tối ưu tổng thể, hai phương pháp cải tiến nhằm sau khi tính toán ra nghiệm tối ưu sẽ so sánh với nghiệm tối ưu do phương pháp trực tiếp tìm được để xác minh tính đúng đắn của phương pháp. Kết quả tối ưu của cả ba phương pháp như sau:

*Bảng 4: So sánh kết quả tối ưu theo các phương pháp*

TT	PP trực tiếp	PP Khe hẹp	PP Khe hẹp vàng
tn (mm)	9	9	9
tt (mm)	9	9	9
tsc (mm)	16	16	16
tsp (mm)	13	13	13
tb (mm)	8	8	8
hb (mm)	200	200	200
tc (mm)	10	10	10
hc (mm)	150	150	150
S (mm <sup>2</sup> )	348658	348658	348658
Mhog (N.mm) [2.237e+11]	2.434E+11	2.43E+11	2.43E+11
Msag (N.mm) [1.779e+11]	1.89E+11	1.89E+11	1.89E+11
Số lần tính kết cấu N	121503	4527	3852
Tỷ lệ giảm (%)		96.27	96.83

Có thể thấy, các phương pháp cải tiến đều cho ra nghiệm tối ưu khớp hoàn toàn với phương pháp tìm kiếm trực tiếp. Momen tiết diện khi tàu nằm trên đỉnh sóng và ở đáy sóng đều thỏa mãn lớn hơn momen quy phạm quy định.

Với phương pháp khe hẹp, số lần phân tích kết cấu giảm xuống 96,27%, với phương pháp khe hẹp vàng, kết quả còn ấn tượng hơn khi giảm đến 96,83 số lần tính.

## IV. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ.

Việc cải tiến phương pháp tìm kiếm trực tiếp cho phép tìm được chính xác nghiệm tối ưu và đưa lại tốc độ tối ưu tăng rõ rệt, nên áp dụng phương pháp khe hẹp vàng vì cho tốc độ tối ưu cao hơn.

Tiếp tục nghiên cứu các phương pháp sử dụng mạng trí tuệ nhân tạo (vấn đề tối ưu cho biến liên tục) và cải tiến để có thể áp dụng cho bài toán tối ưu này, từ đó so sánh tốc độ tối ưu cũng như độ chính xác tối ưu.

### **TÀI LIỆU THAM KHẢO**

1. PGS.TS. Nguyễn Viết Trung (2003), *Thiết kế tối ưu*, Nhà xuất bản Xây Dựng.
2. GS.TSKH. Võ Như Cầu (2003), *Tính kết cấu theo phương pháp tối ưu*, Nhà xuất bản Xây Dựng.
3. GS.TSKH. Võ Như Cầu (2005), *Tính kết cấu theo phương pháp phân tử hữu hạn*, Nhà xuất bản Xây Dựng.
4. Lê Xuân Huỳnh (2005), *Tính toán kết cấu theo lý thuyết tối ưu*, Nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật.
5. Uri Kirsch (), *Optimum structural design*, McGraw – Hill Book Company, New York, USA.
6. Garret N. Vanderplaats (), *Numerical optimization techniques for engineering design*, McGraw – Hill Book Company, New York, USA.

## PHỤ LỤC

### 1. PP trực tiếp:

```
clear all %Xoa cac bien truoc day
clc % Xoa man hinh
format short
tietdien
N=0;
DK=0;
%Kiem Tra TD be nhat
disp('KIEM TRA VOI TIET DIEN BE NHAT')
disp('=====')
=')
TV=1;
SDD=1;
XDM=1;
taobienthietke
phantichketcau
    if DK==1;
        disp('chon cac tiet dien be nhat trong bang')
        break
    else
        DK=0;
        disp('KHONG DAT')
    end

Tieptuc=input('An phim bat ky de tiep tục');
disp('=====')
=')
%Kiem Tra TD lon nhat
disp('KIEM TRA VOI TIET DIEN LON NHAT')
disp('=====')
=')
TV=45;
SDD=45;
XDM=60;
taobienthietke
phantichketcau
    if DK==1;
        disp('TIET DIEN THOA MAN')
    else
        DK=0;
        disp('KHONG DAT VOI TIET DIEN LON NHAT')
        break
    end

Tieptuc=input('An phim bat ky de tiep tục');
disp('=====')
=')
disp('TINH TOI UU THEO PHUONG PHAP TRUC TIEP')
Smin=10^100;
for TV=1:45
    for SDD=1:45
        for XDM=1:60;
            taobienthietke
            phantichketcau
                if DK==1;
                    Stt=BTv(TV, 4)+BSDD(SDD, 5)+BXDM(XDM, 6);
                    if Stt<Smin
                        Smin=Stt;
                        TVc=TV;
                        SDDc=SDD;
                        XDMc=XDM;
```