

NGHIÊN CỨU GIẢI PHÁP TỐI ƯU HOÁ TRỌNG LƯỢNG TÀU THUỖ NỘI ĐỊA DỰA TRÊN PHÂN TÍCH KẾT CẤU BẰNG PHƯƠNG PHÁP PHẦN TỬ HỮU HẠN

RESEARCH SOLUTIONS OPTIMIZING WEIGHT OF INLANDWATERWAY VESSELS BASED ON STRUCTURAL ANALYSIS USING FINITE ELEMENT METHOD

Vũ Ngọc Bích, Đỗ Hùng Chiến, Nguyễn Thị Ngọc Hoa,
Lê Đức Cảnh, Nguyễn Văn Công, Nguyễn Thị Hải Vân

Đại học Giao thông vận tải Thành phố Hồ Chí Minh

Tóm tắt: Việc giảm chi phí khai thác trong suốt vòng đời của tàu cũng như áp lực giảm lượng phát thải khí CO₂ theo yêu cầu của các tổ chức quốc tế và quốc gia đã tạo ra sức ép lớn cho các nhà đóng tàu, chủ tàu cũng như các nhà thiết kế tàu. Phương pháp phần tử hữu hạn (PTHH) đã được các nhà thiết kế tàu triển khai từ nhiều năm trước đây nhằm hỗ trợ việc phân tích, tối ưu hoá thiết kế. Hiệu quả từ việc áp dụng phương pháp PTHH đã làm nó trở thành một công cụ chung cho thiết kế tàu, đặc biệt là trong lĩnh vực phân tích kết cấu nhằm tối ưu hoá kích thước cũng như giảm trọng lượng của kết cấu. Bài viết này trình bày ngắn gọn mô hình phân tích kết cấu tàu thủy nội địa bằng phương pháp PTHH, tập trung vào phân tích mô hình ba kết cấu khoang tàu chở hàng lỏng chạy thủy nội địa làm tiền đề cho các nghiên cứu tiếp theo của nhóm trong lĩnh vực này.

Từ khóa: Phương pháp PTHH, thiết kế tối ưu tàu thủy, kết cấu tàu thủy.

Chỉ số phân loại: 2.1

Abstract: Reduced operating costs throughout the life of the vessel as well as the pressure to reduce the amount of CO₂ emissions required by international and national organizations have created great pressure for shipbuilders as well as ship owners, and also pressure on ship designers. The finite element method (FEM) has been implemented by ship designers for many years to support analysis and design optimization. The efficiency from the application of the FEM method has made it a common tool for ship design, especially in the field of structural analysis to optimize the size and reduce the weight of the structure. This article briefly presents an analysis model of the inland ship structure by the FEM method, focusing on analyzing the 3 structure model of tankers on the inland waterway as a premise for the research. Next study of the group in this area.

Keywords: FEM, optimal design of ships, ship structure.

Classification number: 2.1

1. Giới thiệu

Tiết kiệm chi phí khai thác (CPKT) trong suốt vòng đời của tàu và hạn chế lượng khí thải CO₂ từ tàu là một thách thức lớn hiện nay phải đối mặt của các chủ tàu và toàn xã hội.

Công ước khung của Liên Hợp Quốc về biến đổi khí hậu (UNFCCC) [1] và các chủ thể như EU, đang gây áp lực lên các ngành công nghiệp, bao gồm cả ngành vận tải, nhằm giảm lượng khí thải CO₂ [2]. Theo báo cáo phân tích về ngành Giao thông vận tải Việt Nam do chính phủ Đức, quỹ tài trợ tín thác NDC Partnership và chương trình Đối tác chiến lược Australia - Ngân hàng Thế giới tại Việt Nam tài trợ cho biết lượng phát thải được dự

báo sẽ đạt gần 90 triệu tấn CO₂ vào năm 2030 (tăng trung bình 6 - 7% mỗi năm), trong đó đường thủy nội địa (ĐTNĐ) và ven biển chiếm 10% [3].

Tiết kiệm CPKT hay hạn chế lượng khí thải CO₂ có thể thực hiện được bằng các giải pháp công nghệ hoặc chế độ khai thác động cơ tàu hay tiêu chuẩn nhiên liệu, ...[4].

Trong bài viết này, nhóm nghiên cứu đề xuất giải pháp tối ưu hoá kết cấu (TUKC) cho đội tàu thủy nội địa (TTND) nhằm giảm trọng lượng cũng như chi phí khác trong suốt vòng đời của tàu, và như vậy hạn chế lượng phát thải khí CO₂, phù hợp theo khuyến cáo của các tổ chức quốc tế [5].

2. Cơ sở tối ưu hoá kết cấu tàu thủy

2.1. Vài nét về đội TTND Việt Nam

Hiện nay, nước ta có 61 tuyến ĐTND quốc gia với trên 7.000 km [6], đáp ứng tới 90% khối lượng luân chuyển bằng ĐTND [7]. Ngoài ra còn hơn 19.000 km ĐTND do các địa phương quản lý, đáp ứng khối lượng luân chuyển hàng hoá còn lại. Về TTND, số liệu đến năm 2017, nước ta có trên 170.000 chiếc, trong đó chủ yếu là tàu hàng (bảng 1). Nhóm nghiên cứu đã tiếp cận số liệu TTND do Chi cục đăng kiểm 6 quản lý, đến tháng 11/2019, số liệu phân tích được trình bày tại bảng 2.

Bảng 1. Đội tàu thủy nội địa (2017) [3].

Tổng	Số lượng tàu	Tổng trọng tải (DWT)	Tổng công suất máy (Hp)
Tàu hàng khô	162.865	14.591.035	8.595.407
Tàu dầu	2.363	558.158	415.102
Tàu container	1.038	1.215.096	481.668
Tàu khác	1.134	78.082	134.288
Tổng	167.400	16.443.371	9.626.465

Bảng 2. Đội tàu thủy nội địa khu vực Thành phố Hồ Chí Minh.

Loại tàu	Số lượng (theo vật liệu đóng tàu)				
	Thép	Hợp kim nhôm	Gỗ	FRP	Khác
Tàu hàng khô	2801	-	75	2	-
Tàu dầu	359	-	26	-	7
Tàu container	333	-	-	-	-
Tàu chở hàng khác	122	-	3	-	-
Tàu khách	85	24	88	312	29
Tàu kéo đẩy	569	1	603	-	-
Tổng	4269	25	795	314	36

Nguồn: Chi cục đăng kiểm 6- VR6

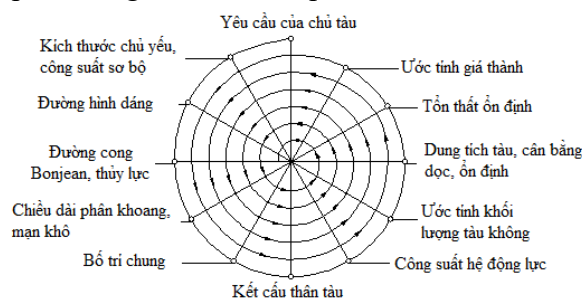
Từ các số liệu trong bảng 1 và 2, nhận thấy, TTND nước ta nói chung và khu vực Thành phố Hồ Chí Minh khá đa dạng về chủng loại và vật liệu chế tạo vỏ. Trong đó, vật liệu chế tạo vỏ cũng khá đa dạng, bao gồm cả loại vật liệu truyền thống (gỗ), lẫn loại vật liệu đang dần phổ biến ở nước ta (hợp kim nhôm), nhưng phổ biến nhất vẫn là thép, chiếm tới 78,49% tổng số phương tiện được thống kê.

Việc phát triển đội TTND hiện nay vẫn được phát triển theo cách làm truyền thống, đó là tàu được thiết kế và đóng theo các quy phạm đóng tàu tương ứng [8 – 12], kết hợp với tham khảo các mẫu tốt đã được đóng và khai thác trong những năm gần đây. Cách làm này, vừa kế thừa được những ưu điểm của đội tàu hiện thời, vừa phù hợp với yêu cầu phân cấp tàu. Tuy nhiên, nó vẫn còn chứa đựng một nhược điểm cố hữu, đó là chưa xem xét đến việc bố trí một cách hợp lý nhất về kích thước và chiều dày kết cấu. Điều này làm tăng khối lượng kết cấu tàu (KCT), dẫn đến tăng giá thành đóng mới cũng như CPKT tàu suốt đời. TUKC hướng tới việc khắc phục nhược điểm này, một mặt nó đưa ra chiều dày kết cấu phù hợp, mặt khác đề xuất hình dạng kết cấu một cách hợp lý. Trên cơ sở đó, cho phép giảm khối lượng kết cấu một cách đáng kể.

Trong những năm gần đây, ngành Giao thông vận tải nước ta đã nỗ lực nghiên cứu, triển khai các phương án kỹ thuật giảm phát thải khí CO₂ đối với đội TTND và tàu biển [13], [14]. Như vậy giải pháp TUKC nhằm giảm khối lượng KCT càng trở nên có ý nghĩa trong phát triển đội tàu hiện nay ở nước ta.

2.2. Tổng quan về tối ưu hoá thiết kế tàu

Quá trình thiết kế tàu thường được thực hành thông qua sơ đồ xoắn ốc như mô tả tại hình 1. Thông qua các bước này, dễ dàng xác định được các kích thước chính; hình dáng thân tàu; bố trí chung; kết cấu thân tàu; bố trí hệ động lực; dung tích, ổn định tàu; giá thành đóng tàu; ...[15]. Những nhiệm vụ này có thể tuần tự hoặc đồng thời đạt được. Trong đó kích thước chính xác định nhiều đặc điểm của tàu như ổn định, sức chở, công suất máy, và quan trọng hơn là hiệu quả kinh tế của nó.



Hình 1. Sơ đồ thiết kế xoắn ốc.

Các yêu cầu của chủ tàu thông thường có thể đạt được qua việc kết hợp các kích thước khác nhau. Cách làm đó có thể cho phép đạt được một thiết kế tối ưu về mặt kinh tế nếu không bị ràng buộc bởi những giới hạn của kích thước tuyến luồng như chiều rộng, bán kính cong, chiều cao tĩnh không của cầu và nhất là độ sâu của nước.

Dựa vào số liệu thống kê và so sánh với các tàu hiện có là cách thiết kế phổ biến hiện nay. Các nhà thiết kế nhìn nhận, cách làm truyền thống này là tốt nhất để đáp ứng các đòi hỏi của chủ tàu. Tuy nhiên, còn có giải pháp tốt hơn cho các nhà đóng tàu cũng như chủ tàu, đó là phương pháp phân tích và kỹ thuật tối ưu hoá [16].

Tối ưu hoá thiết kế tàu là nhiệm vụ tự nhiên mà nhà thiết kế cần phải thực hiện trên các vòng khác nhau của sơ đồ thiết kế, và là một quá trình tối ưu toàn cục (TUTC). Tuy nhiên, đây là một công việc có khối lượng đồ sộ mà khó một nhà thiết kế nào có thể trọn vẹn giải quyết. Trong khoảng 20 - 25 năm trở lại đây, các nhà thiết kế đã đi theo hướng tối ưu cục bộ (TUCB), đó là ở mỗi bước thiết kế, tối ưu hoá trở thành TUCB. Bằng cách TUCB, nhà thiết kế có thể giải quyết một vấn đề cụ thể duy nhất (kích thước tàu, hình dáng tàu, lực đẩy; kết cấu; an toàn;...), còn những vấn đề khác thì đóng băng lại. Về mặt toán học, rõ ràng TUCB tuần tự không thể dẫn đến TUTC. Tuy nhiên, trong thực tiễn hiện nay, đây là cách có thể chấp nhận được và cũng là giải pháp mà nhóm nghiên cứu đề xuất trong bài viết.

3. Tối ưu hoá kết cấu tàu

3.1. Cơ sở tối ưu hoá kết cấu tàu

Trong thiết kế sơ bộ, các nhà đóng tàu cần đánh giá chi phí đóng mới, so sánh trình tự chế tạo và tìm khoảng cách khung hay độ cứng tốt nhất và các mặt cắt phù hợp nhất để giảm chi phí đóng tàu cũng như CPKT trong suốt vòng đời của tàu. Điều này có thể đạt được bằng cách thực hiện TUKC và liên quan đến áp dụng tối ưu hóa toán học với sự hỗ trợ của máy tính. Nhiệm vụ của quá trình tối ưu hóa toán học là tìm ra điểm tối ưu, từ bất kỳ điểm bắt đầu nào càng ít tính toán càng tốt [17], [18]. Một số lượng nhất định của các biến thiết kế

(ví dụ: độ dày, hình dạng hoặc tiết diện mặt cắt ngang của kết cấu) phải được xác định theo cách mà hàm mục tiêu (ví dụ trọng lượng tối thiểu của kết cấu) đáp ứng tốt nhất theo các biến trạng thái (ví dụ: độ bền, độ cứng, công nghệ,...). Tùy thuộc vào các biến thiết kế, TUKC có thể được phân loại như sau: Tối ưu hình dạng; tối ưu chiều dày; lựa chọn vật liệu; và tối ưu bộ phận. Cách làm này đã được nhiều nhà nghiên cứu quốc tế [17 – 35] và người viết thực hiện gần đây [36 – 39].

Trong nghiên cứu về TUKC tàu dịch vụ dầu khí dài 44m, lượng chiếm nước 950 tấn, (hình 3), nhóm tác giả Ahmed M.H. Elhewy, Amany M.A. Hassan, Moussa A. Ibrahim đã tối ưu hóa kích thước kết cấu của tàu để giảm 121,9 tấn trọng lượng thép, giúp tiết kiệm 42,4% tổng trọng lượng bằng cách giảm độ dày tấm và mô đun chống uốn xuống trần giá trị an toàn tối thiểu. Việc giảm trọng lượng không làm thay đổi kích thước chính của kết cấu [27]. Trong nghiên cứu của nhóm về kết cấu cầu dẫn của tàu khách hai thân hoạt động ven biển Việt Nam có chiều dài 61,53m; chiều rộng 14,50m thì kết quả phân tích cho thấy, kết cấu cầu dẫn hiện dư bền từ 30% đến 50%, thậm chí ở những vùng không chịu tải trọng tác động, dư bền đạt tới 70% [40].

Trong đóng tàu, vật liệu chế tạo vỏ thường được chủ tàu đưa ra ngay từ ban đầu, còn hình dạng của kết cấu, đôi khi nằm ngoài khả năng của các đơn vị cung cấp vật tư đóng tàu bởi nhiều yếu tố như giá cả, thời gian cung cấp,... Vì vậy, đây là vấn đề cần cân nhắc trong quá trình tính toán, phân tích và hoàn toàn phụ thuộc vào quyết định của người tính toán phù hợp với thực tiễn.

Theo cách đặt vấn đề như vậy, trình tự được nhóm nghiên cứu đề xuất bao gồm bốn bước chính. Mô hình kết cấu của tàu là bước quan trọng nhất. Nó là cơ sở cho tất cả các bước sau. Bước tiếp theo là xác định các nút và phần tử cho mỗi bộ nhớ của mô hình tàu cũng như việc việc gán tải và điều kiện biên để áp dụng phương pháp phân tích. Phản hồi thu được sẽ xem xét để đảm bảo rằng không có bất cập về kết cấu của mô hình. Bước cuối cùng là áp dụng kỹ thuật tối ưu hóa kích thước

để đạt được trọng lượng tối ưu của kết cấu. Các bước được phác thảo như trên hình 2.

Tối ưu hóa nói chung được đặc trưng bởi các yếu tố:

1) Một là một tập hợp các biến thiết kế " n đã được thay đổi $X_1; X_2; \dots X_n$ ". Trong đó biến thiết kế (X) là một vectơ n chiều được gọi là vectơ thiết kế và có thể thay đổi trong quá trình tối ưu hóa. Nó đại diện cho hình dạng hình học của kết cấu;

2) Một tập hợp các hàm được tối ưu hóa, $f_1(x), f_2(x), \dots f_m(x)$, là các hàm mục tiêu. Trong đó hàm mục tiêu (f) là giảm thiểu trọng lượng kết cấu tàu đến mức tối đa.

3) Một tập hợp các ràng buộc $g_1(x), g_2(x), \dots g_s(x)$ cần được thỏa mãn. Trong đó ràng buộc $g_s(x)$ là một hàm đại diện cho một ràng buộc đối với quá trình tối ưu.

Hình 2. Lưu đồ tối ưu kích thước kết cấu tàu.

Kết quả thu nhận được từ quá trình tính toán tối ưu là một chuỗi các giá trị thỏa mãn điều kiện ràng buộc, và nhà phân tích sẽ là người quyết định một giá trị cụ thể nào đó.

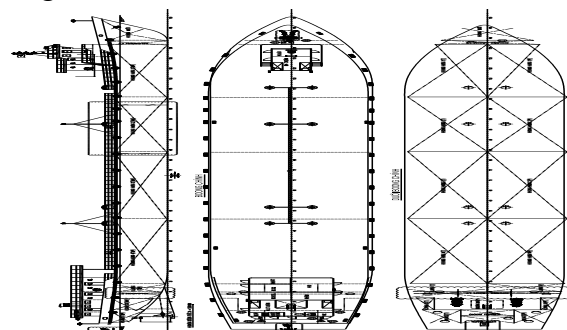
Trong phần tiếp theo của bài viết này, nhóm nghiên cứu tiến hành phân tích kết cấu tàu vỏ thép, là chủng loại chiếm tỷ trọng lớn nhất hiện nay (bảng 2). Tàu đề xuất tàu chở hàng lỏng (tàu chở dầu) chạy TND. Hàm mục tiêu là khối lượng kết cấu nhỏ nhất, các ràng buộc là ứng suất tương đương von - Mises nhỏ hơn giới hạn chảy 235 Mpa, hệ số an toàn (Safety Factor) ≥ 1.25 , các biến kiểm soát là chiều dày tôn đáy, mạn, boong, vách dọc.

3.2. Phân tích tối ưu hoá kết cấu tàu

Việc phân tích TUKC là dựa trên việc phân tích độ bền tàu bằng phương pháp PTHH

với sự hỗ trợ của phần mềm phân tích kết cấu Ansys Workbench phiên bản 19.1.

Kiểu phần tử dùng để phân tích kết cấu trong phần mềm Ansys là phần tử tấm vỏ shell 181 kiểu hình chữ nhật. Mỗi nút có sáu bậc tự do UX, UY, UZ và ROTX, ROTY, ROTZ. Mật độ lưới, số lượng phần tử, số lượng nút tùy thuộc vào từng mô hình của từng dàn cụ thể. Việc mô hình hóa, cũng như các điều kiện biên được đưa vào tính toán dựa trên các yêu cầu [10] và kết cấu tàu thực tế. Tàu thực tế được đưa vào tính toán là tàu dầu chạy sông, trọng tải 2100 tấn (hình 3), hoạt động phù hợp cấp SI, quy cách chủ yếu của tàu cho trong bảng 3.



Hình 3. Bố trí chung tàu dầu 2100 tấn, cấp SI.

Bảng 3. Kích thước chính của tàu dầu 2100 tấn.

Tên gọi	Kích thước/Chi tiết
Chiều dài thiết kế	$L_{TK} = 72,49$ m
Chiều rộng thiết kế	$B_{TK} = 12,00$ m
Chiều cao mạn	$D = 4,00$ m
Chiều chìm	$d = 3,58$ m
Vận tốc	$v = 15$ km/giờ
Trọng tải toàn phần	$P_{TP} = 2100$ tấn
Lượng chiếm nước	$\Delta = 2525,1$ tấn

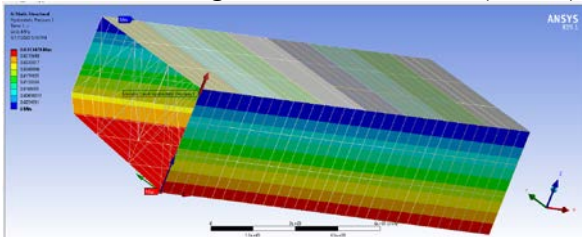
Quy cách tấm vỏ và cơ cấu ban đầu được trình bày theo bảng 4.

Bảng 4. Quy cách kết cấu của tàu dầu 2100 tấn.

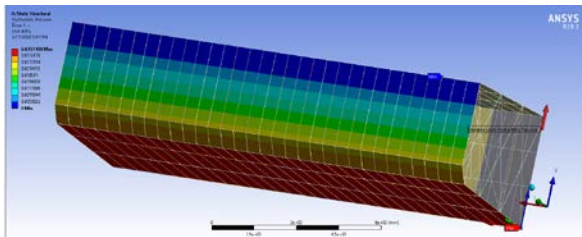
Tên gọi	Quy cách kết cấu/ Chiều dày (mm)	
	Theo bảng 2A/2.4.1-3[10]	Thực tế
Tôn đáy	5,75	10
Tôn boong	5,75	8
Tôn vách	5,81	8
Tôn mạn	5,75	8
Sông đáy, sông boong, sông vách	-	10
Đà ngang đáy	-	8
Sườn ngang, xà boong, nẹp vách	-	8

Trong tính toán này, nhóm nghiên cứu chọn mô hình ba khoang (dài 32m, từ sườn 35 đến sườn 99) để đưa vào phân tích.

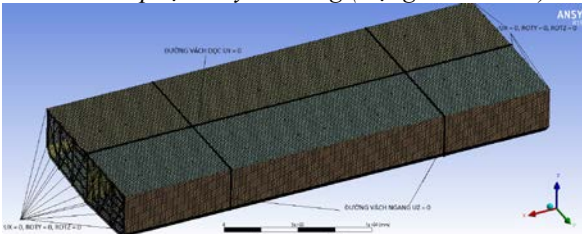
Tàu được TUKC tương ứng với ba phương án tải trọng là 100% tải (LOAD1), 50% tải (LOAD2) và 0% tải (LOAD3). Mô hình áp đặt tải (hình 4), áp lực thủy tĩnh (hình 5) được xác định ứng với trạng thái toàn tải ở chiều chìm 3,58 m (LOAD1). Tải trọng buồng được tính với giá trị cột áp 0,5 m, phù hợp theo [10]. Việc mô hình hoá cũng như điều kiện biên được đưa vào phù hợp theo khuyến cáo [41] và hình dạng, kết cấu tàu thực tế (hình 6).



Hình 4. Tải trọng hàng hoá (trạng thái Load1).



Hình 5. Áp lực thủy tĩnh ứng (trạng thái Load1).

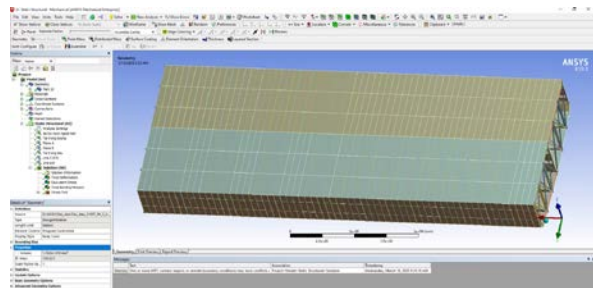


Hình 6. Chia lưới và áp đặt điều kiện biên.

Việc phân tích TUKC được thực hiện tuần tự theo các bước như đã chỉ ra ở hình 5. Trước hết nhóm nghiên cứu tính toán phương án ban đầu theo thiết kế. Kết quả tính toán được trình bày trên bảng 5, khối lượng khoang được mô tả trên hình 7.

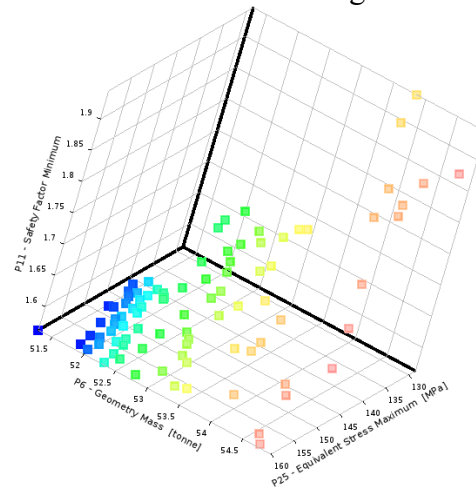
Bảng 5. Kết quả phân tích tối ưu ban đầu.

Phương án tải	Kết quả phân tích		
	Ứng suất von-Mises (PMa)	Độ võng lớn nhất (mm)	Hệ số an toàn SF
LOAD1	55,098	2,9802	4,2651
LOAD2	31,118	1,2989	8,0159
LOAD3	31,300	1,6648	7,9364



Hình 7. Khối lượng khoang ban đầu.

Từ số liệu trên bảng 5 và hình 7, thấy rằng, giá trị ứng suất, von-Mises lớn nhất là khá nhỏ, đồng thời hệ số an toàn rất lớn so với yêu cầu, đồng thời khối lượng khoang tới 138,32 tấn. Do vậy, trong các lần tính toán tiếp theo, nhóm tiếp tục điều chỉnh giảm tuần tự chiều dày tấm cũng như quy cách tiết diện cơ cấu. Qua 171 lần tính, cho kết quả tối ưu như mô tả trên hình 8 trong đó các điểm màu đậm chính là miền tối ưu mà chương trình đề xuất.



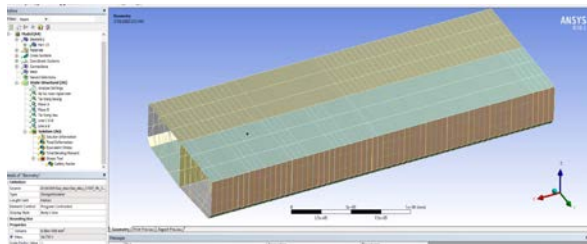
Hình 8. Các trường hợp tính toán tối ưu.

Giá trị chiều dày tốt nhất đề xuất được trình bày trên hình 9 tương ứng với từng phương án tải.

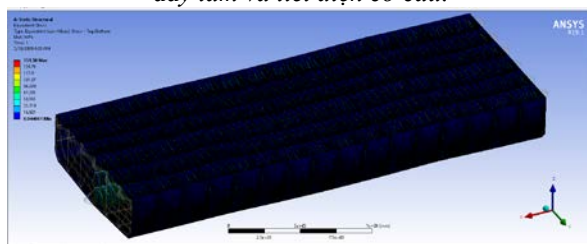
Table of Schematic B2: Optimization , Candidate Points																	↻ ↗ ✕	
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	
1	Reference	Name	P16 - Ton_vach_dọc Thickness (mm)	P17 - Tam_dày Thickness (mm)	P18 - Tam_hong Thickness (mm)	P19 - Tam_min Thickness (mm)	P20 - Tam_bong Thickness (mm)	P21 - Tam_dày Thickness (mm)	P22 - Tam_hong Thickness (mm)	P23 - Tam_bong Thickness (mm)	P24 - Tam_dày Thickness (mm)	P6 - Geometry Mass (tonne)		P11 - Safety Factor Minimum		P25 - Equivalent Stress Maximum (MPa)		
2												Parameter Value	Variation from Reference	Parameter Value	Variation from Reference	Parameter Value	Variation from Reference	
3	📍	Candidate Point 1	3.8911	4.5	4.5	3.6	3.6	4.5	4.5	3.6	3.6	☆☆ 51.292	0.00%	☆☆ 1.5625	0.00%	☆☆ 160	0.00%	
4	📍	Candidate Point 2	3.8994	4.5295	4.506	3.6565	3.6311	4.6672	4.7335	3.6432	3.6955	☆☆ 51.886	1.16%	☆☆ 1.5696	0.45%	☆☆ 159.28	-0.45%	
5	📍	Candidate Point 3	3.9236	4.5501	4.8403	3.8282	3.8491	4.5403	4.615	3.6342	3.7758	☆☆ 52.378	2.12%	☆☆ 1.5874	1.59%	☆☆ 157.49	-1.57%	
*		New Custom Candidate Point	4	5	5	4	4	5	5	4	4							

Hình 9. Phương án chiều dày tối ưu.

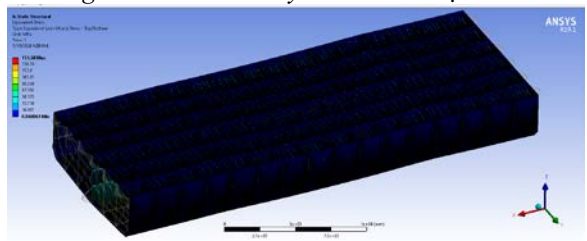
Khối lượng khoang sau khi giảm 50% chiều dày tấm cũng như tiết diện cơ cấu được mô tả trên hình 10.



Hình 10. Khối lượng khoang sau khi giảm 50% chiều dày tấm và tiết diện cơ cấu.



Hình 11. Ứng suất von-Mises (trạng thái Load1) sau khi giảm 50% chiều dày tấm và tiết diện cơ cấu.



Hình 12. Hệ số an toàn SF (trạng thái Load1) sau khi giảm 50% chiều dày tấm và tiết diện cơ cấu.

Thấy rằng, sau khi giảm 50% chiều dày tấm cũng như tiết diện cơ cấu, khối lượng khoang còn 54,793 tấn (giảm 60,387% so với thiết kế ban đầu). Mặt khác giá trị tính toán ứng suất von-Mises (hình 11) có giá trị 151,58MPa và hệ số an toàn là 1,6493 (hình 12) ở trạng thái tải lớn nhất vẫn nằm cách giới hạn cho phép khá xa. Như vậy, với tàu đã được phân tích, quy cách kết cấu và chiều dày tấm đã chọn là một sự lãng phí rất lớn về chi phí đóng tàu, chi phí khai thác kết cấu (bảo dưỡng, sửa chữa, tổn năng lượng để mang khối lượng

kết cấu đó trong suốt vòng đời của tàu). Điều này đồng nghĩa với tăng lượng nhiên liệu tiêu hao và tăng lượng khí thải CO₂.

4. Kết luận

Phương pháp PTHH để phân tích cấu trúc tàu đã được sử dụng khá phổ biến trong những năm gần đây. Sự gia tăng này là do những tiến bộ trong nghiên cứu, việc ứng dụng phương pháp tính toán, phân tích kết cấu,... Mặt khác là những khuyến khích về việc giảm trọng lượng kết cấu dẫn đến giảm chi phí đóng tàu cũng như những chi phí khác trong suốt vòng đời của tàu. Về phương diện lựa chọn chiều dày phù hợp thực tế, so sánh các giá trị nêu trong bảng 4 phù hợp theo [10] và giá trị chiều dày tối ưu theo các phương án tải trọng, như tại phần trên đã nêu, người thiết kế cần phải chọn giải pháp thỏa hiệp giữa thỏa mãn các yêu cầu tối thiểu do mỗi tổ chức phân cấp quy định, đồng thời có giá trị gần nhất theo các phương án tối ưu đã đưa ra. Một điều cũng cần phải nhắc đến, việc lựa chọn quy cách kết cấu, chiều dày tấm cũng cần xem xét đến khả năng cung cấp vật tư đóng tàu trên thị trường. Trong bài viết tiếp sau, nhóm nghiên cứu tiếp tục công bố kết quả phân tích tối ưu kết cấu một số mẫu TTND điển hình đang hoạt động vùng Đồng bằng Nam bộ.

Tài liệu tham khảo

- [1] United Nations Climate Change, *Status of Ratification of the Convention* | UNFCCC. 1992.
- [2] “Chính sách cấp phát khí thải của cộng đồng Châu Âu,” *Cổng thông tin điện tử Bộ giao thông vận tải*, 2013. [Online]. Available: <http://www.mt.gov.vn/moitruong/tin-tuc/993/21978/chinh-sach-cap-phat-khi-thai-cua-cong-dong-chau-au.aspx>. [Accessed: 13-Feb-2020].
- [3] J. E. Oh *et al.*, “Chuẩn Báo cáo Phân tích về ngành Giao thông Vận tải Việt Nam Giải quyết Vấn đề Biến đổi Khí hậu trong ngành Giao thông Vận tải Tập 1: Lộ trình Hướng tới Vận tải Phát thải Các-

- bon Thấp - Báo cáo tổng kết,” 2019.
- [4] N. Thạch, “Các giải pháp giảm phát thải cho động cơ tàu thủy,” *Tạp chí phát triển KH&CNKH&CN*, vol. 17, no. K7, p. 9, 2014.
 - [5] Luis C. Blancas, “Thúc đẩy thương mại thông qua giao thông vận tải có sức cạnh tranh và ít khí thải - Tuyến đường thủy nội địa và đường biển ở Việt Nam,” 2014.
 - [6] Bộ Giao thông vận tải, *Thông tư số 15/2016/Tt-BGTVT ngày 30 tháng 6 năm 2016 Quy định về quản lý đường thủy nội địa*. 2016.
 - [7] Ngân hàng thế giới, “Phát triển bền vững vận tải đường thủy nội địa tại Việt Nam - Tăng cường khuôn khổ pháp lý, thể chế và tài chính,” 2019.
 - [8] Bộ Giao thông vận tải, *Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về phân cấp và đóng phương tiện thủy nội địa chế tạo bằng vật liệu polypropylen copolyme (PPC) - TCVN 95:2016/BGTVT*. 2016, p. 62.
 - [9] Bộ Giao thông vận tải, *Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về quy phạm phân cấp và đóng phương tiện thủy nội địa vỏ gỗ (National Technical Regulation on Rule for the Classification and Construction of Inland - waterway wooden ships) - QCVN 84:2014/BGTVT*. 2014, p. 83.
 - [10] Bộ Giao thông vận tải, *Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về Quy phạm phân cấp và đóng phương tiện thủy nội địa (Sửa đổi 1: 2015 QCVN 72: 2013/BGTVT)*. 2015.
 - [11] Bộ Giao thông vận tải, *Quy chuẩn quốc gia về phân cấp và đóng tàu thủy cao tốc - QCVN 54: 2015/BGTVT*. 2015.
 - [12] Bộ Giao thông vận tải, *Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về phân cấp và đóng tàu làm bằng chất dẻo cốt sợi thủy tinh (National Technical Regulation on Classification and Construction of Ship of Fibreglass Reinforced Plastics) - QCVN 56:2013/BGTVT*. 2013.
 - [13] Cổng thông tin điện tử Bộ Kế hoạch và Đầu tư, “Ngành Giao thông vận tải nỗ lực nghiên cứu các phương án kỹ thuật giảm phát thải khí CO₂ đối với các phương tiện vận tải thủy nội địa và tàu biển,” 2016. [Online]. Available: <http://www.mpi.gov.vn/Pages/tinbai.aspx?idTin=35224&idcm=188>. [Accessed: 13-Feb-2020].
 - [14] Khánh ly, “Chuyển đổi vận tải theo hướng giảm phát thải,” *Tài nguyên và Môi trường*, 2019. [Online]. Available: <https://baotainguyenmoitruong.vn/chuyen-doi-van-tai-theo-huong-giam-phat-thai-293571.html>. [Accessed: 13-Feb-2020].
 - [15] V. N. B. Đặng Hữu Phú, *Thiết kế tối ưu tàu thủy*. Hà Nội: Nhà xuất bản Giao thông vận tải, 2013.
 - [16] J. . Caprace, “Cost Effectiveness and Complexity Assessment in Ship Design within Concurrent Engineering and Design for X framework,” PhD thesis. University of Liège, 2010.
 - [17] O. F. Hughes, *Ship structural design: a rationally-based, computer-aided optimization approach*. 1988.
 - [18] Owen F. Hughes et al, *SHIP STRUCTURAL ANALYSIS AND DESIGN*. The Society of Naval Architects and Marine Engineers, 2010.
 - [19] P. Rigo, “Least-Cost Structural Optimization Oriented Preliminary Design,” *J. Sh. Prod.*, vol. 17, no. 4, pp. 202–215, 2011.
 - [20] A. K. (auth. . Peter W. Christensen, *An Introduction to Structural Optimization*. Springer Netherlands, 2008.
 - [21] D. Motta, J.-D. Caprace, P. Rigo, and D. Boote, “Optimization of Hull Structures for a 60 meters MegaYacht,” in *11th International Conference on Fast Sea Transportation FAST 2011, Honolulu, Hawaii, USA, September 2011*.
 - [22] P. Klanac, A.; Kujala, “Optimal Design of Steel Sandwich Panel Applications In Ships,” in *9th International Symposium on Practical Design ...*, 2004, 2004, p. 11.
 - [23] D.-Y. Cui, J.-J. & Wang, “Application of knowledge-based engineering in ship structural design and optimization,” *Ocean Eng.*, vol. 72, pp. 124–139, 2013.
 - [24] V. Cho, K.-N; Arai, M.; Basu, R.; Besse, P.; Birmingham, R.; Bohlmann, B.; Boonstra, H.; Chen, Y.-Q.; Hampshire, J.; Hung, C.-F.; Leira, B.; Moore, W.; Yegorov, G.; Zanic, “Design Principles and Criteria Marine Structures ISSC 2006,” in *16th INTERNATIONAL SHIP AND OFFSHORE STRUCTURES CONGRESS 20-25 AUGUST 2006 SOUTHAMPTON, UK*, 2006, pp. 529–607.
 - [25] P. Bayatfar, A., Amrane, A. & Rigo, “Towards a Ship Structural Optimisation Methodology at Early Design Stage,” *Int. J. Eng. Res. Dev.*, vol. 9, no. 6, pp. 76–90, 2013.
 - [26] R. Ph. Ab. L. et Al, “Optimisation of Ship and Offshore Structures and Effective Waterway Infrastructures to Support the Global Economic Growth of a Country/Region,” *Sh. Scien Technol.*, vol. 11, no. 21, pp. 9–27, 2017.
 - [27] M. A. I. Ahmed M.H. Elhewy, Amany M.A. Hassan, “Weight optimization of offshore supply vessel based on structural analysis using finite element method,” *Alexandria Eng. J.*, vol. 55, pp. 1005–1015, 2016.
 - [28] D. Zanic, V.; Andric J.; Frank, “Structural Optimization Method for the Concept Design of Ship Structure,” in *Proceedings of the 8th International Marine Design Conference*, 2003, pp. 205–218.
 - [29] J. I. Z. Shifan, “Modeling and Simulation of Ship Structures Using Finite Element Method,” *Int. J. Business, Hum. Soc. Sci.*, vol. 12, no. 7, pp. 874–880, 2018.
 - [30] M. Seo, S.; Son, K.; Park, “Optimum Structural Design of Naval Vessels,” *Soc. Nav. Archit. Mar. Eng.*, vol. 40, no. 3, 2003.
 - [31] Z. Sekulski, “Least-weight topology and size optimization of high speed vehicle-passenger catamaran structure by genetic algorithm,” *Mar. Struct.*, vol. 22, pp. 691–711.

- [32] Z. Sekulski, "Multi-objective topology and size optimization of high-speed vehicle-passenger catamaran structure by genetic algorithm," *Mar. Struct.*, vol. 23, pp. 405–433, 2010.
- [33] Z. Sekulski, "Multi-objective topology and size optimization of high-speed vehicle-passenger catamaran structure by genetic algorithm," *Mar. Struct.*, vol. 23, pp. 405–433, 2010.
- [34] P. Rigo, A. Bayatfar, L. Buldgen, T. Pire, S. Echeverry, and J.-D. Caprace, "Optimisation of Ship and Offshore Structures and Effective Waterway Infrastructures to Support the Global Economic Growth of a Country/Region Optimización de Estructuras Navales y Offshore e Infraestructuras fluviales eficaces para apoyar el crecimiento económico global de un país / región," *Artic. Sh. Sci. Technol.*, vol. 11, no. 21, pp. 9–27, 2017.
- [35] P. Rigo, "A module-oriented tool for optimum design of stiffened structures}Part I," 2001.
- [36] V. N. B. Do Hung Chien, "Investigation on hull girder ultimate bending moment of catamaran structures," *Khoa học công nghệ Giao thông vận tải – ISSN 1859-4263*, vol. 27+28, pp. 74–80, 2018.
- [37] Đ. H. C. Vũ Ngọc Bích, "Phân tích tối ưu kết cấu cầu dẫn tàu khách hai thân (Optimal bidge deck structures anlalysis of catamaran passenger ferry)," *Tạp chí Khoa học công nghệ Giao thông vận tải*, vol. 30, pp. 31–36, 2018.
- [38] L. Đ. C. Vũ Ngọc Bích, "Phân tích độ bền kết cấu tàu cỡ nhỏ sử dụng vật liệu PPC (Compolymer Polypropylene Polystone) bằng phương pháp phần tử hữu hạn," *Tạp chí Khoa học công nghệ Giao thông vận tải*, vol. 15, pp. 73–77, 2015.
- [39] N. T. T. Vũ Ngọc Bích, "Phân tích độ bền kết cấu chân giàn tự nâng bằng phương pháp phần tử hữu hạn," *Tạp chí Khoa học công nghệ Giao thông vận tải*, vol. số 04-02/2, p. trang 69-73, 33, 2013.
- [40] Vũ Ngọc Bích et all, "Nghiên cứu giải pháp tối ưu hóa kết cấu cầu dẫn cho tàu khách hai thân hoạt động trên các tuyến giao thông thủy nội địa - mã số DT184022," 2019.
- [41] DNV, *CN31.3-Strength Anlysis of Hull Structures in Tankers*. 1999, p. 40.

Ngày nhận bài: 10/3/2020

Ngày chuyển phản biện: 13/2/2020

Ngày hoàn thành sửa bài: 5/3/2020

Ngày chấp nhận đăng: 12/3/2020