

Nghiên cứu đánh giá độ bền của kết cấu tàu vỏ thép khi đâm va bằng phương pháp mô phỏng

• **Huỳnh Văn Vũ**

Bộ môn Kỹ thuật tàu thủy – Trường Đại học Nha Trang

(Bài nhận ngày 13 tháng 7 năm 2015, hoàn chỉnh sửa chữa ngày 16 tháng 10 năm 2015)

TÓM TẮT

Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu đánh giá độ bền của mạn đôi tàu vỏ thép 20000 DWT khi xảy ra tai nạn đâm va với một mũi tàu vỏ thép khác bằng phương pháp mô phỏng. Kết quả mô phỏng quá trình tai nạn đâm va và tàu sử dụng phương pháp phần

tử hữu hạn thông qua phần mềm thương mại Abaqus/Explicit. Nghiên cứu này khảo sát sáu trường hợp đâm va, trong đó ba trường hợp mũi tàu có vận tốc 5 m/s và ba trường hợp mở rộng khác.

Từ khóa: Độ bền kết cấu tàu, tai nạn đâm va, mô phỏng, Abaqus.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong những trường hợp xảy ra tai nạn của tàu vỏ thép, ví dụ như tai nạn đâm va giữa hai tàu, thì vấn đề dư bền của tàu còn tồn tại không, độ bền của các kết cấu tàu có đủ khả năng chống đỡ lại sự phá hủy không cần được quan tâm trước tiên. Các quy định hàng hải, các bộ luật, các tiêu chuẩn và quy định của các cơ quan Đăng kiểm cũng ưu tiên dư bền hơn là đi xác định cụ thể độ bền dự phòng hay độ ổn định dự phòng, miễn sao khi xảy ra phá hủy, khả năng tàu bị chìm là thấp nhất. Một số quy định và tiêu chuẩn có đề cập đến tai nạn đâm va và tàu đang được sử dụng thông dụng hiện nay như: hướng dẫn của Bộ Năng lượng vương quốc Anh [10], Đăng kiểm DNV [7], tiêu chuẩn NORSOK [14], ...

Các nghiên cứu về mô phỏng hiện tượng đâm va phía mạn tàu chủ yếu sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn (Finite Element Method, gọi tắt là FEM) được tổng hợp bởi Miguel Angel Gonzales Calle [11] năm 2011. Ngoài ra, còn một số nghiên cứu khác về vấn đề này như: K. Wisniewski [9] đã nghiên cứu mô phỏng thiệt

hại trong tai nạn đâm va giữa mũi tàu Container 40.000 DWT vào một bên mạn của tàu dầu 105.400 DWT một góc 90° với vận tốc 7 knots (3,6 m/s), Ozhue [12] đã đánh giá các thông số ảnh hưởng đến việc đâm va và tàu và cung cấp các hướng dẫn để thực hiện các bài toán mô phỏng khi sử dụng FEM, N.Q. Thái [5] đã mô phỏng va đập giữa một phần của vỏ sà lan chịu tác động của trọng vật rơi, Đ.T.Q. Tánh [4] đã tiến hành thực nghiệm và mô phỏng trên Abaqus/Explicit về độ bền va đập của trọng vật rơi tự do lên tấm kết cấu tàu có nẹp gia cường.

Kết quả nghiên cứu của bài báo này là xây dựng mô hình mô phỏng tai nạn đâm va giữa mũi tàu quả lê đâm va vào kết cấu mạn đôi tàu vỏ thép và đánh giá được độ bền của mạn đôi tàu vỏ thép sau tai nạn, bằng phương pháp phần tử hữu hạn với sự trợ giúp của phần mềm thương mại Abaqus/CAE v6.10.

2. XÂY DỰNG MÔ HÌNH MÔ PHỎNG TAI NẠN.

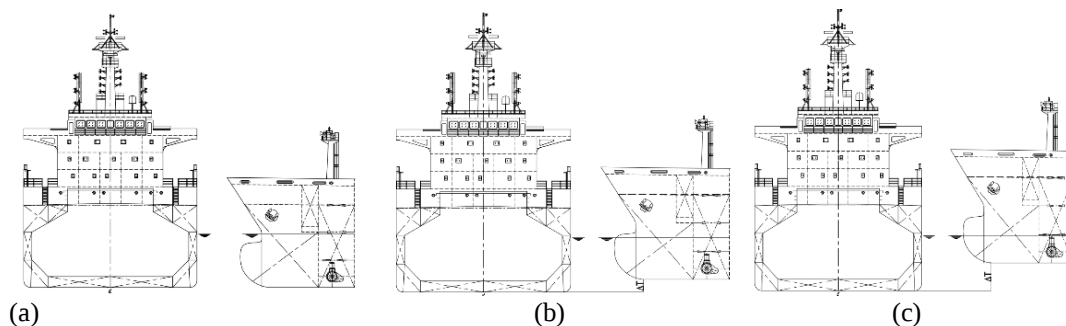
2.1. Giả thiết các trường hợp tai nạn

Giả thiết rằng có 3 trường hợp tai nạn đâm va phía mạn tàu với vị trí tương đối giữa mũi tàu đâm va và mạn đối tàu bị đâm va như hình 1, tương ứng với $\Delta T = 0$, $\Delta T = 1800$ mm, $\Delta T = 3900$ mm. Trong mỗi trường hợp xét cả hai trạng thái, thứ nhất xem mũi tàu đâm va là tuyệt đối cứng, di chuyển với vận tốc 5 m/s, khối lượng va chạm là 7497 tấn [2], đâm vuông góc với mạn tàu bị đâm va, được ký hiệu là TH1V5, TH2V5, TH3V5 tương ứng với 3 vị trí nói trên, thứ hai mũi tàu đâm va là vật rắn biến dạng, di chuyển với vận

tốc, khối lượng va chạm, góc đâm va và vị trí tương tự như trạng thái thứ nhất, được ký hiệu là TH1V5F, TH2V5F, TH3V5F.

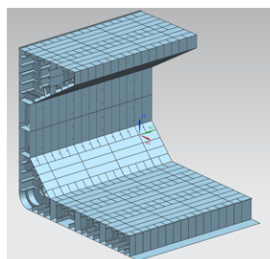
2.2. Mô hình hóa bài toán mô phỏng tai nạn

Mô hình hình học: đối tượng nghiên cứu của bài báo là tàu hàng vỏ thép tải trọng 20.000 DWT, được đóng tại Nhà máy Đóng tàu Cam Ranh, phân cấp bởi Đăng kiểm Việt Nam [1]. Để đơn giản, bài báo chọn khu vực mạn đối vùng thân ống giữa tàu làm đối tượng là tàu bị đâm va (hình 2.a), chọn khu vực mũi quả lê của tàu làm đối tượng là tàu đâm va (hình 2.b).

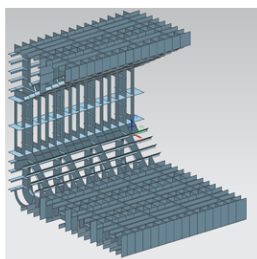


Hình 1. Giả thiết các trường hợp tai nạn

(a) Trường hợp 1, $\Delta T = 0$; (b) Trường hợp 2, $\Delta T = 1800$ mm; (c) Trường hợp 3, $\Delta T = 3900$ mm



(a) Vùng mạn đối của tàu bị đâm va



(b) Mũi quả lê của tàu đâm va

Hình 2. Mô hình hình học của bài toán mô phỏng tai nạn

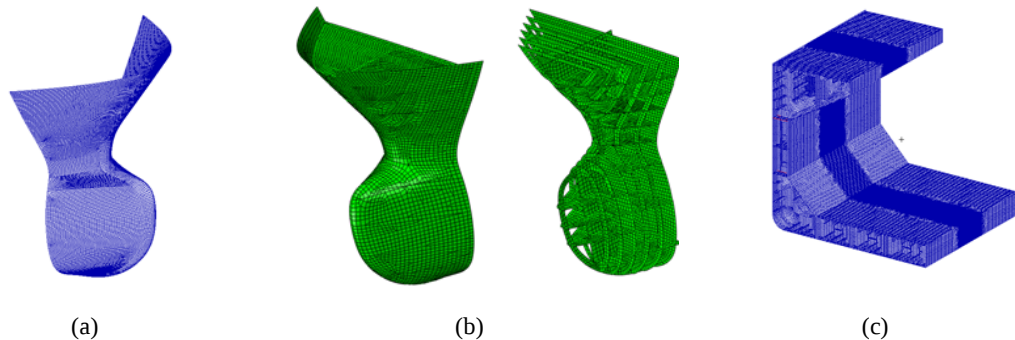
Mô hình phần tử: Đối với mũi quả lê của tàu đâm va, khi xem xét ở trường hợp là vật rắn tuyệt đối thì mô hình có 19738 phần tử, kiểu phần tử là tứ giác 4 nút R3D4, kích thước mỗi phần tử

là 100x100 mm (hình 3.a), khi xem xét ở trường hợp là vật rắn biến dạng thì chọn kiểu phần tử tám tứ giác 4 nút S4R, gồm 15662 phần tử với kích thước mỗi phần tử là 200x200 mm (hình 3.b). Đối

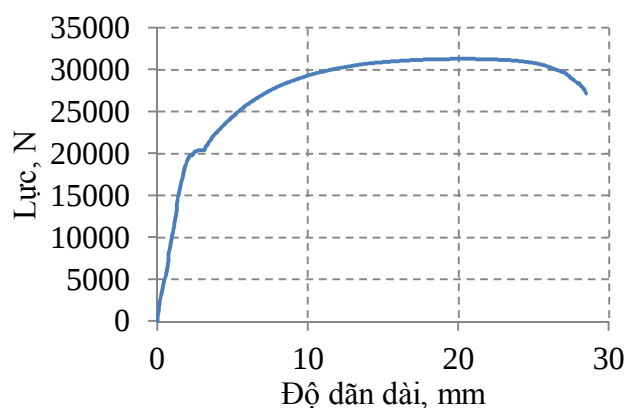
với phần mạn đôi của tàu bị đâm va cũng chọn dạng phần tử tám tứ giác 4 nút S4R, có 253875 phần tử được chia thành hai khu vực, đối với khu vực dự kiến bị đâm va có kích thước phần tử là 50x50 mm, và khu vực còn lại có kích thước phần tử là 100x100 mm (hình 3.c).

2.3. Thuộc tính vật liệu

Biểu đồ biến dạng – lực kéo khi tiến hành thử kéo của vật liệu thép dùng để đóng tàu được thể hiện ở hình 4. Khi nhập giá trị vào Abaqus cần chuyển sang kiểu biến dạng *strain* ε và ứng suất *stress* σ . Ngoài ra một số thông số vật liệu cơ bản khác như mô đun đàn hồi $E = 207000$ MPa, hệ số Poisson $\nu = 0.3$, khối lượng riêng $\rho = 7.85E-9$ tấn/mm³, ...



Hình 3. Mô hình phần tử của (a) mũi quả lê xem như vật tuyệt đối cứng, (b) mũi quả lê xem như vật rắn biến dạng, (c) mạn đôi tàu bị đâm va



Hình 4. Biểu đồ thuộc tính vật liệu khi thử kéo

2.4. Điều kiện biên của bài toán

Tàu bị đâm va được xét như một dầm được đặt trên hai gối simple supported, gối tại vị trí RP1 là gối cố định, gối tại vị trí RP2 là gối trượt. Các phần tử tại hai mặt cắt ngang tương ứng được

liên kết với điểm tham chiếu RP1 và RP2 bằng phương pháp MPC (Multi Point Constraint). Điều kiện biên của bài toán mô phỏng quá trình

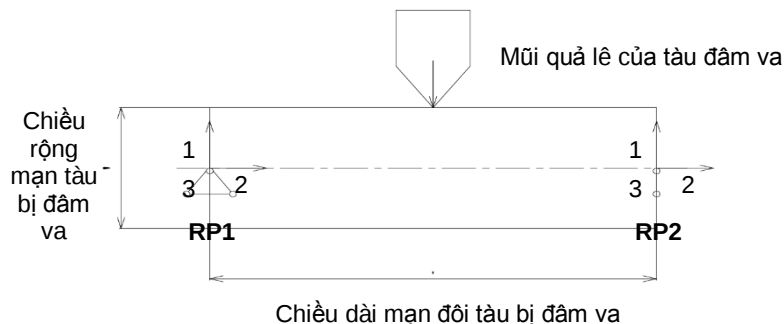
đâm va mạn tàu được thể hiện ở hình 5, giá trị cụ thể được ghi trong bảng 1.

3. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG

3.1. Đối với trường hợp mũi quả lê là vật rắn tuyệt đối cứng

Đối với trường hợp này, quan sát vùng biến dạng sau khi kết thúc tai nạn chỉ xảy ra ở mạn đôi tàu bị va chạm như hình 6.

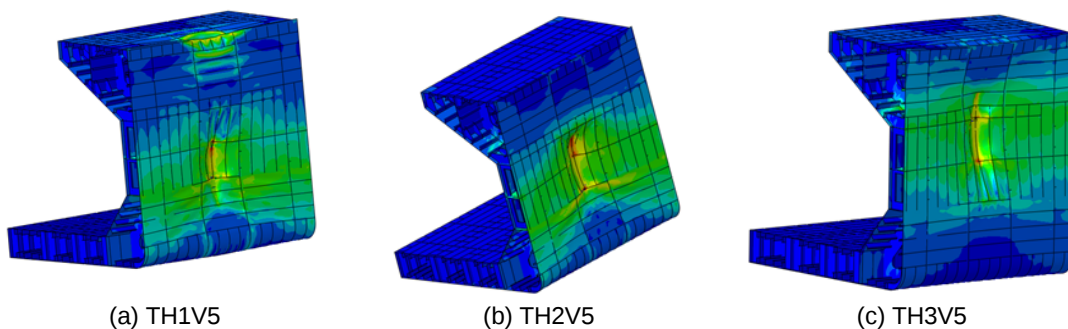
Kết quả vận tốc và năng lượng của mạn đôi tàu bị đâm va và mũi quả lê của tàu đâm va được thể hiện ở hình 7.



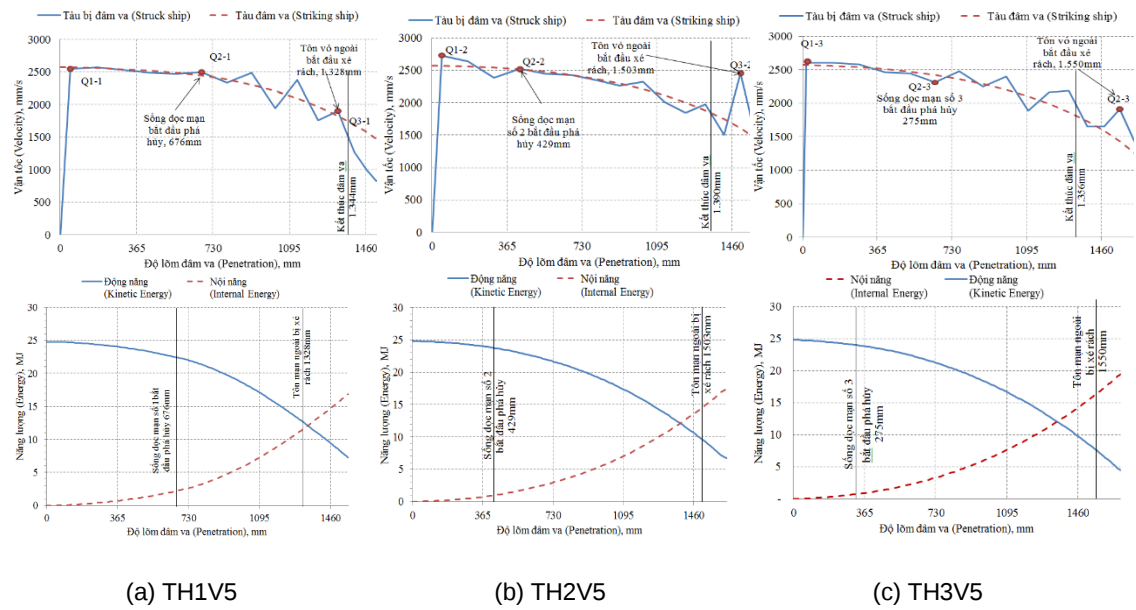
Hình 5. Điều kiện biên của bài toán va chạm mạn tàu.

Bảng 1. Điều kiện biên của mô hình

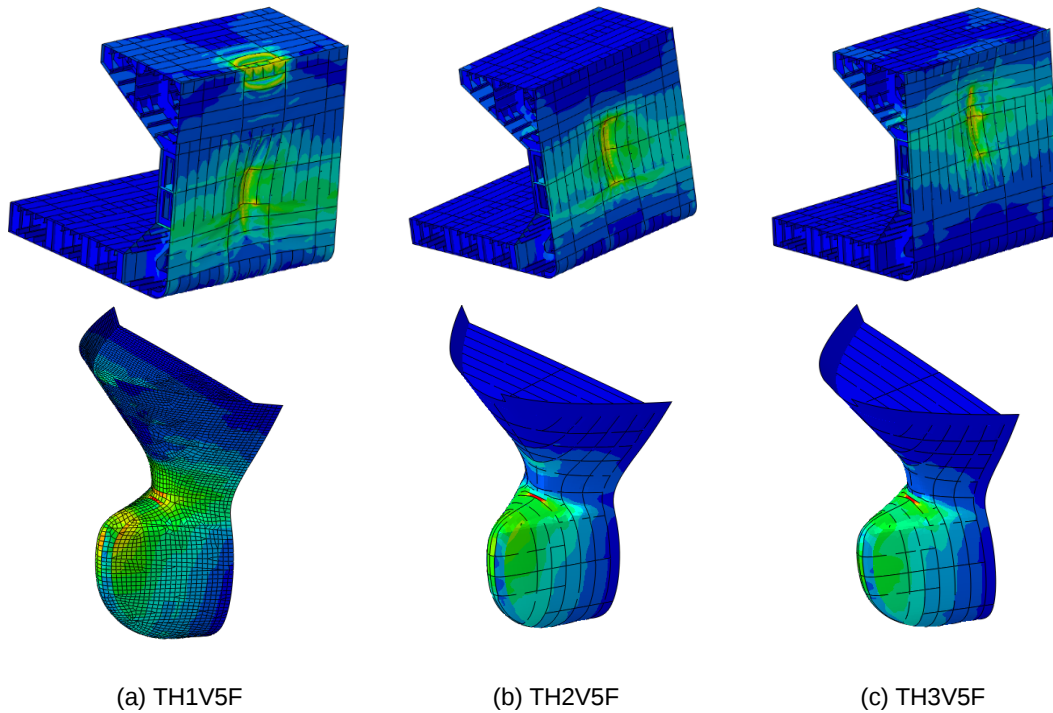
	RP1	RP2	Ghi chú
Trục 1 theo chiều ngang tàu	$U1 = 0$	$U1 = 0$	U – Chuyển vị UR – Góc xoay
Trục 2 theo chiều dọc tàu	$U2 = 0$ $UR2 = 0$	$UR2 = 0$	
Trục 3 theo chiều cao tàu	$U3 = 0$ $UR3 = 0$	$U3 = 0$ $UR3 = 0$	



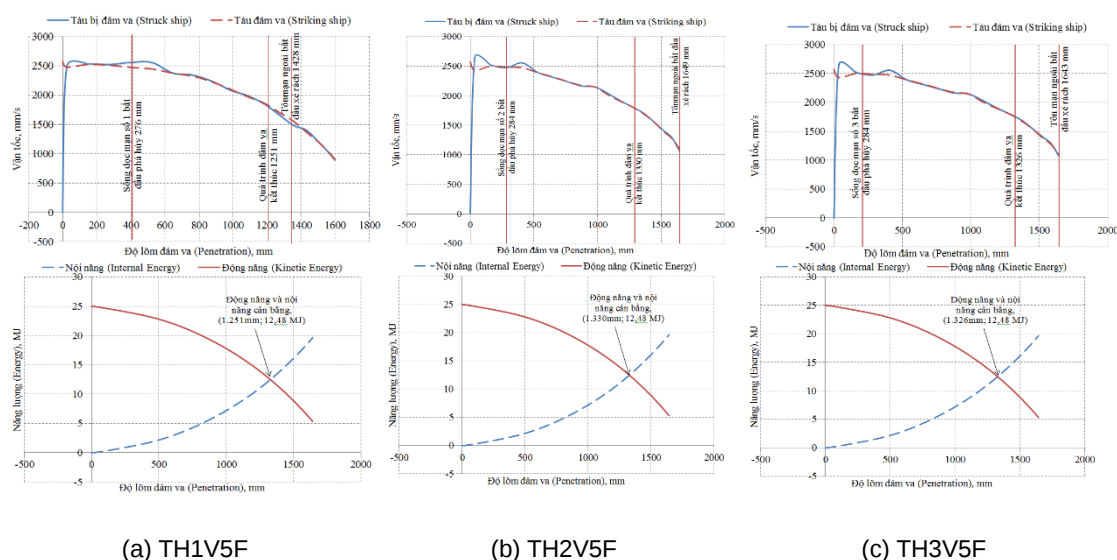
Hình 6. Biến dạng của mạn đôi tàu bị va chạm trong cả 3 trường hợp



Hình 7. Đồ thị biểu diễn vận tốc và năng lượng của hai tàu theo độ lõm đâm và



Hình 8. Biến dạng của mạn đôi tàu bị đâm và và mũi quả lê của tàu đâm và trong cả 3 trường hợp



Hình 9. Đồ thị vận tốc và năng lượng theo độ lõm đâm va của cả hai tàu

3.2. Đối với trường hợp mũi quả lê là vật rắn biến dạng

Biến dạng của mạn đôi tàu bị đâm va và mũi quả lê của tàu đâm va được thể hiện ở hình 8, giá trị vận tốc và năng lượng của hai tàu theo độ lõm đâm va được thể hiện ở hình 9.

4. KẾT LUẬN

Đối với tàu đâm va là mũi quả lê tuyệt đối cứng thì động năng tiêu hao chỉ có mạn đôi tàu bị đâm va hấp thụ. Đối với trường hợp mũi tàu tàu đâm va là vật rắn biến dạng thì động năng tiêu hao được hấp thụ bởi cả hai tàu.

Sai số động năng tiêu hao khi kết thúc va chạm giữa kết quả mô phỏng với lý thuyết dưới 3% theo giá trị thống kê ở bảng 2.

Trong đó giá trị lý thuyết được tính theo công thức (1):

$$\Delta E_d = - \frac{1}{2} \frac{M_s M_i}{M_s + M_i} V_0^2, \quad \text{kJ} \quad (1)$$

Với M_s (tấn) là khối lượng của tàu đâm va, M_i (tấn) là khối lượng của tàu bị đâm va, V_0 (m/s) là vận tốc của tàu đâm va, sau khi đâm va hai tàu chuyển động cùng nhau với vận tốc V (m/s).

Trong trường hợp TH1V5 kết cấu mạn tàu không đảm bảo độ bền khi bị tai nạn đâm va, kết quả mô phỏng được so sánh với tiêu chuẩn NORSOK [14] như bảng 3.

Việc thay vật liệu có độ cứng lớn hơn, vượt quá dài độ bền uốn cho thép đóng tàu được quy định trong Quy phạm 2010 [3] là không đúng đắn vì làm giảm khả năng lan truyền xung lực va chạm, tức là làm giảm khả năng ngăn cản đâm va, hay nói cách khác độ bền của kết cấu khi bị đâm va sẽ giảm đi.

Bảng 2. So sánh kết quả mô phỏng với lý thuyết va chạm

	TH1V5	TH1V5F	TH2V5	TH2V5F	TH3V5	TH3V5F
Ms (tấn)	7.497					
Mi (tấn)						
V0 (m/s)	2,572					
ΔE_d	12,398 MJ					
Mô phỏng	12,1 MJ	12,48MJ	12,11MJ	12,48MJ	12,06 MJ	12,48MJ
Sai số	2,4%	0,7%	2,3%	0,7%	2,7%	0,7%

Bảng 3. So sánh kết quả mô phỏng với tiêu chuẩn NORSOK

	Kết quả mô phỏng	Tiêu chuẩn NORSOK	Đánh giá
TH1V5	11,7 MJ	14 MJ	Không đạt
TH2V5	14,47 MJ		Đạt
TH3V5	16,3 MJ		Đạt

Assessment the strength of steel ship structures in collision damaged by simulation method

• **Huynh Van Vu**

Department of Naval Architecture and Marine Engineering, Nha Trang University

ABSTRACT

This paper presents the strength assessment results in collision damaged condition between the 20000 DWT steel ship with bulbous bow of another ship by simulation method. The simulation collision

studies have been performed using the FEM through the Abaqus/Explicit. This research investigates six cases which three cases the striking ship velocity is 5 knot and three cases expand.

Key words: strength of ship structures, ship collision, simulation, Abaqus.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Công ty TNHH MTV Đóng tàu Cam Ranh, 2013, “Báo cáo Quyết toán khối lượng của tàu 20.000 DWT năm 2013 của Công ty Đóng tàu Cam Ranh”.
- [2]. Vũ Duy Cường (2002), Cơ học lý thuyết, Đại học Quốc gia thành phố Hồ Chí Minh.
- [3]. Quy chuẩn Kỹ thuật Quốc gia (2010), Quy phạm phân cấp và đóng tàu biển vỏ thép, Cục Đăng kiểm Việt Nam.
- [4]. Đặng Trần Quốc Tánh (2014), Đánh giá độ bền va đập của trọng vật lên tấm kết cấu có nẹp gia cường của kết cấu thân tàu, đề tài tốt nghiệp ngành Kỹ thuật tàu thủy, Khoa Kỹ Thuật Giao Thông, trường Đại học Nha Trang.
- [5]. Nguyễn Quốc Thái, Nguyễn Thế Kỳ, Lê Công Huy, Hà Tấn Phát, Vũ Công Hòa, Nguyễn Tường Long, “Va chạm phá hủy kết cấu khung sàn không gian”, Bộ Môn Cơ Kỹ Thuật, Đại Học Bách Khoa, Tp. Hồ Chí Minh, Việt Nam.
- [6]. Viện Nghiên cứu chế tạo tàu thủy, (2008), “Kết quả thử nghiệm thép tấm (12mm)”, trường Đại học Nha Trang.
- [7]. Det Norske Veritas (2010), Recommended Practice Det Norske Veritas DNV-RP-C204: Design against Accidental Loads.
- [8]. Donghui Chen (2000), Simplified Ship Collision Model, PhD thesis of Science in Ocean Engineering, Blacksburg, Virginia.
- [9]. Krzysztof Wísniowski, Przemyslaw Kolakowski (2002), “The effect of selected parameters on ship collision results by dynamic finite element simulations”, Finite Elements in Analysis and Design, 39 (2003) 985 – 1006, pp. 1-22.
- [10]. HSE (Health & Safety Executive) book (2001), Collision resistance of ship-shaped structures to side impact, MSL Engineering Limited 5-7 High Street, Sunninghill, Ascot, Berkshire, SL5 9NQ.
- [11]. Miguel Angel Gonzales Calle, Marcilio Alves (2011), Ship Collision: A Brief Survey, 21st Brazilian Congress of Mechanical Engineering, Proceedings of COBEM 2011
- [12]. O. Ozguc, P.K. Das, N. Barltrop & M. Shahid (2006), “Numerical Modeling of Ship Collision Based on Finite Element Codes”, 3rd International ASRANet Colloquium, Glasgow, UK, pp. 1-9.
- [13]. Shengming Zhang (1999), The Mechanics of Ship Collisions, Department of Naval Architecture and Offshore Engineering, Technical University of Denmark.
- [14]. Standards Norway (2004), NORSOK Standards: Design of steel structures, Strandveien 18, P.O. Box 24, 2N-1326 Lysaker, Norway.
- [15]. Wu F., Robert Spong, Ge Wang (2003), “Using Numerical Simulation to Analyze Ship Collision”, ABS Technical Papers 2004, pp. 1-8.