

[11]. PGS.TS.Phạm Văn Thứ. Cơ sở lý thuyết độ tin cậy công trình. NXB. Hàng hải - 2014.

Ngày nhận bài: 02/3/2017

Ngày phản biện: 23/3/2017

Ngày duyệt đăng: 26/3/2017

NGHIÊN CỨU TÁC ĐỘNG TỔNG HỢP CỦA GIÓ VÀ DÒNG CHẢY ĐẾN TÀU THỦY TẠI CẢNG XĂNG DẦU CÙ LAO TÀO - VŨNG TÀU RESEARCH ON THE COMBINED WIND - TIDAL STREAM TO THE SHIP IN CU LAO TAO - VUNG TAU PETROLEUM PORT

**PHẠM KỲ QUANG¹, VŨ VĂN DUY¹, NGUYỄN XUÂN PHƯƠNG²,
NGUYỄN THÀNH NHẬT LAI², NGUYỄN VĂN CANG², PHẠM NGUYỄN ĐĂNG KHOA³**

¹ Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

² Trường Đại học Giao thông vận tải TP. Hồ Chí Minh

³ Công ty Cổ phần Âu Lạc, TP. Hồ Chí Minh

Tóm tắt

Từ việc khảo sát thực địa tại khu cảng xăng dầu Cù Lao Tào - Vũng Tàu, nhóm tác giả đã ghi nhận một số vụ tai nạn hàng hải do tác động tổng hợp của gió và dòng chảy (dòng do thủy triều tạo ra) đến tàu thủy khi đang làm hàng gây ra sự cố đứt dây buộc, tàu trôi dạt, đứt ống dẫn dầu, ... Nhóm tác giả xây dựng mô hình nghiên cứu và quy trình tính toán mô phỏng nhằm đánh giá lực tác động tổng hợp của gió và dòng chảy đến tàu thủy với thông số minh họa của tàu M/V TAN CANG FOUNDATION. Đồng thời đưa ra khuyến cáo nhằm nâng cao an toàn hàng hải tại khu vực.

Từ khóa: Gió và dòng chảy, tàu thủy, cảng xăng dầu Cù Lao Tào, CFD.

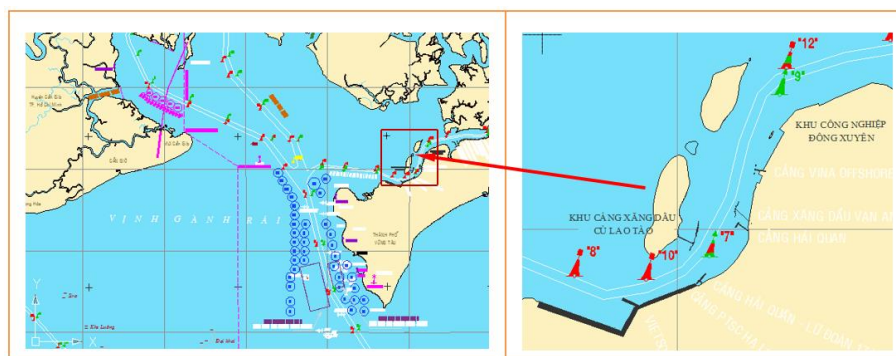
Abstract

According to the field surveys at the Cu Lao Tao - Vung Tau petroleum port, the authors recorded some maritime accidents with the reasons of the combined wind - tidal stream effects to the ship when exchanging, causing trouble off leash, drift the ship, broken pipeline, ... The authors built the researching model, calculation and simulation process to assess the combined impact of the wind and current to the ship according to particular of M/V TAN CANG FOUNDATION. At the same time, the recommendations of the maritime safety in this area were shown.

Keywords: Wind and tidal stream, ship, the Cu Lao Tao petroleum port, computational fluid dynamics.

1. Đặt vấn đề

Kho chứa xăng, dầu Cù Lao Tào - Vũng Tàu, với công suất 150.000 m³, gồm: Hệ thống sáu bồn chứa xăng dầu, bến phao neo tàu có khả năng đón tàu trọng tải 50.000 DWT, hệ thống đường ống ngầm dài 5 km từ bến phao neo về kho, hệ thống cầu cảng, công trình phòng cháy, chữa cháy tại chỗ, ... Những năm gần đây, tại khu cảng xăng dầu Cù Lao Tào (hình 1) đã xảy ra một số vụ tai nạn hàng hải nghiêm trọng, một trong những nguyên nhân chính là do sự tác động tổng hợp của gió và dòng chảy lên tàu.



Hình 1. Khu vực cảng xăng dầu Cù Lao Tào - Vũng Tàu

Nhóm tác giả đã nghiên cứu thực tế và đã có thông tin cụ thể về 02 vụ tai nạn hàng hải nghiêm trọng như sau:

- Vào 05 giờ 30 phút ngày 24/12/2010 đã xảy ra tai nạn hàng hải do sự cố đứt dây buộc tàu FPMC 19 khi tàu M/T WEICHI, cảng đăng ký Hồng Kông, trọng tải 45854 DWT, đang neo đậu làm hàng tại bến phao neo 50.000 DWT, hậu quả làm tàu bị đứt 14 dây buộc, tàu bị trôi dạt và kéo gãy tuyến ống nhập xăng dầu của bến phao neo. Tai nạn không gây thiệt hại về người nhưng làm dầu D.O chứa trong tuyến ống đã bị tràn ra biển, gây ô nhiễm môi trường biển.

- Vào 06 giờ 10 phút ngày 19/10/2012 xảy ra tai nạn hàng hải do sự cố đứt dây buộc tàu M/T NORD OPTIMISER, mang cờ Liberia, trọng tải 47407 DWT, khi tàu đang neo đậu, làm hàng tại bến phao neo tàu dầu 50.000 DWT của kho xăng dầu Cù Lao Tào, đã làm tàu bị đứt 15 dây, trôi dạt gây hư hại một số ống mềm loại 12 inch và gãy đầu ống cứng chữ Z thuộc hệ thống tuyến ống nhập xăng dầu của bến phao. Tai nạn không gây thiệt hại về người và không gây ô nhiễm môi trường.

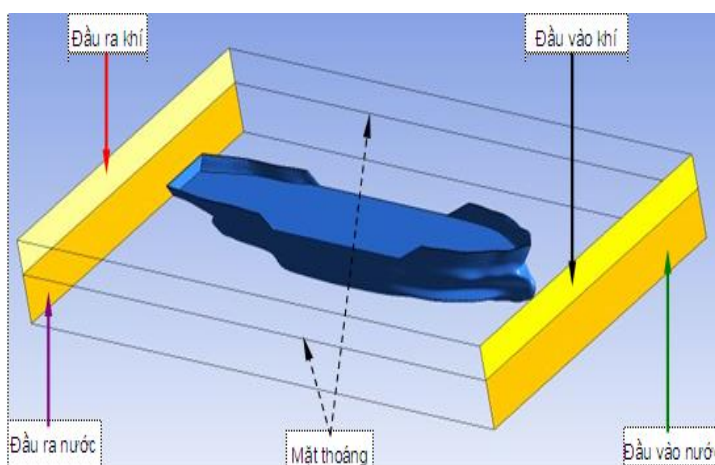
Kết quả điều tra tai nạn chỉ rõ: Nguyên nhân chính dẫn đến tai nạn là do thiết kế, đầu tư xây dựng tuyến bến phao neo đậu tạo với hướng dòng chảy góc khoảng 70° , dưới tác động của dòng chảy mạnh (kết hợp với tác động cùng chiều của gió), tạo áp lực rất lớn lên thân tàu và gây đứt các dây buộc tàu. Qua một số tai nạn hàng hải trên cho thấy, việc am hiểu và tính toán cụ thể tác động tổng hợp của gió và dòng chảy tới tàu thủy tại khu neo đậu với các kịch bản khác nhau, sẽ giúp cảng vụ hàng hải, cũng như thuyền trưởng có được giải pháp neo đậu đảm bảo an toàn.

Với đặc điểm khu vực neo đậu đã thiết kế, thông tin về gió và dòng chảy được biết, kết hợp với loại tàu cụ thể, hoàn toàn tính toán mô phỏng tác động của gió và dòng chảy lên tàu, từ đó đưa ra phương án neo đậu tối ưu? Đây là vấn đề đặt ra mang tính thời sự. Tuy nhiên, từ vấn đề khảo sát thực tế, phạm vi bài báo giới hạn xây dựng mô hình nghiên cứu và quy trình tính toán tổng quát nhất. Từ đó phân tích một số kết quả tính toán ảnh hưởng của gió và dòng chảy thông qua việc xác định lực tác dụng tổng hợp.

2. Mô hình nghiên cứu và cơ sở toán học

2.1. Mô hình nghiên cứu:

Nhóm tác giả xây dựng mô hình nghiên cứu, được mô tả theo hình 2 và sử dụng các thông số của M/V TAN CANG FOUNDATION để làm ví dụ minh họa [1, 3]. Từ đó cho phép khảo sát tác động đồng thời gió và dòng chảy đến tàu thủy với độ lớn và phương chiều giả định. Phần thân tàu sẽ được xây dựng lại từ bản vẽ tuyến hình theo hồ sơ tàu, điều này cho phép xây dựng quy trình nghiên cứu cho nhiều chủng loại tàu. Chú ý áp dụng tiêu chuẩn đồng dạng cho các thông số hình học và động lực học là Froude. Các điều kiện biên cụ thể là:



Hình 2. Mô hình nghiên cứu và các điều kiện biên

- Đầu vào và đầu ra của pha nước thể hiện tác động dòng chảy đến tàu thủy;
- Đầu vào và đầu ra của pha khí thể hiện ảnh hưởng gió tác động đến tàu thủy.
- Mặt thoáng ranh giới giữa hai pha nước và pha khí. Thân tàu được định nghĩa là tường cố định. Giá trị đầu vào của pha nước và pha khí được thể hiện bằng độ lớn và phương chiều tác động.

2.2. Cơ sở toán học

Ứng dụng CFD (Computational Fluid Dynamics), bao gồm phần mềm chuyên dụng Fluent-Ansys, để giải bài toán hai pha cùng tồn tại (pha nước và pha khí), có mặt thoáng phân cách giữa hai pha, với phương pháp sử dụng là VOF (Volume of Fluid) và một số kỹ thuật giải như $k-\epsilon$, $k-\omega$,... kết hợp các hệ số thực nghiệm khác [1, 4]. Phương pháp VOF giải phương trình vi phân chủ đạo

cho hỗn hợp nhiều pha, bằng cách đưa thêm đại lượng tỷ lệ thể tích pha, gọi α_k là tỷ lệ thể tích pha thứ k, khi đó:

$$\sum_{k=1}^n \alpha_k = 1 \tag{1}$$

Với ρ_k là khối lượng riêng của pha thứ k, khi đó khối lượng riêng của hỗn hợp là:

$$\rho = \sum_{k=1}^n \alpha_k \rho_k \tag{2}$$

Từ đó, giải các phương trình vi phân chủ đạo, để xác định các đại lượng đặc trưng:

$$\frac{\partial \alpha_k}{\partial t} + \nabla (\alpha_k \vec{v}_k) = \frac{1}{\rho_k} \left[s_{\alpha_k} + \sum_{k=1}^n (\dot{m}_{pk} - \dot{m}_{kp}) \right] \tag{3}$$

Tỷ lệ thể tích được xác định theo các bước thời gian:

$$\frac{\alpha_k^{n+1} \rho_k^{n+1} - \alpha_k^n \rho_k^n}{\Delta t} + \sum_f (\rho_k^{n+1} U_k^{n+1} \alpha_{kf}^{n+1}) = \left[s_{\alpha_k} + \sum_{k=1}^n (\dot{m}_{pk} - \dot{m}_{kp}) \right] V \tag{4}$$

Trong đó: (n+1) - bước thời gian hiện tại; n - bước trước đó; α_{kf} - giá trị danh nghĩa của tỷ lệ thể tích pha thứ k; V - thể tích phần tử tính toán; U_i - thể tích dòng qua bề mặt theo phương pháp tuyến; \dot{m}_{pk} - khối lượng chuyển từ pha p tới pha k; \dot{m}_{kp} - khối lượng chuyển từ pha k tới pha p; $s_{\alpha_k} = 0$.

Có thể xác định trường vận tốc và năng lượng qua phương trình động lượng và phương trình năng lượng:

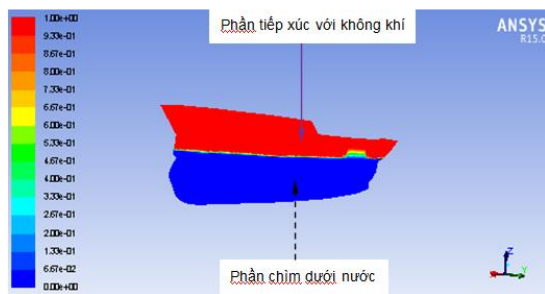
$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho \vec{v}) + \nabla (\rho \vec{v} \vec{v}) = -\nabla p + \nabla [\mu (\nabla \vec{v} + \nabla \vec{v}')] + \rho \vec{g} + \vec{F} \tag{5}$$

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho E) + \nabla (\vec{v} (\rho E + p)) = \nabla (k_{eff} \nabla T) + s_h \tag{6}$$

Trong đó: E - năng lượng; T - nhiệt độ và E được xác định là:

$$E = \sum_{k=1}^n \alpha_k \rho_k E_k / \sum_{k=1}^n \alpha_k \rho_k \tag{7}$$

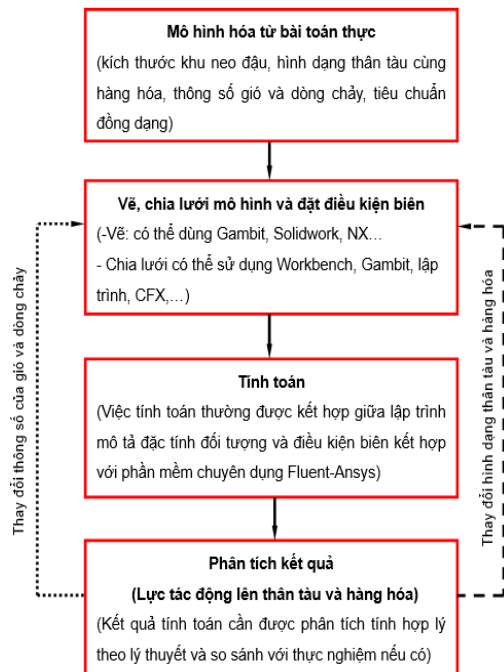
3. Xây dựng qui trình tính toán



Hình 4. Kết quả tính toán mô phỏng phân bố hai pha (pha khí và nước) quanh tàu thủy

Với mục tiêu đưa ra qui trình nghiên cứu chung tác động tổng hợp của gió và dòng chảy đến tàu thủy, thông số gió và dòng chảy được ghi nhận từ khu vực neo đậu Vũng Tàu theo các thời điểm khác nhau, nhóm tác giả xây dựng qui trình nghiên cứu qua sơ đồ hình 3.

Chú ý rằng: Với một loại tàu và kích thước khu vực làm hàng cụ thể, sẽ không thay đổi mô hình mà chỉ thay đổi điều kiện biên là đầu vào với cường độ



Hình 3. Sơ đồ quy trình tính toán mô phỏng

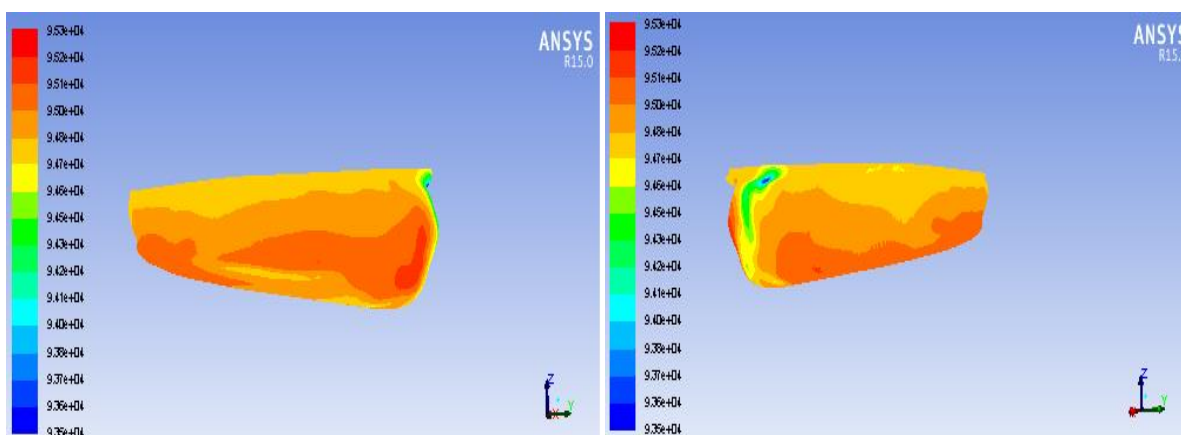
và phương chiều của gió và dòng chảy khác nhau. Với loại tàu khác cần phải vẽ lại mô hình và chia lưới trước khi tính toán mô phỏng.

Với mục tiêu đưa ra qui trình nghiên cứu chung tác động tổng hợp của gió và dòng chảy đến tàu thủy, thông số gió và dòng chảy được ghi nhận từ khu vực neo đậu Vũng Tàu theo các thời điểm khác nhau, nhóm tác giả xây dựng qui trình nghiên cứu qua sơ đồ hình 3.

Chú ý rằng: Với một loại tàu và kích thước khu vực làm hàng cụ thể, sẽ không thay đổi mô hình mà chỉ thay đổi điều kiện biên là đầu vào với cường độ và phương chiều của gió và dòng chảy khác nhau. Với loại tàu khác cần phải vẽ lại mô hình và chia lưới trước khi tính toán mô phỏng.

4. Phân tích một số kết quả tính toán mô phỏng cùng phần mềm Fluent - Ansys

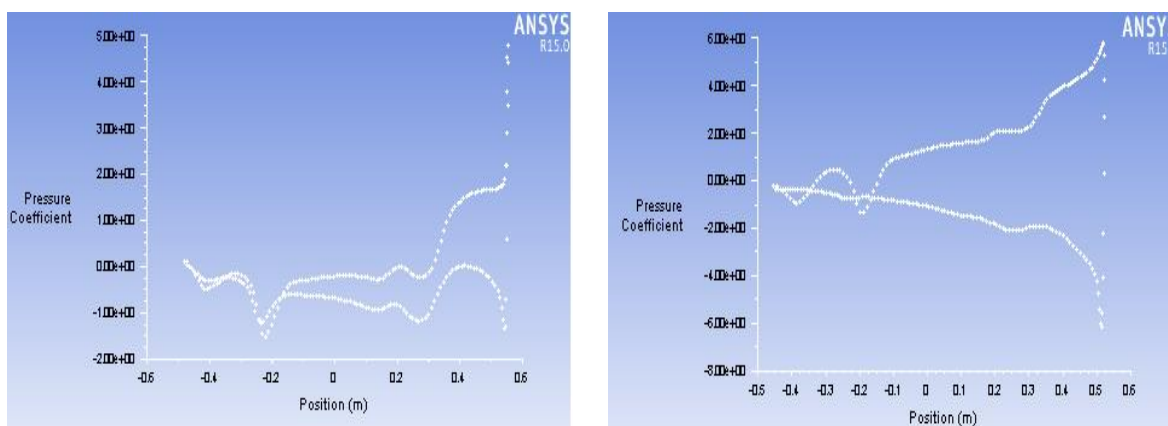
Hình 4 mô tả kết quả tính toán mô phỏng phân bố hai pha (pha khí và pha nước) xung quanh tàu thủy [1, 2, 4], nhận xét rằng: Giá trị tính toán cụ thể tương ứng ô cột màu bên phải của hình. Phần mạn khô có phần trăm pha khí là 100%, tương tự cho phần thân tàu chìm dưới nước có phần trăm pha nước là 100%, phân giao nhau được gọi là mặt thoáng.



Hình 5. Kết quả tính toán mô phỏng phân bố áp suất phần chìm dưới nước: a) Mạn phải; b) Mạn trái

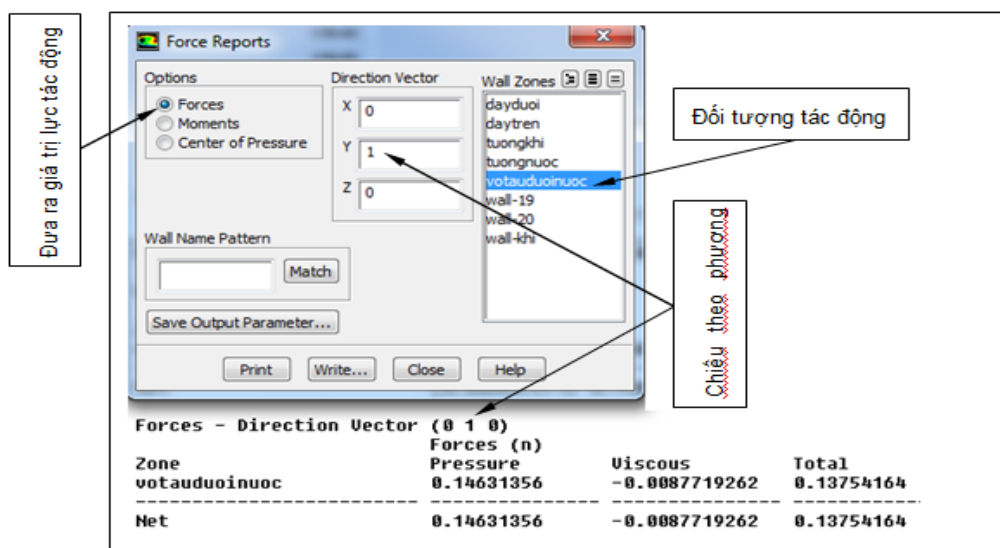
Sau khi tính toán mô phỏng, hoàn toàn xác định được các thành phần, chẳng hạn: áp suất, phân bố pha, phân bố hệ số áp suất,... trong không gian tính toán. Từ đó xác định lực tác động theo các phương và chiều khác nhau, đây là cơ sở để đưa ra phương án buộc dây phù hợp nhất.

Hình 5 mô tả kết quả tính toán mô phỏng phân bố áp suất phần chìm dưới nước hai bên mạn tàu, các giá trị tính toán được hiển thị tương ứng cột màu bên phải của hình. Phần mũi tàu do tác động mạnh của yếu tố ngoại cảnh và lực cản, làm cho áp suất phân bố hai bên mạn lớn hơn và tập trung hơn.



Hình 6. Kết quả tính toán mô phỏng phân bố hệ số áp suất phần chìm dưới nước khi có sự thay đổi hướng tàu thủy: a) HT = 005°; b) HT = 020°

Hình 6 đưa ra kết quả tính toán mô phỏng phân bố hệ số áp suất phần chìm dưới nước khi có sự thay đổi hướng tàu thủy cụ thể là $HT = 005^{\circ}$ và $HT = 020^{\circ}$, rõ ràng khoảng cách phân bố hệ số áp suất giữa 2 đường tăng lên cao rõ rệt khi có sự thay đổi hướng chuyển động của tàu thủy [1, 2, 3, 4].



Hình 7. Kết quả tính toán mô phỏng lực tác động lên phần thân tàu dưới nước

Hình 7 mô tả kết quả tính toán lực tác động của gió cũng như dòng chảy lên vỏ tàu và hàng hóa theo các phương, chiều khác nhau.

4. Kết luận

Trên cơ sở khảo sát và phân tích một số tai nạn hàng hải tại khu cảng xăng dầu Cù Lao Tào - Vũng Tàu, bài báo đã xây dựng mô hình nghiên cứu sự tác động tổng hợp của gió và dòng chảy lên tàu thủy. Từ đó thực hiện xây dựng qui trình tính toán mô phỏng tác động của gió và dòng chảy thông qua việc xác định lực tác dụng tổng hợp ảnh hưởng đến tàu thủy áp dụng với mọi chủng loại tàu nói chung với việc sử dụng phần mềm chuyên dụng Fluent-Ansys. Đồng thời để nhấn mạnh một số kết quả tính toán mô phỏng tương tự cần đạt được, nhóm nghiên cứu đã sử dụng các thông số đầu vào của M/V TAN CANG FOUNDATION nhằm minh chứng cho quy trình đưa ra.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Prof. Dr. Luong Cong Nho, Prof. Dr. Pham Ky Quang, Dr. Vu Van Duy, PhD. Student Bui Van Cuong, PhD. Student Co Tan Anh Vu, PhD. Student Nguyen Thanh Nhat Lai. *Calculation and simulation of the current effects on maritime safety in Haiphong fairway, Vietnam*. International Association of Maritime Universities, 17th Annual General Assembly, 26 - 29 October, Vietnam, pp. 170 - 179.
- [2]. PGS. TS. Phạm Kỳ Quang, TS. Vũ Văn Duy, NCS. Nguyễn Thành Nhật Lai. *Tính toán mô phỏng lực gia thêm tác động lên tàu thủy khi thay đổi hướng chuyển động*. Tạp chí "Khoa học Công nghệ Giao thông vận tải", № 18, 02/2016, tr. 19 - 21.
- [3]. Hồ sơ M/V TAN CANG FOUNDATION cùng số liệu nghiên cứu thực địa tháng 12/2015 và 5/2016.
- [4]. www.ansys.com.

Ngày nhận bài: 17/12/2016
 Ngày phản biện: 07/01/2017
 Ngày chỉnh sửa: 20/02/2017
 Ngày duyệt đăng: 27/02/2017