

# TÍNH TOÁN MÔ PHỎNG LỰC TÁC ĐỘNG LÊN TÀU THỦY Ở CHẾ ĐỘ ĐẦY TẢI VÀ KHÔNG TẢI KHI THAY ĐỔI TỐC ĐỘ DÒNG CHẢY BAO CALCULATION AND SIMULATION OF IMPACT FORCE ON THE SHIP AT FULL LOAD AND BALLAST CONDITIONS WHEN CHANGING THE AROUND FLOW SPEED

PHẠM KỲ QUANG<sup>1\*</sup>, CỔ TẤN ANH VŨ<sup>2</sup>, PHẠM NGUYỄN ĐĂNG KHOA<sup>3</sup>,  
NGUYỄN VĂN CANG<sup>3</sup>, LÊ ĐỨC BÌNH<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

<sup>2</sup>Học viện Hàng không Việt Nam

<sup>3</sup>Trường Đại học Giao thông vận tải TP. Hồ Chí Minh

\*Email liên hệ: phamkyquang@vimaru.edu.vn

## Tóm tắt

Bài báo ứng dụng CFD (động lực học chất lưu) để tính toán mô phỏng lực tác động lên tàu thủy ở chế độ đầy tải và không tải, khi tàu neo đậu tại khu vực Vũng Tàu trong trường hợp tốc độ dòng chảy bao thay đổi. Đối với mỗi tàu cụ thể, đặc tính khu neo đậu, các yếu tố khí tượng thủy văn đã biết. Trên cơ sở này, áp dụng CFD tính toán và mô phỏng lực tác động lên vỏ tàu thủy cho đối tượng cụ thể là M/T AU LAC JUPITER, trọng tải 13.654 DWT, theo tiêu chuẩn đồng dạng Froude, hệ số đồng dạng hình học  $k=100$ , xét trong trường hợp đầy tải và không tải.

**Từ khóa:** Lực tác động tàu thủy, chế độ đầy tải, chế độ không tải, dòng chảy bao, CFD.

## Abstract

The article focuses on CFD (Computational fluid dynamics) application with Fluent-Ansys to calculate and simulate the impact force on the ship at full load and ballast conditions when anchoring in the Vung Tau in the case of changing around flow speed. For each ship, the anchorage area characteristics, and hydrometeorological factors are known. On this basis, the article applied CFD to calculate and simulate the impact force on a hull of a ship for the known object is M/T AU LAC JUPITER which has 13.654 DWT, according to Froude standard, coefficient  $k=100$ , in the case of full load and ballast conditions.

**Keywords:** Impact force on the ship, full load condition, ballast condition, around flow, CFD.

## 1. Đặt vấn đề

Trong những năm gần đây, đã xảy ra một số vụ tai nạn hàng hải nghiêm trọng tại khu neo đậu Vũng Tàu, mà nguyên nhân chính là do tác động dòng chảy bao dẫn đến trôi neo và va chạm tàu khác. Từ thực tế tại khu vực neo đậu Vũng Tàu, với số liệu khảo sát vận tốc dòng chảy bao  $V = \{0,20; 0,25; 0,30; 0,35; 0,40\}$ , (knot), đặc điểm dòng chảy rối đa pha - “Transition SST”, xét trong trường hợp tàu chờ đầy tải, không tải (chế độ ballast), do tác động tốc độ dòng chảy bao quanh tàu (V), đã tạo ra sự phân bố về áp suất hai bên vỏ tàu thủy. Từ đó dẫn đến lực tác động lên tàu thủy (F), lực tác động này phụ thuộc vào sự thay đổi của tốc độ dòng chảy bao.

Để minh họa rõ vấn đề nghiên cứu, bài báo ứng dụng CFD với Flyent-Ansys đối với bài toán hai pha (nước và khí), kỹ thuật giải VOF (Volume of fluid), để tính toán mô phỏng lực tác động lên vỏ tàu thủy cho đối tượng cụ thể là M/T AU LAC JUPITER, trọng tải 13.654DWT, số liệu đồng dạng theo tiêu chuẩn Froude, trong trường hợp đầy tải và không tải.

Giới hạn điều kiện tính toán:

- Mớn nước khi tàu đầy tải  $T = 8,1$ cm; khi không tải  $T = 2,1$ cm, theo tiêu chuẩn đồng dạng Froude với hệ số  $k = 100$ .

- Vận tốc dòng chảy bao thay đổi tại khu vực Vũng Tàu:  $V = \{0,20; 0,25; 0,30; 0,35; 0,40\}$ , (knot); không xét đến ảnh hưởng của gió, yếu tố nghiêng và chúi.

Mô hình tàu được quy đổi theo tiêu chuẩn đồng dạng Froude như sau:

$$F_n = \frac{V_s}{L.g} \quad (1)$$

$$\frac{(L_m \cdot g_m)^{1/2}}{V_m} = \frac{(L_s \cdot g_s)^{1/2}}{V_s} \quad (2)$$

Suy ra:  $\frac{V_s}{V_m} = \sqrt{k}$  và  $\frac{S_s}{S_m} = k^2$ ;

$$F_s = k^3 \times F_m; \quad M_s = k^4 \cdot M_m; \quad k = \frac{L_s}{L_m} \quad (3)$$

Trong đó:  $L(m)$  - Chiều dài đặc trưng, với bài toán này L là chiều dài tàu;  $g$  - Gia tốc trọng trường,  $g=9,8m/s^2$ ;

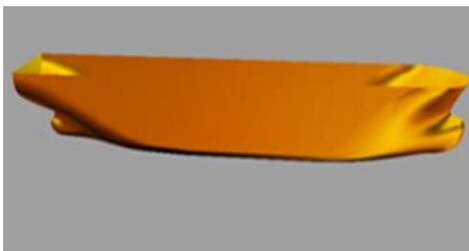
$F_s, F_m$  - Lực tác động theo bài toán thực và mô hình;

$M_s, M_m$  - Mô men theo bài toán thực và mô hình.

Giá trị đầu ra: Sự phân bố áp suất, lực tác động lên tàu thủy.



a) Tàu thật



b) Tàu mô hình

**Hình 1. M/T AU LAC JUPITER**

Hình 1 mô tả M/T AU LAC JUPITER theo dạng tàu thật và tàu mô hình đồng dạng theo tiêu chuẩn Froude, với hệ số hình học  $k = 100$ .

**2. Quy trình tính toán và mô phỏng bằng CFD**

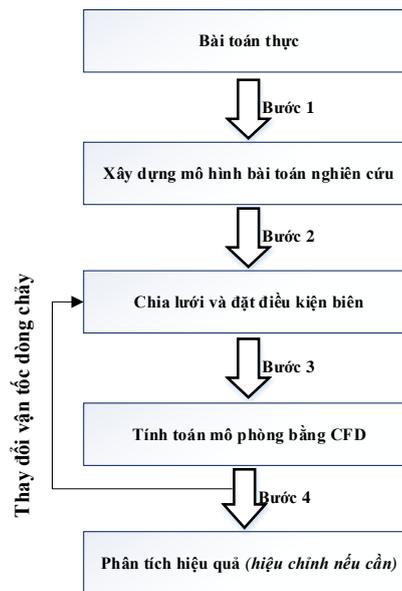
Quy trình này thực hiện thông qua các bước trong Hình 2. Đồng thời diễn giải quy trình các bước cụ thể:

Bước 1: Xây dựng bài toán nghiên cứu.

Đảm bảo bám sát bài toán thực tế nhất (Hình 1). Thực tế, một số yếu tố phải giả định (như độ nhẵn vỏ tàu, độ võng lin neo,...), dẫn đến sai số nhất định cho của mô hình đồng dạng.

Bước 2: Chia lưới cho không gian tính toán và đặt điều kiện biên.

- Thực hiện vẽ mô hình bài toán 3D bằng phần mềm Solidwork. Sử dụng phần mềm Workbench-Ansys để chia lưới, đảm bảo lưới mịn và số lượng lưới phù hợp theo yêu cầu kỹ thuật.



**Hình 2. Quy trình tính toán mô phỏng lực tác động tàu thủy bằng CFD**

- Giới hạn điều kiện biên: Đầu vào là vận tốc của dòng chảy bao; đầu ra: Phân bố áp suất, lực tác động.

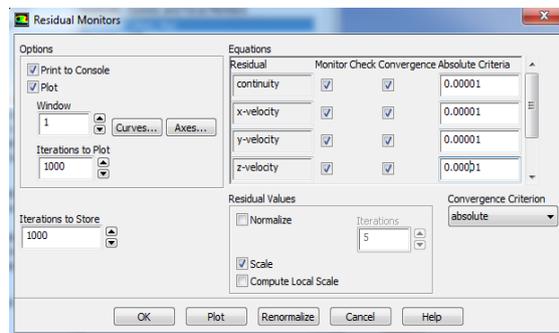
Bước 3: Tính toán mô phỏng bằng CFD.

Thực hiện kỹ năng sử dụng chương trình CFD với Fluent - Ansys cho yêu cầu của bài toán, đảm bảo các yêu cầu chính như: Lựa chọn điều kiện tính toán, giá trị vận tốc dòng chảy cho một điểm tính toán; điều kiện hội tụ,...

Bước 4: Phân tích kết quả (hiệu chỉnh nếu cần).

- Kết quả tính toán thỏa mãn theo tiêu chuẩn hội tụ, chương trình CFD sẽ dừng và sẽ phân tích kết quả thu được theo mục đích của bài toán nghiên cứu đặt ra, nếu chưa thỏa mãn thì tiếp tục hiệu chỉnh.

- Khi thay đổi vận tốc dòng chảy V theo giới hạn điều kiện tính toán (món nước  $T = 8,1cm$  - Điều kiện đầy tải;  $T = 2,1cm$  - Không tải), thì đặt lại giá trị vận tốc đầu vào và triển khai tính toán từ bước 3.



**Hình 3. Đặt điều kiện hội tụ cho các biến tính toán**

Hình 3 đưa ra cửa sổ thể hiện điều kiện hội tụ, được đặt là  $10^{-5}$  và ghi lại diễn biến sai số trong suốt quá trình tính toán, CFD với Fluent - Ansys giải trên từng vòng lặp và bài toán sẽ hội tụ, khi sai số của tất cả biến đạt dưới  $10^{-5}$ , phù hợp điều kiện tính toán.

### 3. Phân tích kết quả tính toán mô phỏng lực tác động lên tàu thủy bằng CFD

Hình 4 đưa ra kết quả hình ảnh lưới chia, được thực hiện bằng phần mềm Workbench-Ansys, tuyến hình tàu và số liệu liên quan được tham khảo từ hồ sơ M/T AU LAC JUPITER. Kết quả thu được loại lưới chia là Polyhedra, đảm bảo độ mịn nhất, với miền chia lưới, số nút lưới và phần tử lưới khi tàu đầy tải và không tải theo Bảng 1.

**Bảng 1. Miền chia lưới, số lượng nút lưới chia và phần tử lưới khi tàu đầy tải và không tải**

Miền chia lưới	Số nút lưới		Phần tử lưới	
	Đầy tải	Không tải	Đầy tải	Không tải
Đối với pha khí	744.309	186.097	131.693	32.923
Đối với pha nước	765.412	153.082	131.558	32.889
Tổng cộng	1.509.721	339.179	263.251	65.812

**Bảng 2. Tổng hợp giá trị tính toán lực tác động lên tàu thủy khi đầy tải và không tải**

Stt	V (knot)	Giá trị lực tác động F (N), hệ số k = 100	
		Đầy tải	Không tải
1	2,0	180.300	51.300
2	2,5	219.300	62.600
3	3,0	257.700	73.700
4	3,5	308.500	84.700
5	4,0	332.100	95.400

Hình 5 đưa ra kết quả tính toán và mô phỏng phân bố áp suất trên tàu thủy ở điều kiện đầy tải và không tải, khi vận tốc dòng chảy  $V = 0,20$  knot. Các trường hợp thay đổi vận tốc còn lại thực hiện tương tự.

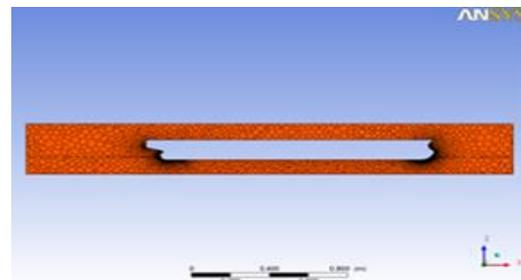
Từ Hình 5 nhận xét rằng: Bên trái là cột của mỗi hình, thể hiện kết quả chi tiết phân bố áp suất xung quanh mạn tàu. Trên cơ sở này sẽ xác định được lực

tác động lên tàu thủy, bằng cách chiếu lên phương Ox dọc trục của tàu, sẽ tìm được thành phần lực (F).

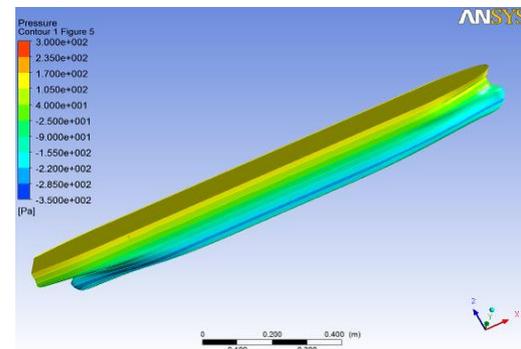
Kết quả tính toán mô phỏng lực tác động lên tàu thủy phần dưới nước bằng CFD, khi tàu đầy tải ở môn nước cố định  $T = 8,1$  cm (Hình 6), không tải ở  $T = 2,1$  cm (Hình 7), với sự thay đổi 5 lần giá trị vận tốc dòng chảy nêu trên, sẽ cho 5 ô cửa sổ kết quả tương ứng.

Từ Hình 6 và Hình 7 là kết quả tổng hợp tính toán lực tác động F khi thay đổi vận tốc dòng chảy bao và chuyển sang giá trị tàu thực, theo hệ số  $k = 100$ , được mô tả theo Bảng 2.

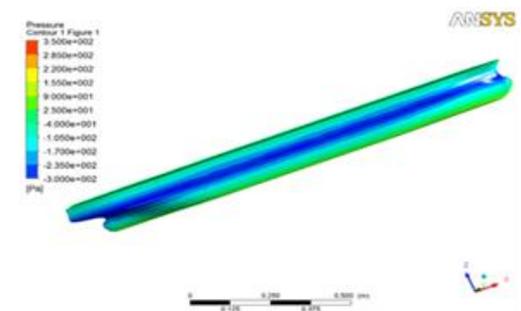
Từ kết quả đạt được theo Bảng 2, xây dựng đồ thị mô tả mối quan hệ giữa lực tác động lên tàu thủy và vận tốc dòng chảy minh họa trường hợp thay đổi khi tàu đầy tải, theo Hình 8.



**Hình 4. Kết quả hình ảnh lưới chia**

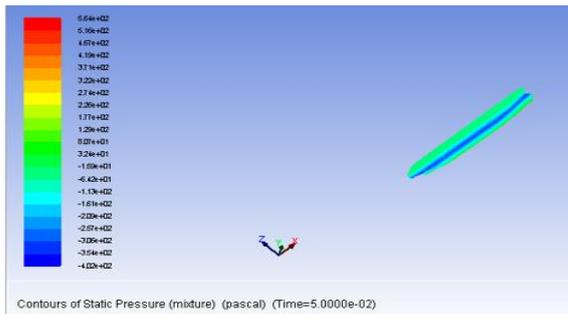


**a) Không tải**



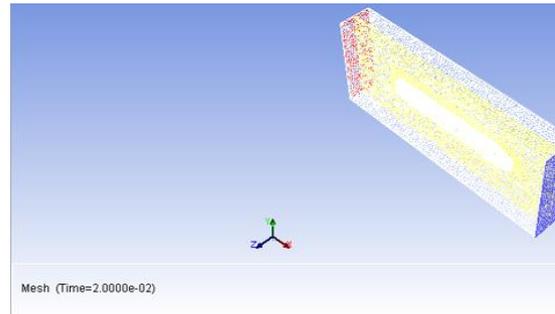
**b) Đầy tải**

**Hình 5. Kết quả phân bố áp suất khi  $V = 0,20$  knot**



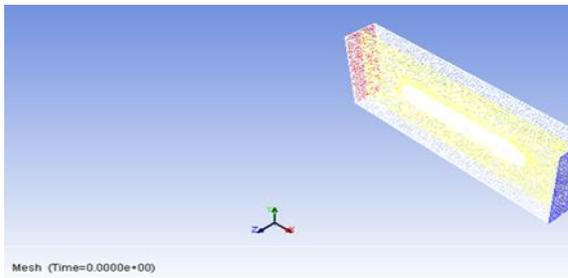
Forces		Forces (n)		
Zone	Pressure			
hull-air		-0.023449369	0.011923694	5.7337141
hull-water		-1.2800962	0.013849229	-3.2549951
<b>Net</b>		<b>-1.3035455</b>	<b>0.025772923</b>	<b>2.478719</b>
Forces - Direction Vector (1 0 0)		Forces (n)		
Zone	Pressure	Viscous	Total	
hull-air	-0.023449369	-0.0022503678	-0.025699737	
hull-water	-1.2800962	-0.49713701	-1.7772332	
<b>Net</b>		<b>-1.3035455</b>	<b>-0.49938738</b>	<b>-1.8029329</b>

a)  $V = 0,20$  knot



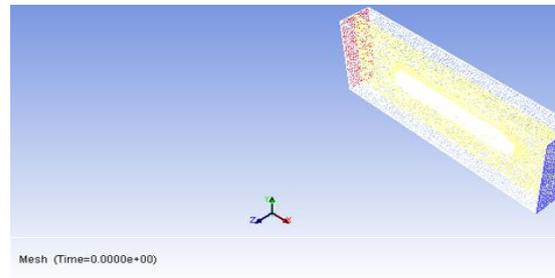
Forces		Forces (n)		
Zone	Pressure			
hull-air		-0.032528695	0.0096244309	5.8562365
hull-water		-1.7886693	0.0094259307	-4.8321989
<b>Net</b>		<b>-1.821198</b>	<b>0.019050362</b>	<b>1.8240376</b>
Forces - Direction Vector (1 0 0)		Forces (n)		
Zone	Pressure	Viscous	Total	
hull-air	-0.032528695	-0.0041329223	-0.036661617	
hull-water	-1.7886693	-0.75181168	-2.540081	
<b>Net</b>		<b>-1.821198</b>	<b>-0.75594461</b>	<b>-2.5771426</b>

c)  $V = 0,30$  knot



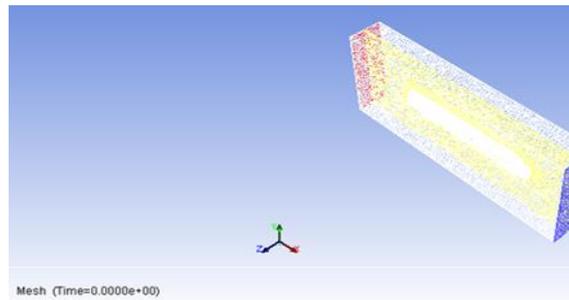
Forces		Forces (n)		
Zone	Pressure			
hull-air		-0.04067833	0.0056884874	5.7111001
hull-water		-2.1149747	-0.0076612621	-4.2980313
<b>Net</b>		<b>-2.1556531</b>	<b>-0.0020527747</b>	<b>1.4130688</b>
Forces - Direction Vector (1 0 0)		Forces (n)		
Zone	Pressure	Viscous	Total	
hull-air	-0.04067833	-0.0055815894	-0.046259919	
hull-water	-2.1149747	-0.92400581	-3.0389805	
<b>Net</b>		<b>-2.1556531</b>	<b>-0.9295874</b>	<b>-3.0852405</b>

b)  $V = 0,25$  knot



Forces		Forces (n)		
Zone	Pressure			
hull-air		-0.04377627	0.0048395912	5.6264157
hull-water		-2.2646556	-0.011644357	-4.4013948
<b>Net</b>		<b>-2.3084319</b>	<b>-0.0068047657</b>	<b>1.2250209</b>
Forces - Direction Vector (1 0 0)		Forces (n)		
Zone	Pressure	Viscous	Total	
hull-air	-0.04377627	-0.0063802884	-0.050156558	
hull-water	-2.2646556	-1.0063356	-3.2709912	
<b>Net</b>		<b>-2.3084319</b>	<b>-1.0127159</b>	<b>-3.3211478</b>

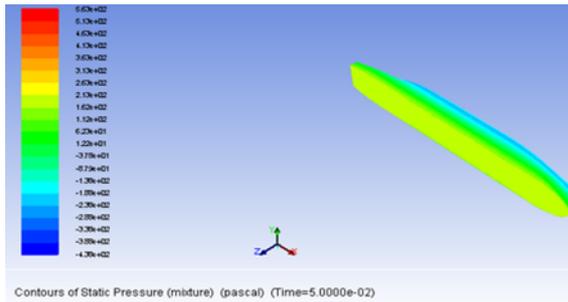
d)  $V = 0,35$  knot



Forces		Forces (n)		
Zone	Pressure			
hull-air		-0.028336607	0.0091772964	5.8965468
hull-water		-1.5374901	-0.00039974868	-3.7262988
<b>Net</b>		<b>-1.5658267</b>	<b>0.0087775477</b>	<b>2.170248</b>
Forces - Direction Vector (1 0 0)		Forces (n)		
Zone	Pressure	Viscous	Total	
hull-air	-0.028336607	-0.003138761	-0.031475368	
hull-water	-1.5374901	-0.62440133	-2.1618915	
<b>Net</b>		<b>-1.5658267</b>	<b>-0.62754009</b>	<b>-2.1933668</b>

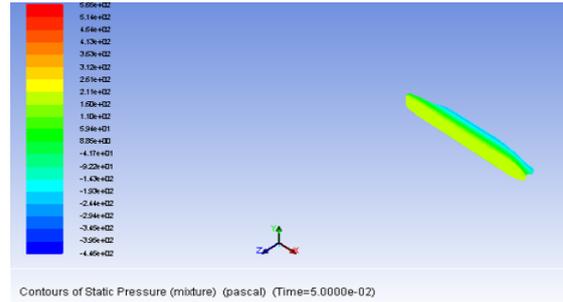
e)  $V = 0,40$  knot

Hình 6. Kết quả tính toán mô phỏng lực tác động lên tàu thủy khi đầy tải  $T = 8,1cm$



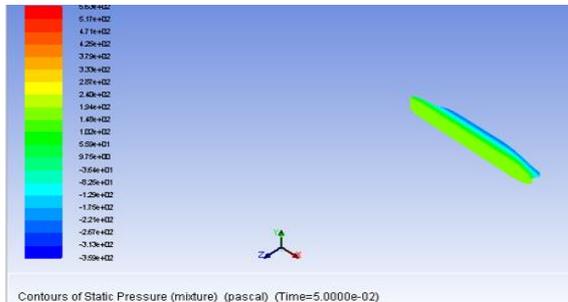
Forces			
Zone	Forces (n)		
hull-air	Pressure	(-0.022463718 -0.031211916 -53.930004)	
hull-water	Pressure	(-0.2008487 -0.0085251834 -26.995348)	
Net		(-0.22331242 -0.0397371 -80.925352)	
Forces - Direction Vector (1 0 0)			
Zone	Forces (n)		
hull-air	Pressure	Viscous	Total
hull-air	-0.022463718	-0.0024180925	-0.024881811
hull-water	-0.2008487	-0.28746021	-0.48830891
Net	-0.22331242	-0.2898783	-0.51319072

a)  $V = 0,20$  knot



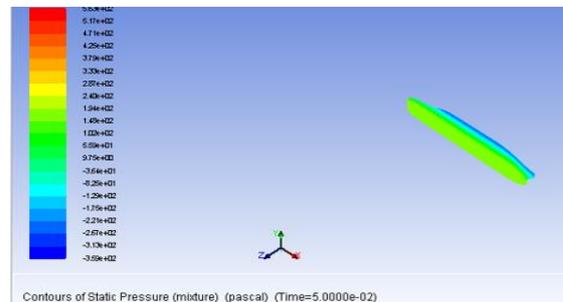
Forces			
Zone	Forces (n)		
hull-air	Pressure	(-0.027536234 -0.035624046 -54.386539)	
hull-water	Pressure	(-0.2709797 -0.0091222487 -26.656069)	
Net		(-0.29851594 -0.044746295 -81.042608)	
Forces - Direction Vector (1 0 0)			
Zone	Forces (n)		
hull-air	Pressure	Viscous	Total
hull-air	-0.027536234	-0.0040727057	-0.03160894
hull-water	-0.2709797	-0.43412548	-0.70518519
Net	-0.29851594	-0.43819819	-0.73671413

c)  $V = 0,30$  knot



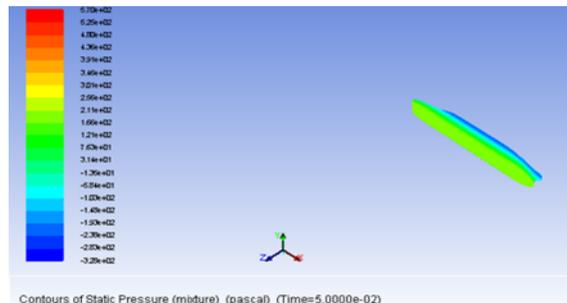
Forces			
Zone	Forces (n)		
hull-air	Pressure	(-0.025022618 -0.030790789 -54.152363)	
hull-water	Pressure	(-0.23742598 -0.01004291 -26.828619)	
Net		(-0.2624486 -0.0408337 -80.980982)	
Forces - Direction Vector (1 0 0)			
Zone	Forces (n)		
hull-air	Pressure	Viscous	Total
hull-air	-0.025022618	-0.0032175821	-0.028240201
hull-water	-0.23742598	-0.36077687	-0.59820285
Net	-0.2624486	-0.36399445	-0.62644305

b)  $V = 0,25$  knot



Forces			
Zone	Forces (n)		
hull-air	Pressure	(-0.025022618 -0.030790789 -54.152363)	
hull-water	Pressure	(-0.23742598 -0.01004291 -26.828619)	
Net		(-0.2624486 -0.0408337 -80.980982)	
Forces - Direction Vector (1 0 0)			
Zone	Forces (n)		
hull-air	Pressure	Viscous	Total
hull-air	-0.025022618	-0.0032175821	-0.028240201
hull-water	-0.23742598	-0.36077687	-0.59820285
Net	-0.2624486	-0.36399445	-0.62644305

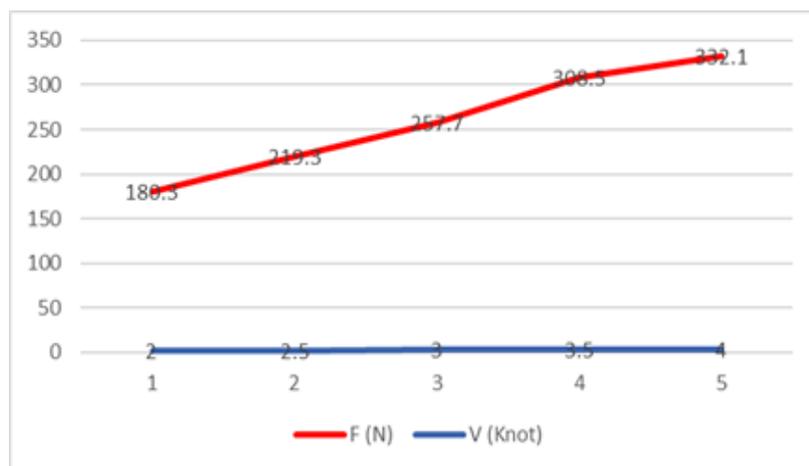
d)  $V = 0,35$  knot



Forces			
Zone	Forces (n)		
hull-air	Pressure	(-0.035235219 -0.050187021 -55.411919)	
hull-water	Pressure	(-0.33254397 -0.01088753 -25.766008)	
Net		(-0.36777919 -0.061074551 -81.177927)	
Forces - Direction Vector (1 0 0)			
Zone	Forces (n)		
hull-air	Pressure	Viscous	Total
hull-air	-0.035235219	-0.0059070834	-0.041142302
hull-water	-0.33254397	-0.58057827	-0.91312224
Net	-0.36777919	-0.58648535	-0.95426454

e)  $V = 0,40$  knot

Hình 7. Kết quả tính toán mô phỏng lực tác động lên tàu thủy khi không tải  $T = 2,1$  cm



Hình 8. Đồ thị minh họa mối quan hệ giữa lực tác động và vận tốc dòng chảy khi đầy tải

#### 4. Kết luận

Bài báo đưa ra quy trình chung ứng dụng CFD tính toán động lực học dòng chảy, từ đó đã thực hiện tính toán mô phỏng lực tác động lên tàu thủy, khi thay đổi tốc độ dòng chảy cho bài toán 3D. Trên cơ sở này áp dụng cụ thể theo số liệu đồng dạng với tàu M/T AU LAC JUPITER, xét trong trường hợp tàu đầy tải và không tải, khi neo đậu tại khu vực Vũng Tàu. Mặt khác, hoàn toàn mở rộng tính toán mô phỏng cho chủng loại tàu khác.

Kết quả tính toán này, giúp sỹ quan hàng hải thực hiện nghiệp vụ dẫn tàu an toàn khi thực hiện neo đậu, góp phần giải thích rõ hơn rủi ro hàng hải hay gặp trong thực tiễn, đặc biệt là khi tàu neo đậu do tác động của dòng chảy dẫn đến nguy cơ trôi neo, va chạm vào tàu khác. Kết quả đạt được này có thể sử dụng cho nghiên cứu tiếp theo về tính toán lực căng lìn neo.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Phạm Kỳ Quang (Chủ biên), cùng tác giả khác (2017). *Ứng dụng CFD trong khoa học hàng hải*. NXB Khoa học và Kỹ thuật.
- [2] Phạm Kỳ Quang (Chủ biên) và tác giả khác (2020). *Ứng dụng CFD xây dựng bản đồ dòng chảy tuyến luồng hàng hải*. NXB Hàng hải.
- [3] Phạm Kỳ Quang và tác giả khác (2017). *Nghiên cứu tác động tổng hợp của gió và dòng chảy đến tàu thủy tại cảng xăng dầu Cù Lao Tào-Vũng Tàu*. Tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải, Số 50 (04/2017), tr.52-56.
- [4] Vũ Văn Duy, Phạm Kỳ Quang và tác giả khác (2018). *Xây dựng mô hình và tính toán mô phỏng lực căng lìn neo tàu thủy*. Tạp chí Khoa học Công nghệ Giao thông vận tải, Số 27+28 (05/2018), tr.104-107.
- [5] Nguyễn Xuân Phương (Chủ nhiệm), Phạm Kỳ Quang và tác giả khác (2018). *Xây dựng chương trình tính toán mô phỏng và thử nghiệm tác động của dòng chảy đến tàu biển tại khu neo đậu Vũng Tàu nhằm nâng cao an toàn hàng hải*. Đề tài Khoa học và Công nghệ cấp Bộ Giao thông vận tải; Mã số: DT183036.
- [6] Phạm Nguyễn Đăng Khoa (2021). *Nghiên cứu tác động của dòng chảy đến tàu thủy tại khu neo đậu Vũng Tàu*. Luận án Tiến sĩ Kỹ thuật, Trường Đại học Giao thông vận tải TP. Hồ Chí Minh.
- [7] Cổ Tấn Anh Vũ (Chủ nhiệm), Phạm Kỳ Quang và tác giả khác (2017). *Xây dựng chương trình tính toán mô phỏng và thử nghiệm một số nguyên nhân cơ bản dẫn đến tai nạn hàng hải trên tuyến luồng Sài Gòn phục vụ công tác đào tạo và huấn luyện thuyền viên*. Đề tài Khoa học và Công nghệ cấp Bộ Giao thông vận tải; Mã số: DT174030.
- [8] Hồ sơ tàu M/T AU LAC JUPITER và số liệu kết quả thử nghiệm.
- [9] www.ansys.com.

Ngày nhận bài:	06/10/2022
Ngày nhận bản sửa:	27/10/2022
Ngày duyệt đăng:	03/11/2022