

# ỨNG DỤNG CFD PHÂN TÍCH LỰC TÁC ĐỘNG LÊN BÁNH LÁI NHÀM THAY ĐỔI HƯỚNG ĐI TÀU THỦY

TO UTILISE THE CFD TO ANALYSE FORCES ACTING ON THE SHIP RUDDER IN ORDER  
TO CHANGE THE SHIP'S DIRECTION

PGS.TS. LƯƠNG CÔNG NHỚ

PGS.TS. PHẠM KỲ QUANG

Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

THS. BÙI VĂN CƯỜNG

Đảng ủy khối doanh nghiệp Trung ương

## Tóm tắt

Bài báo đưa ra qui trình ứng dụng CFD vào phân tích động lực học dòng chảy sau chân vịt tàu thủy bao quanh bánh lái với các góc đặt cánh khác nhau từ đó xác định được lực bẻ lái giúp thay đổi hướng đi của tàu thủy.

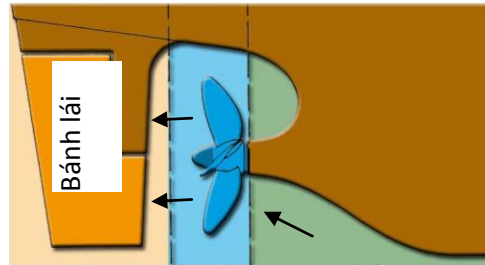
## Abstract

His article presents a process employing CFD in analyzing the flow dynamic behind the ship's propeller surrounding the rudder with different attack angles from which determining the steering force to change the direction of the ship.

## 1. Giới thiệu

Lực tác động lên bánh lái để thay đổi hướng đi của tàu thủy được hình thành do sự chênh áp suất giữa hai bề mặt bánh lái. Nó phụ thuộc vào diện tích mặt tiếp xúc của bánh lái, góc đặt cánh (góc quay bánh lái) và tốc độ dòng chảy bao quanh bánh lái.

Như vậy khi tàu thủy đưa vào hoạt động thì diện tích mặt tiếp xúc của bánh lái là cố định, lúc này lực bẻ lái chỉ còn phụ thuộc vào hai thông số là tốc độ dòng chảy bao quanh bánh lái và góc quay bánh lái. Tốc độ dòng chảy bao quanh bánh lái chính là tốc độ dòng sau chân vịt vì vậy nó phụ thuộc vào số vòng quay chân vịt ( $n_i$ ). Nếu gọi góc quay bánh lái là  $\alpha_i$  thì tổ hợp ( $n_i$  và  $\alpha_i$ ) sẽ quyết định độ lớn của lực bẻ lái. Trong phạm vi bài báo tác giả ứng dụng CFD để tính toán mô phỏng lực bẻ lái này.

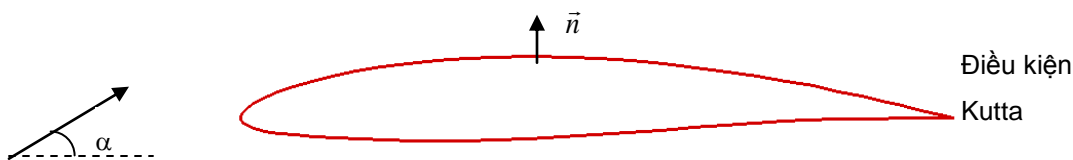


Hình 1. Mô hình dòng chảy bao quanh bánh lái

## 2. Mô hình nghiên cứu và thuật toán

Trong phạm vi nghiên cứu bài báo này tác giả sử dụng phương pháp phần tử biên tính toán cho bài toán 2D từ đó xác định được lực tác động lên bánh lái và sử dụng phần mềm Fluent-Ansys để tính toán trực tiếp cho bài toán 3D [1], [2].

Xét mô hình 2D như sau:



Hình 2. Mô hình nghiên cứu

Ở đây chỉ xét cho chất lỏng không nén được,  $U_\infty$  là vận tốc dòng vào. Gọi  $\vec{V}$  là véc tơ vận tốc tổng,  $\Phi$  là thế tổng và  $\phi$  là thế xáo trộn, xác định theo:

$$\vec{V} = d\Phi = \vec{U}_\infty + d\phi$$

(1)

thế tổng và thế xáo trộn có quan hệ với nhau là:

$$\phi = \Phi(x, y) - \Phi_{in}(x, y) \quad (2)$$

với  $\Phi_{in}(x, y)$  là thế vận tốc dòng vào và được xác định như sau:

$$\Phi_{in}(x, y) = U_{\infty}(x \cos \alpha + y \sin \alpha) \quad (3)$$

Các điều kiện khác:

$$- \text{Điều kiện biên động học trên bề mặt cánh: } \frac{\partial \phi}{\partial n} + \vec{U}_{\infty} \vec{n} = 0 \quad (4)$$

- Điều kiện Kutta ở mép ra của cánh

$$- \phi \text{ thoả mãn phương trình Laplace } \nabla^2 \phi = 0 \quad (5)$$

Chia biên dạng cánh thành N+1 đoạn (sẽ có N điểm) vì chất lỏng là lý tưởng cho nên thế tổng trên mỗi điểm là như nhau:

$$\Phi_i = \text{hằng số. } i = (1, N)$$

$$\Phi_i = \phi_p + \Phi_{in} = \text{hằng số} \quad \text{với } p \text{ là điểm gốc.}$$

vậy tại mỗi đoạn thứ j = (1, N+1), khi đó:

$$\sum_{j=1}^N \frac{1}{\pi} \int \left( \frac{\partial \phi}{\partial n} \ln r \right) ds - \sum_{j=1}^N \frac{1}{\pi} \int \left( \phi \frac{\partial \ln r}{\partial n} \right) ds + \Phi_{in} = \text{hằng số}$$

(6)

r: Là khoảng cách từ điểm gốc p tới mỗi phần tử ds

$$\text{Đặt: } B_j = - \frac{1}{\pi} \int (\ln r) ds$$

(7)

$$C_j = \frac{1}{\pi} \int \frac{\partial \ln r}{\partial n} ds$$

$$\text{Thay vào (6) nhận được: } \sum_{j=1}^N B_j \left( \frac{\partial \phi}{\partial n} \right)_j + \sum_{j=1}^N C_j \phi_j + \Phi_{in} = \text{hằng số}$$

(8)

$$\text{chọn } \Phi_i = \Phi_{in} \text{ khi đó: } \sum_{j=1}^N B_j \left( \frac{\partial \phi}{\partial n} \right)_j + \sum_{j=1}^N C_j \phi_j = 0$$

(9)

trong phương trình này thì  $\frac{\partial \phi}{\partial n}$  được xác định nhờ điều biên động học (4), vậy vẫn cần xác định

chính là N+1 giá trị  $\phi_j$  nhưng ta mới có N phương trình, phương trình thứ N+1 được bổ sung nhờ điều kiện Kutta.

$$(\phi_1 - \phi_N) + \Delta \phi_w = 0 \quad (10)$$

$\Delta \phi_w$  là bước nhảy thế tại mép ra của cánh

Giải hệ N+1 phương trình này ta xác định được các giá trị  $\phi_j$ , từ đây ta sẽ suy ra các giá trị cần tìm khác như:

$$\text{Hệ số áp suất: } C_p = 1 - V^2/U_\infty^2 \quad (11)$$

$$\text{Hệ số lực nâng: } C_L = \frac{\Gamma}{\frac{1}{2}U_\infty c} = \frac{2\Delta\phi w}{U_\infty c}$$

(12)

$$\Gamma = L/(\rho \cdot U_\infty)$$

(13)

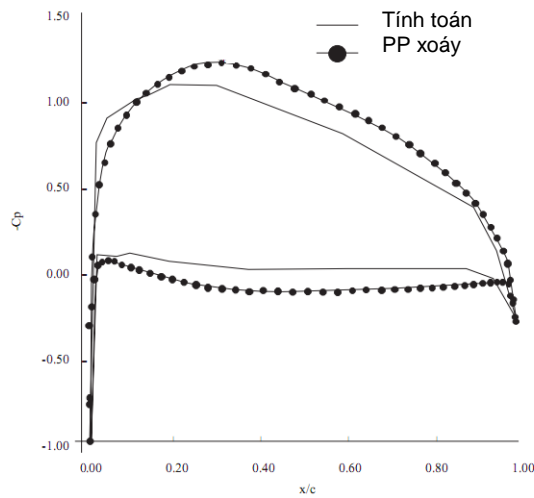
Trong đó:  $c$  là chiều dài dây cung,  $\Gamma$  là lưu số vận tốc,  $L$  là lực bề lái (lực nâng),  $\rho$  là khối lượng riêng của chất lỏng. Gọi  $S$  là diện tích chịu tải của bánh lái, có lực bề lái được xác định:

$$L = 0,5 \cdot C_L \cdot \rho \cdot U_\infty \cdot S \quad (14)$$

### 3. Phân tích kết quả

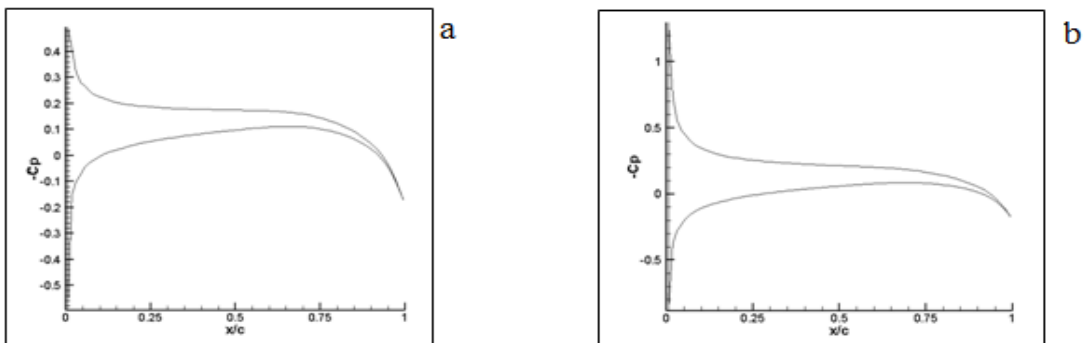
Chương trình tính toán được viết bằng ngôn ngữ Fortran, để tiện so sánh kết quả với các trường trình khác ta lấy đầu vào là dây cung  $c=1$ ;  $U_\infty=1$  cho nên khi chạy chương trình ta chỉ cần đưa tệp dữ liệu biên dạng cánh và góc quay bánh lái  $\alpha$ , đầu ra ta thể hiện hệ số áp suất  $C_p$ .

Kết quả cho cánh NACA4412 tại  $\alpha = 5^\circ$  và so sánh kết quả với phương pháp xoáy [2], [3]:



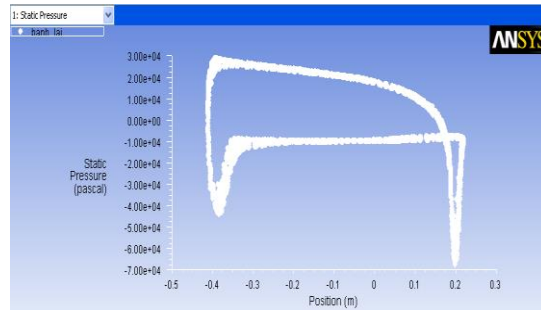
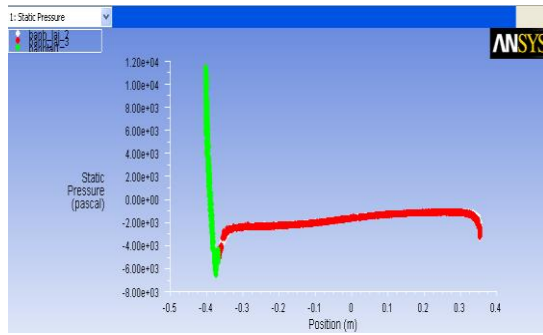
Hình 3. Hệ số áp suất cho cánh NACA4412,  $\alpha=5^\circ$

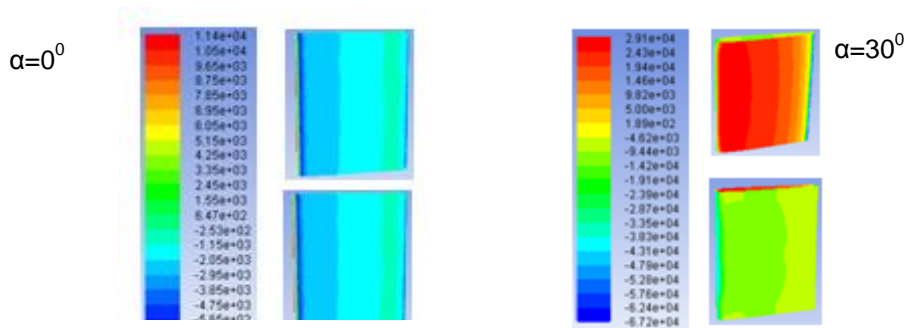
Tính toán cho cánh NACA 16006 ta được;



Hình 4. Hệ số áp suất cho cánh NACA16006, tại  $\alpha=1^\circ$  (hình a); tại  $\alpha=2^\circ$  (hình b)

Tính toán cho bánh lái 3D bằng Fluent-Ansys [4], [5].





Hình 4. Phân bố áp suất trên bánh lái tại  $\alpha=0^\circ$  và  $\alpha=30^\circ$

Ta thấy trong trường hợp tàu đi thẳng ( $\alpha=0^\circ$ ) áp suất hai mặt bánh lái là đối xứng, khi  $\alpha=30^\circ$  thì giá trị áp suất này lệch nhau khá lớn, từ đó ta xác định được lực tác động lên bánh lái để thay đổi hướng đi của tàu.

#### 4. Kết luận

Bài báo đưa ra được thuật toán trên cơ sở phương pháp phần tử biên và sử dụng Fluent-Ansys để xác định lực tác động lên bánh lái nhằm thay đổi hướng đi tàu thủy.

Trong phần nghiên cứu sau tác giả sẽ gắn trên một mẫu tàu cụ thể để xác định quỹ đạo chuyển động của tàu với tổ hợp số vòng quay chân vịt và góc quay lái khác nhau.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Phạm Hồng Giang. *Phương pháp phần tử biên*. NXB Khoa học Kỹ thuật, Hà Nội. 2002
- [2] Vũ Văn Duy, Nguyễn Thế Mịch, Nguyễn Thế Đức. *Mô phỏng vùng xâm thực trong dòng bao quanh profil cánh bằng phương pháp phần tử biên*. Trang 77-84. Tuyển tập Hội Cơ học toàn quốc lần thứ VIII. Hà Nội, 6-7/12/2007. 2007
- [3] Padamanabhan Krishnaswamy. *Flow modelling for partially cavitating hydrofoils*. PhD thesis, Technical university of Denmark. 2000
- [4] Các bản vẽ liên quan
- [5] [www.Ansys.com](http://www.Ansys.com)