

# TÍNH TOÁN ĐẶC TRƯNG THỦY ĐỘNG CỦA CHÂN VỊT CÓ GẮN THIẾT BỊ PBCF BẰNG PHƯƠNG PHÁP CFD

## HYDRODYNAMICS CALCULATION OF PROPELLER WITH PBCF BY CFD METHOD

Nguyễn Mạnh Chiển, Nguyễn Thị Thu Quỳnh, Trần Ngọc Tú  
 Trường Đại học Hàng hải Việt Nam, Hải Phòng  
 chienm@vimaru.edu.vn

**Tóm tắt:** Thiết bị đẩy tiết kiệm năng lượng “Propeller Boss Cap Fins” (PBCF) đã và đang được ứng dụng rộng rãi trên thế giới nhằm mục đích nâng cao hiệu suất của thiết bị đẩy từ đó làm giảm tiêu hao năng lượng cho tàu. Bài báo trình bày đặc điểm của chân vịt có gắn thiết bị PBCF. Tính toán và so sánh các đặc trưng thủy động của chân vịt có gắn thiết bị này với chân vịt thông thường dựa trên phương trình Navier – Stokes với số Reynolds trung bình (RANSE). Bài báo sử dụng mô hình chân vịt Potsdam để tính toán và so sánh với kết quả thử mô hình, sau đó sử dụng mô hình tính đã được kiểm nghiệm để tính toán chân vịt Potsdam có gắn thiết bị PBCF. Bộ giải (solver) được sử dụng trong nghiên cứu này là phần mềm CFD Star - CCM+.

**Từ khóa:** PBCF, CFD, chân vịt, thủy động lực học, EEDI, năng lượng xanh.

**Chỉ số phân loại:** 2.1

**Abstract:** Propeller Boss Cap Fins (PBCF) is an energy saving device which is used widely to improve propulsion efficiency and save energy (fuel consumption). This paper presents the characteristics of propeller with PBCF and the comparison of the propeller with and without PBCF in terms of hydrodynamics by Computational Fluid Dynamic (CFD) method. The Potsdam propeller model is calculated and validated. Then using this validated CFD setup to calculate the Potsdam propeller with PBCF. The solver using in this research is Star CCM+.

**Keywords:** PBCF, CFD, propeller, hydrodynamics, EEDI, green energy.

**Classification number:** 2.1

### 1. Giới thiệu

Hiện nay những tàu mới được thiết kế có yêu cầu ngày càng khắt khe về sử dụng năng lượng hiệu quả và giảm lượng CO<sub>2</sub> thải ra ngoài môi trường. Năm 2010, Tổ chức Hàng hải Thế giới IMO đã đưa ra chỉ số EEDI (Energy Efficiency Design Index) [6], đây là thước đo để giới hạn lượng CO<sub>2</sub> mà một con tàu thải ra khi hoạt động. Theo đó, nó đòi hỏi nhà thiết kế phải đưa ra được các giải pháp thiết kế nhằm giảm chỉ số EEDI. Để giảm chỉ số này, một trong các phương án đã và đang được các nhà thiết kế sử dụng đó là thiết kế các loại thiết bị đẩy có hiệu suất cao. Trong số đó có Propeller Boss Cap Fins (PBCF) - một dạng thiết bị đẩy tiết kiệm năng lượng được phát triển bởi tập đoàn MOL của Nhật Bản. Đây thực chất là một dạng mũ thoát nước có cánh gắn vào chân vịt nhằm giảm dòng xoáy phía sau chân vịt, giúp nâng cao hiệu suất của chân vịt. PBCF hiện nay cũng đã được sản xuất tại Việt Nam bởi nhà máy Nakashima Propeller nằm trong khu công

ng nghiệp Đình Vũ, Hải Phòng. Thiết bị này đã được áp dụng trong thực tế cho hơn 3000 tàu trên thế giới [1].

Mặc dù thiết bị PBCF đã và đang được phát triển, ứng dụng tương đối rộng rãi trên thế giới, tuy nhiên hiện nay ở nước ta chưa có nhiều nghiên cứu chi tiết nào về loại thiết bị này.

Ngày nay, với sự phát triển mạnh mẽ của máy tính điện tử, việc sử dụng CFD (Computational Fluid Dynamics) để giải quyết các bài toán thủy động lực học tàu thủy nói chung và phân tích các đặc trưng thủy động của chân vịt nói riêng trong giai đoạn thiết kế phương án đã và đang được áp dụng rộng rãi trên thế giới. Bởi nó mang lại kết quả tương đối chính xác so với kết quả thử mô hình cũng như có lợi hơn về mặt kinh tế so với việc thử mô hình do không phải chế tạo mô hình, hơn thế là rút ngắn được thời gian tính toán. Ngoài ra ưu điểm nữa của CFD là khả năng đảm bảo cả dòng dạng theo số Froude và số Reynold (nghĩa là ta có thể

tính toán bài toán mô phỏng chân vịt cả ở dạng kích thước mô hình và dạng kích thước thực). Việc xử lý sau tính toán CFD còn cung cấp cho người thiết kế rất nhiều thông số chi tiết về dòng chảy sau chân vịt, phân bố áp suất trên cánh chân vịt, ...giúp nhà thiết kế tìm ra được phương án thiết kế tối ưu cho chân vịt dưới góc độ thủy động lực học.

Hiện có nhiều các phương pháp CFD khác nhau, ví dụ như sử dụng phương pháp số Reynolds trung bình (RANSE), mô phỏng xoáy tách rời (Detached Eddy Simulation – DES), mô phỏng xoáy lớn (Large Eddy Simulation – LES) hoặc giải trực tiếp phương trình Navier Stokes (Direct Numerical Simulation – DNS) [10]. Trong đó, hiện nay phương pháp RANSE được sử dụng rộng rãi hơn so với các phương pháp còn lại do thời gian tính toán ngắn hơn và vẫn cho kết quả tương đối chính xác [7 - 9].

Từ các vấn đề nêu trên, trong bài báo này sẽ giới thiệu về cấu tạo của loại chân vịt có gắn PBCF. Mô phỏng tính toán các thông số thủy động của loại chân vịt này bằng RANSE và so sánh các đặc trưng thủy động của nó với chân vịt thông thường.

## 2. Giới thiệu PBCF và phương pháp thử mô hình chân vịt trong nước tự do

### 2.1. Giới thiệu về PBCF

PBCF được phát triển từ năm 1987 bởi các tập đoàn của Nhật như Mitsui O.S.K. Lines, West Japan Fluid Engineering Laboratory, và Mikado Propeller (Nakashima Mitsuwa Propeller). PBCF là một mũ thoát nước có gắn cánh, với số lượng cánh bằng số lượng của cánh chân vịt (hình 1).

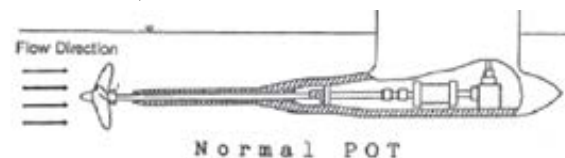


Hình 1. Hình ảnh PBCF [11].

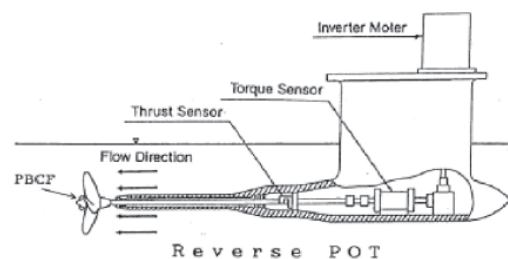
### 2.2. Phương pháp thử mô hình chân

### vịt trong nước tự do

Thử nghiệm chân vịt trong nước tự do (open water) là bài thử nghiệm thường gặp để xác định các đặc trưng thủy động của chân vịt bao gồm hệ số lực đẩy  $K_T$ , hệ số mô men  $K_Q$  và hiệu suất trong nước tự do  $\eta_0$ . Chân vịt có gắn thiết bị PBCF cũng được thử trong nước tự do để xác định các đặc trưng thủy động của nó. Tuy nhiên, để xác định chính xác các đặc trưng thủy động của PBCF, mô hình thử nghiệm cũng như tính toán nó được thiết lập khác so với việc thử các chân vịt thông thường (ngược với mô hình thông thường). Đối với bài thử chân vịt tự do thông thường trong bể thử thì mũ thoát nước sẽ được đặt ở phía trước chân vịt để làm đều dòng chảy đến chân vịt (hình 2) còn việc thử mô hình PBCF sẽ được đặt phía sau chân vịt (giống như chân vịt hoạt động trong thực tế, xem hình 3).



Hình 2. Mô hình thử nghiệm chân vịt tự do thông thường [1].



Hình 3. Mô hình thử nghiệm chân vịt "ngược" cho PBCF [1].

Như vậy, trong tính toán các đặc trưng thủy động của chân vịt bằng phương pháp CFD, nhóm tác giả sẽ thiết lập cách mô phỏng như trong phương pháp thử mô hình trong bể thử đối với hai loại chân vịt nêu trên.

## 3. Mô phỏng số

### 3.1. Các thông số hình học của chân vịt tính toán

Chân vịt được sử dụng để tính toán trong bài báo là chân vịt Potsdam, đây là mẫu chân vịt được ITTC sử dụng cho mục đích nghiên cứu dòng chảy sau chân vịt và cho kiểm tra kết

quả tính toán bằng CFD [2]. Chân vịt này có các thông số hình học như trên bảng 1 và hình 4. Các số liệu về kết quả thử chân vịt tự do trong bể thử được công bố trong tài liệu [2]. Ở đây, phần mũ thoát nước đã được tác giả thay đổi so với thử mô hình. Mũ thoát nước này là phần củ (hub) của thiết bị PBCF (chính là thiết bị PBCF không có cánh). Mục đích là để so sánh ảnh hưởng của chân vịt có PBCF với chân vịt không có PBCF đến các thông số thủy động của chúng cũng như dòng chảy sau chân vịt.

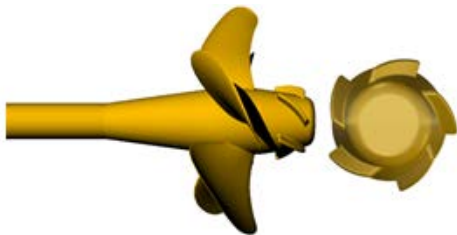
Thiết bị PBCF được tác giả thiết kế bằng phần mềm Rhinoceros, có năm cánh, bán kính 0.043m (43mm), độ nghiêng cánh là 56 độ (hình 5).

**Bảng 1.** Các thông số hình học của chân vịt Potsdam [2].

Các thông số		Đơn vị	Giá trị
Đường kính	D	m	0.25
Tỷ số đĩa	$A_E/A_0$	-	0.778
Đường kính tương đối của củ chong chóng	$D_h/D$	-	0.3
Số cánh	Z	-	5
Tỷ số bước	$P_{0.7}/D$	-	1.635
Chiều quay	-	-	Quay phải



**Hình 4.** Chân vịt Potsdam.

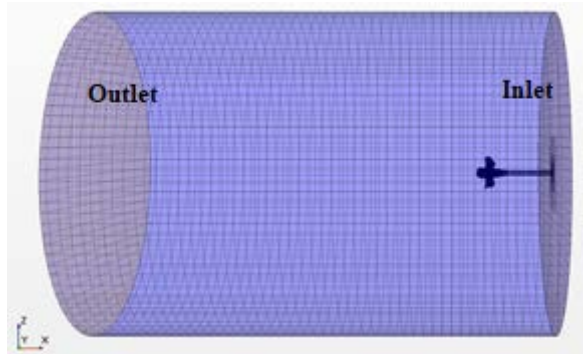


**Hình 5.** Chân vịt Potsdam và PBCF.

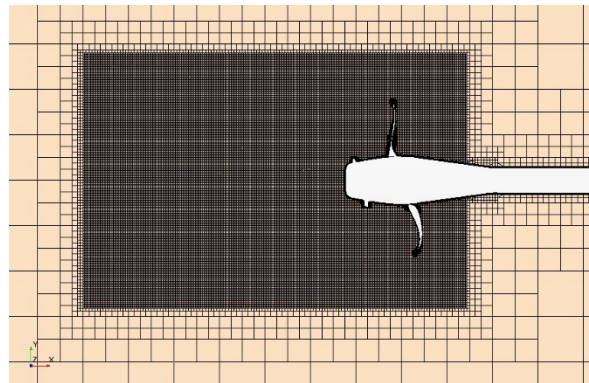
### 3.2. Thiết lập tính toán

Để mô phỏng, tính toán các thông số thủy động của chân vịt tự do, bài báo sử dụng bộ giải Star - CCM+. Miền chất lỏng tính toán có dạng hình trụ với đường kính 2.5m (gấp 10 lần đường kính chân vịt), chiều dài 3.5m, trong đó 3m là khoảng cách từ chân vịt tới phần biên phía sau (outlet) (hình 6). Phần

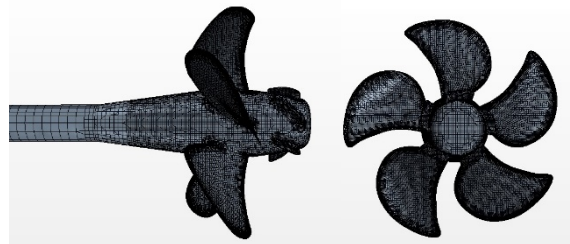
miền chất lỏng ngay sau chân vịt được chia lưới nhỏ hơn để có thể thể hiện rõ ràng các xoáy cũng như đường dòng phía sau chân vịt. Chính vì vậy lượng ô lưới tăng lên đáng kể. Trong thiết lập này, tác giả sử dụng 8.63 triệu ô lưới cho tính toán chân vịt thông thường (không có PBCF) và 8.72 triệu ô lưới cho tính toán chân vịt có PBCF.



**a.** Miền chất lỏng tính toán.



**b.** Chia lưới xung quanh chân vịt và PBCF.



**c.** Chia lưới cục bộ chân vịt và PBCF.

**Hình 6.** Chia lưới miền chất lỏng tính toán.

Để mô phỏng chuyển động quay của chân vịt trong CFD, có ba phương pháp thường được sử dụng. Phương pháp đầu tiên là cho toàn miền chất lỏng bao quanh chân vịt quay bằng tốc độ quay của chân vịt (gọi là rigid motion). Phương pháp thứ hai là cho hệ tọa độ quay (Rotating Referene Frame), đây là phương pháp tiếp cận tĩnh (steady approach) nên thời gian tính toán giảm đáng kể. Phương pháp thứ ba là sử dụng lưới xoay

(Sliding mesh), trong phương pháp này, sẽ có hai miền lưới được tạo ra, miền chất lỏng thứ nhất quay và bao quanh chân vịt, miền chất lỏng thứ hai bao quanh miền chất lỏng thứ nhất và cố định. Ở đây, chúng ta cần phải thiết lập sự liên kết giữa hai miền này qua bề mặt tiếp xúc giữa hai miền (interface). Phương pháp này gần với thực tế nhất và thông thường cho kết quả chính xác nhất nhưng thời gian tính toán rất lớn do sau mỗi bước thời gian, cần phải tính toán lại liên kết giữa hai miền chất lỏng. So sánh cụ thể về thời gian tính toán cũng như độ chính xác của kết quả thu được đã được trình bày chi tiết trong tài liệu [7]. Trong nghiên cứu này, tác giả sử dụng phương pháp hệ tọa độ quay (Rotating Reference Frame) bởi thời gian tính toán giảm đáng kể so với hai phương pháp còn lại và vẫn cho kết quả có độ chính xác cao [7].

Điều kiện biên của mô hình tính được thiết lập như sau: Biên phía trước chân vịt (inlet) được thiết lập là “velocity inlet” với giá trị là vận tốc dòng chảy tới chân vịt ( $v_a$ ). Phần biên phía sau là “pressure outlet” và biên xung quanh là “symmetry plane”. Mô hình dòng rối được sử dụng là kw - SST, sử dụng “All wall treatment” for  $Y^+$ .

#### 4. Kết quả tính toán

##### 4.1. Kết quả tính toán chân vịt thông thường

Bảng 2. Kết quả tính chân vịt trong nước tự do.

J	$K_T$			$10K_Q$			$\eta_0$		
	CFD	EFD	Sai số	CFD	EFD	Sai số	CFD	EFD	Sai số
0.6	0.631	0.629	0.4%	1.413	1.396	1.2%	0.427	0.430	-0.8%
0.8	0.518	0.510	1.6%	1.202	1.178	2.0%	0.549	0.551	-0.4%
1.0	0.405	0.399	1.5%	0.991	0.975	1.7%	0.650	0.652	-0.3%
1.2	0.294	0.295	-0.3%	0.775	0.776	-0.2%	0.725	0.726	-0.2%
1.4	0.184	0.188	-2.4%	0.541	0.559	-3.3%	0.756	0.749	0.9%

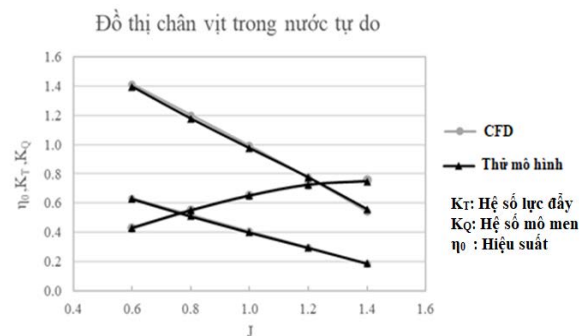
*EFD = Experimental Fluid Dynamic - Kết quả thử mô hình*

##### 4.2. Kết quả tính toán chân vịt có gắn PBCF

Kết quả tính toán chân vịt có gắn PBCF được thể hiện ở bảng 3, trên cơ sở so sánh với kết quả tính chân vịt không gắn PBCF.

Như đã trình bày ở trên, kết quả tính của chân vịt thông thường sẽ được so sánh với kết quả thử mô hình để kiểm tra sự đúng đắn của mô hình tính mà bài báo đã thiết lập trong Star CCM+. Ở đây, bài báo tiến hành tính toán với các giá trị bước tiến tương đối ( $J$ ) của chân vịt lần lượt từ 0.6, 0.8, 1.0, 1.2 và 1.4.

Từ các kết quả tính toán thu được có sự so sánh với kết quả thử trong bể thử (hình 7 và bảng 2), ta thấy rằng, kết quả tính toán bằng CFD rất gần với kết quả thử mô hình. Sai khác về hiệu suất chỉ ở mức dưới 1%. Từ đó có thể kết luận rằng, mô hình tính CFD được thiết lập là chuẩn xác và có thể sử dụng để tính toán chân vịt có gắn PBCF. Phần tiếp theo là kết quả tính toán chân vịt có gắn thiết bị PBCF, trên cơ sở so sánh với chân vịt gắn mũ thoát nước thông thường.



Hình 7. Đồ thị chân vịt trong nước tự do.

Các kết quả tính ở đây là tính cho toàn bộ hệ gồm: chân vịt, củ, mũ thoát nước và PBCF (khác với kết quả ở trên là chỉ tính với cánh chân vịt).

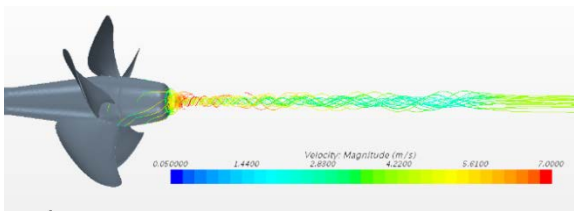
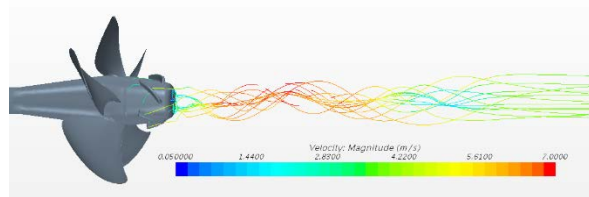
**Bảng 3.** Kết quả tính chân vịt có PBCF.

J	$K_T$			$10K_Q$			$\eta_0$		
	Có PBCF	Không	% Chênh lệch	Có PBCF	Không	% Chênh lệch	Có PBCF	Không	% Chênh lệch
0.6	0.585	0.578	1.3%	1.414	1.427	-0.9%	0.395	0.387	2.2%
0.8	0.481	0.475	1.3%	1.189	1.194	-0.5%	0.515	0.506	1.8%
1.0	0.365	0.364	0.4%	0.956	0.962	-0.6%	0.608	0.602	1.0%
1.2	0.256	0.256	-0.1%	0.733	0.732	0.0%	0.667	0.667	-0.1%
1.4	0.147	0.149	-1.4%	0.499	0.498	0.2%	0.656	0.667	-1.6%

Kết quả tính được thể hiện bằng ba giá trị: hệ số lực đẩy  $K_T$ , hệ số mô men  $K_Q$  và hiệu suất chân vịt trong nước tự do  $\eta_0$ . Từ kết quả tính toán thu được, chúng ta thấy hiệu suất chân vịt có PBCF đã tăng khoảng 2% ở bước tương đối  $J = 0.6$  đến 1.0 và có xu hướng giảm khi  $J$  tăng lên. Điều này là do thiết bị PBCF chưa được thiết kế tối ưu, nên hiệu suất chỉ tăng ở một số giá trị của  $J$ .

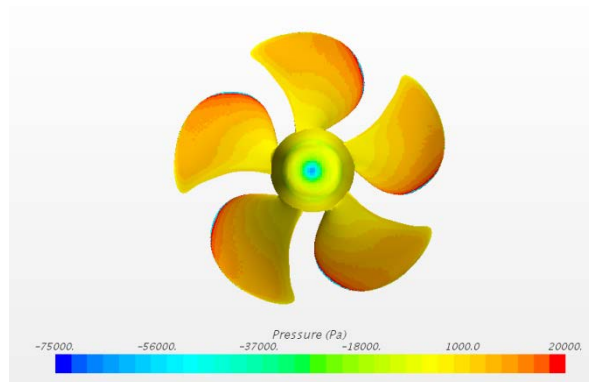
Tuy vậy, điều quan trọng ở đây là ta quan sát được ảnh hưởng của thiết bị PBCF đến đặc tính dòng chảy sau chân vịt cũng như phân bố áp suất trên cánh và củ của chân vịt (hình 8, 9 và 10). Từ hình 8 ta thấy rằng, phần xoáy sau chân vịt đã giảm đi rất nhiều và dòng chảy đã đồng đều hơn khi chân vịt được gắn thêm thiết bị PBCF tại bước tương đối  $J = 0.6$ . Sự giảm xoáy phía sau chân vịt còn góp phần vào làm giảm rung động vùng đuôi tàu và giảm sự ăn mòn của bánh lái. Điều này thể hiện rất rõ trong hình ảnh đường dòng sau chân vịt (hình 8).

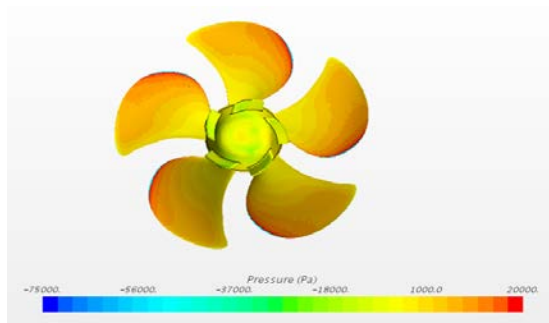
Đối với phân bố áp suất trên bề mặt chân vịt, ta có thể thấy phần giảm áp suất tại tâm của mũ thoát nước đối với trường hợp của chân vịt không có PBCF. Trong khi đó, khi có PBCF, phân bố áp suất đồng đều hơn rất nhiều tại vị trí này (hình 9). Star CCM+ cũng cho phép thể hiện rất rõ những xoáy, tạo ra bởi cánh chân vịt (hình 10).

a. Đường dòng chân vịt KHÔNG có PBCF tại  $J = 0.6$ .b. Đường dòng chân vịt CÓ PBCF tại  $J = 0.6$ .**Hình 8.** Đường dòng sau chân vịt tại  $J = 0.6$ .

Kết quả tính và các hình ảnh dòng chảy sau tính toán cũng phù hợp với các kết quả đã công bố của các tác giả Takeo Nojiri [1] Kurt Mizzi [3], Takafumi Kawamura [4], Hans Richard Hansen [5].

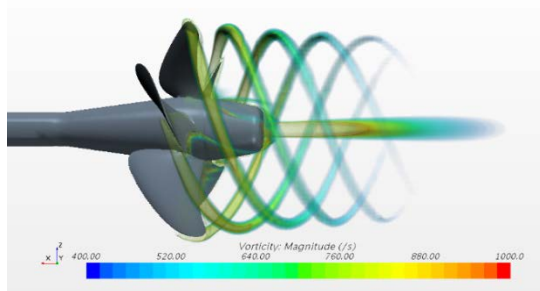
Khi chúng ta quan sát đường dòng sau chân vịt tại  $J = 1.4$  (hình 11), ta vẫn nhận thấy PBCF đã làm đường dòng phân tán hơn, tuy nhiên lượng xoáy vẫn còn nhiều. Trong trường hợp này, sự xuất hiện của PBCF làm cho sự chênh lệch áp suất ở mặt hút (Pitch face) và mặt đập (Pressure face) của chân vịt giảm xuống, dẫn đến hệ số lực đẩy  $K_T$  giảm, và hiệu suất chân vịt giảm. Do vậy, nếu chân vịt hoạt động ở khoảng  $J = 1.2$  đến  $J = 1.4$ , chúng ta cần thiết kế tối ưu lại PBCF để có thể tăng hiệu suất chân vịt và giảm xoáy tại khoảng  $J$  này.

a. Chân vịt KHÔNG có PBCF tại  $J = 0.6$ .

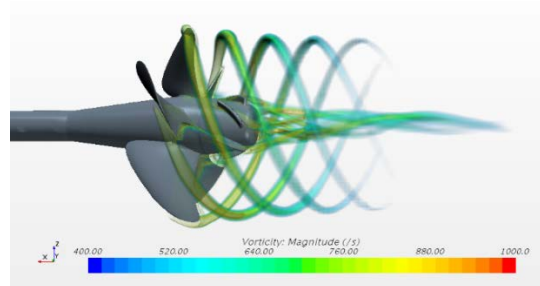


b. Chân vịt CÓ PBCF tại  $J = 0.6$ .

**Hình 9.** Phân bố áp suất trên chân vịt tại  $J = 0.6$ .

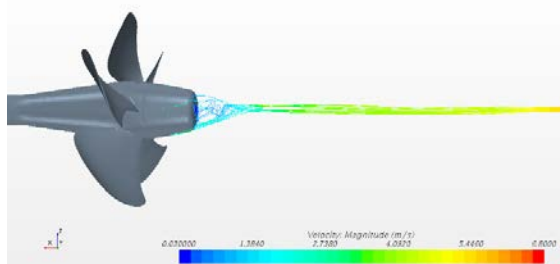


a. Chân vịt KHÔNG có PBCF tại  $J = 0.6$ .

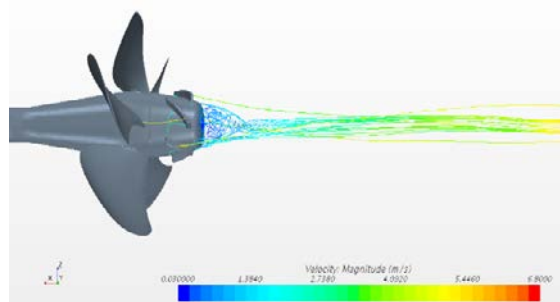


b. Chân vịt CÓ PBCF tại  $J = 0.6$ .

**Hình 10.** Phân bố xoáy sau chân vịt tại  $J = 0.6$ .



a. Đường dòng chân vịt KHÔNG có PBCF tại  $J = 1.4$ .



b. Đường dòng chân vịt có PBCF tại  $J = 1.4$ .

**Hình 11.** Đường dòng sau chân vịt tại  $J = 1.4$ .

## 5. Kết luận và khuyến nghị

Bài báo đã trình bày kết quả tính chân vịt có gắn thiết bị PBCF bằng việc sử dụng phương pháp RANSE CFD. Kết quả cho thấy chân vịt có gắn thiết bị PBCF giúp tăng hiệu suất chân vịt khoảng 2% ở một số giá trị bước tiến tương đối  $J$ . Điều quan trọng là bằng cách gắn thiết bị PBCF, phần xoáy phía sau chân vịt (hub vortex) đã triệt tiêu được phần lớn. Phần xoáy này nếu ở chân vịt thông thường là rất lớn và từ đó ảnh hưởng lớn tới hiệu suất của hệ: Bánh lái, chân vịt, thân tàu. Việc triệt tiêu xoáy này cũng làm giảm rung động phần đuôi tàu và giảm ăn mòn bánh lái.

Kết quả của bài báo cũng khẳng định khả năng của phương pháp RANSE CFD trong tính toán các bài toán thủy động lực học tàu thủy, giúp cho người thiết kế có cái nhìn chi tiết về dòng chảy bao quanh thân tàu và các thiết bị phục vụ cho nhiều bài toán thiết kế khác nhau.

Kết quả tính này là cơ sở để thiết kế tối ưu PBCF bằng phương pháp mô hình tham số (parametric modelling) dựa trên việc thay đổi các thông số của PBCF và sau đó tiến hành tính toán bằng RANSE CFD để tìm ra phương án tối ưu cho PBCF để đạt được hiệu suất lớn nhất tại giá trị bước tiến  $J$  ở vùng hoạt động thường xuyên của chân vịt □

## Lời cảm ơn

Nhóm tác giả xin gửi lời cảm ơn tới Trường Đại học Hàng hải Việt Nam và công ty Siemens đã hỗ trợ nhóm hoàn thành nghiên cứu này.

## Tài liệu tham khảo

- [1] Nojiri, Takeo & Ishii, Norio & Kai, Hisashi. (2011). Energy Saving Technology of PBCF (Propeller Boss Cap Fins) and its Evolution. Journal of The Japan Institute of Marine Engineering. 46. 350-358. 10.5988/jime.46.350.
- [2] SVA Potsdam Model Basin. Potsdam propeller test case. Potsdam; 2011.
- [3] Kurt Mizzi, Yigit Kemal Demirel, Charlotte Banks, Osman Turan, Panagiotis Kaklis, Mehmet Atlar, Design optimisation of Propeller Boss Cap Fins for enhanced propeller performance, Applied Ocean Research, Volume 62, 2017, Pages 210-222, ISSN 0141-1187
- [4] Kawamura, Takafumi & Ouchi, Kazuyuki & Nojiri, Takeo. (2012). Model and full scale

- CFD analysis of propeller boss cap fins (PBCF). *Journal of Marine Science and Technology*. 17. 10.1007/s00773-012-0181-2.
- [5] Hans, Richard & , Hansen & Tom Dinham-Peren, Mr & Takeo Nojiri, Mr. (2018). Model and Full Scale Evaluation of a 'Propeller Boss Cap Fins' Device Fitted to an Aframax Tanker.
- [6] Lloyd's Register and DNV, Assessment of IMO energy efficiency measures for the control of GHG emissions from ships, MEPC 60/INF.18, 15 January 2010
- [7] Tu, Tran Ngoc; Chien, Nguyen Manh, Comparison Of Different Approaches For Calculation Of Propeller Open Water Characteristic Using RANSE Method, *Naval Engineers Journal*, Volume 130, Number 1, 1 March 2018, pp. 105-111(7)
- [8] Perali, P., T. Lloyd, and G. Vaz. Comparison of uRANS and BEM-BEM for propeller pressure pulse prediction: E779A propeller in a cavitation tunnel. in *Proceedings of the 19th Numerical Towing Tank Symposium*. 2016.
- [9] Brizzolara, S., D. Villa, and S. Gaggero. A systematic comparison between RANS and panel methods for propeller analysis. in *Proc. Of 8th International Conference on Hydrodynamics*, Nantes, France. 2008.
- [10] Molland, A.F., S.R. Turnock, and D.A. Hudson, *Ship resistance and propulsion*. 2017: Cambridge university press.
- [11] Launching Sales of "New PBCF" , MOL Techno-Trade, Ltd. PBCF Department, Retrieved from [http://www.pbcf.jp/english/new\\_PBCF/index.html](http://www.pbcf.jp/english/new_PBCF/index.html).

**Ngày nhận bài: 3/12/2018**

**Ngày chuyển phản biện: 6/12/2018**

**Ngày hoàn thành sửa bài: 27/12/2018**

**Ngày chấp nhận đăng: 3/1/2019**