

ỨNG DỤNG CFD ƯỚC TÍNH SỨC CẢN TÀU CÁ VỎ THÉP

APPLICATION OF CFD ON THE RESISTANCE PREDICTION OF THE STEEL FISHING VESSELS

Trần Gia Thái¹, Huỳnh Văn Chính², Nguyễn Vũ Hà³

¹Trường Đại học Nha Trang

²Trường Đại học Giao thông Vận tải Thành phố Hồ Chí Minh

³Trung tâm Đăng kiểm Tàu cá Quốc gia

TÓM TẮT

Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu ứng dụng phương pháp tính động lực học lưu chất CFD (Computational Fluid of Dynamics) để ước tính chính xác sức cản loại tàu cá vỏ thép thông qua việc xác định các thông số đầu vào của lời giải CFD phù hợp với các đặc điểm cơ bản của loại tàu này. Kết quả ước tính sức cản từ CFD của loại tàu này được so sánh với số liệu thử nghiệm để đánh giá độ tin cậy của phương pháp nghiên cứu.

Từ khóa: CFD; Sức cản, Tàu cá vỏ thép; Thông số đầu vào; Ước tính chính xác.

ABSTRACT

In this paper, we present the researching results of the application of computational fluid dynamics (CFD) on the resistance accurate prediction by determining the input parameters of the CFD solution in accordance with the basic characteristics of the steel fishing vessels. The CFD resistance prediction of those vessels is compared with the experimental data to evaluate the reliability of this method.

Keywords: CFD, resistance, steel fishing vessel, input parameter, accurate prediction.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ước tính sức cản là một trong các bài toán quan trọng của thiết kế tàu, là cơ sở để giải quyết nhiều bài toán thực tiễn, như: Tính chọn công suất máy và tốc độ chạy tàu phù hợp, tối ưu hóa đường hình tàu và hình dạng quả lê... Ngoài phương pháp thử mô hình truyền thống, trong thời gian gần đây, các nhà khoa học thường sử dụng phương pháp số CFD để

ước tính sức cản tàu. Hiện nay, bài toán này đã được nhiều nhà nghiên cứu trên thế giới thực hiện với hầu hết các nghiên cứu đều dựa dựa trên lời giải của phương trình RANS (Reynolds Average Navier-Stokes Equations) và mô hình rối SST k- ϵ [3]. Tuy nhiên, hầu hết các nghiên cứu cũng chỉ thực hiện tính cho một tàu cụ thể với các thông số đầu vào không được tính chọn phù hợp loại tàu đang tính. Bài toán đặt ra ở đây là làm thế nào ước tính chính xác sức cản

của loại tàu cụ thể có đặc điểm hình học giống nhau, do đó khác các bài báo trước đây về vấn đề này, bài báo này trình bày kết quả ứng dụng CFD để ước tính chính xác sức cản cho nhóm tàu cá vỏ thép thông qua việc xác định các thông số đầu vào của lời giải CFD phù hợp loại tàu đang tính.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Về mặt phương pháp, khi áp dụng đúng các bước tính trong lý thuyết CFD với giá trị các thông số đầu vào đã cho đều nhận được giá trị sức cản của tàu đang tính nhưng chưa thể đánh giá về độ chính xác của kết quả này, mà trong nhiều trường hợp, kết quả tính từ CFD có thể khác xa thực nghiệm. Tuy nhiên, từ thực tế tính toán chúng tôi nhận thấy, kết quả ước tính sức cản từ CFD phụ thuộc nhiều vào giá trị các thông số đầu vào của lời giải CFD như kích thước miền tính, điều kiện biên, các thông số của mô hình rối...[3] Do đó, để đảm bảo được độ chính xác và độ tin cậy cần thiết khi ứng dụng CFD ước tính sức cản cho loại tàu cụ thể, chúng tôi đề xuất phương pháp tính theo các bước cụ thể như sau:

(1) Lựa chọn loại tàu tính toán là loại tàu cá vỏ thép của Tổ chức Nông lương Liên hợp quốc FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) đã được các nhà khoa học tổ chức thử mô hình xác định sức cản.

(2) Sử dụng công cụ hoặc phần mềm CFD để ước tính sức cản tàu lựa chọn, với các bước đã biết, gồm xây dựng mô hình hình học 3D tàu tính toán, xác định các thông số đầu vào như đã nêu chung cho các loại tàu theo các nghiên cứu đã có và thực hiện tính toán.

(3) Xác định các thông số đầu vào phù hợp với loại tàu đang tính, cụ thể:

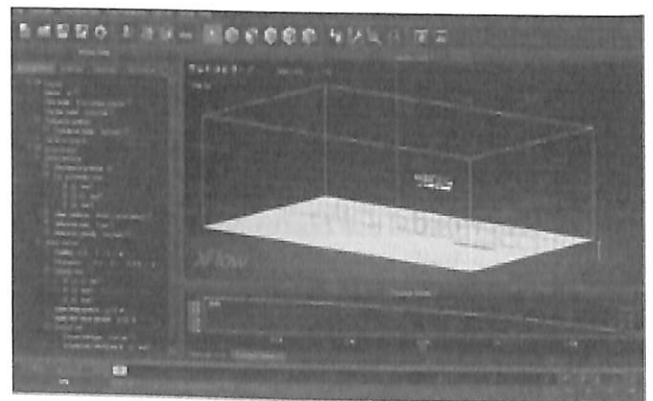
- Lập các phương án kích thước miền tính và lựa chọn phương án có giá trị sức cản tính từ CFD bắt đầu ổn định và không thay đổi.

- Lập các phương án giá trị các thông số của mô hình rối và xác định phương án có mức độ sai lệch giữa giá trị sức cản tính từ CFD với các số liệu thử nghiệm tương ứng nằm trong giới hạn cho phép dưới 5%.

(4) Tính sức cản cho mẫu tàu tương tự khác với giá trị các thông số đầu vào đã được xác định ở bước 3 và so sánh với số liệu thử nghiệm tương ứng để đánh giá độ chính xác và độ tin cậy của kết quả tính toán.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

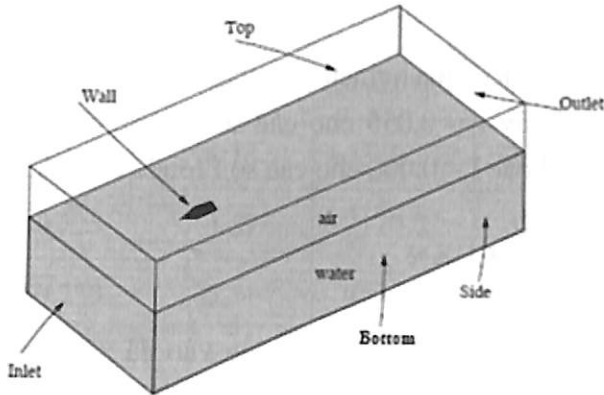
Từ bản vẽ đường hình của các mẫu tàu lựa chọn thuộc về nhóm tàu cá vỏ thép của FAO có ký hiệu FAO 72 và FAO 75 được cho trong tài liệu [1], tiến hành xây dựng mô hình hình học tàu 3D và nhập vào phần mềm XFlow, một trong những phần mềm CFD thông dụng hiện nay để tính toán (hình 1).



Hình 1. Mô hình 3D của mẫu tàu FAO 75 trong phần mềm XFlow.

Xác định các kích thước của miền tính toán, tức miền không gian được giới hạn bởi các điều kiện biên dùng để thực hiện tính toán khi mô phỏng số. Với bài toán tính sức cản

bằng CFD, kích thước miền tính thường chọn theo chiều dài lớn nhất L_{OA} hay chiều dài giữa hai đường vuông góc của tàu L_{pp} với các biên đầu vào Inlet (velocity), biên đầu ra Outlet (pressure), biên đáy Bottom và biên ở hai mạn phải và trái Sides như thể hiện ở hình 2.



Hình 2. Các kích-thước và vị trí các biên của không gian miền tính.

Theo nghiên cứu của PGS,TS. Trần Gia Thái [3], khi tăng kích thước miền tính đến khoảng cách nhất định, các thành biên sẽ không làm ảnh hưởng đến quá trình mô phỏng nên kết quả tính sức cản từ CFD sẽ không thay đổi. Từ

đó có thể tìm các kích thước miền tính phù hợp tàu đang tính như sau:

(1) Tính sơ bộ các kích thước miền tính và vị trí các biên theo các khuyến nghị hiện có, sau đó xây dựng các phương án miền tính khi thay đổi một kích thước và giữ nguyên kích thước khác (bảng 1). Chia các nhóm phương án (1, 2, 3); (4, 5, 6) và (7, 8, 9) để khảo sát ảnh hưởng vị trí biên inlet, outlet, sides, riêng biên top, bottom giữ không đổi do giá trị các biên này theo các khuyến nghị giống nhau.

(2) Sử dụng XFlow ước tính sức cản cho các phương án kích thước của miền tính đã xây dựng trong bước 2.

(3) Chọn kích thước miền tính trên cơ sở giá trị sức cản tính ở bước 3 không thay đổi và các kích thước của miền tính là nhỏ nhất có thể. Kết quả cho phép nhận được các kích thước của miền tính gồm chiều dài phía trước tàu $2L_{pp}$, phía sau tàu $3L_{pp}$, còn các khoảng cách đến đỉnh, đáy, hai mạn lầy bằng nhau là L_{pp} như thể hiện bảng 1 [2].

Bảng 1. Các phương án miền tính và giá trị sức cản tương ứng.

Phương án	Các kích thước không gian miền tính					Giá trị sức cản tính từ XFlow				
	Inlet	Outlet	Top	Bottom	Sides	Inlet	Outlet	Top	Bottom	Sides
1	L_{pp}	$3L_{pp}$	L_{pp}	L_{pp}	$2L_{pp}$	6382.02				
2	$1.5L_{pp}$	$3L_{pp}$	L_{pp}	L_{pp}	$2L_{pp}$	6381.38				
3	$2L_{pp}$	$3L_{pp}$	L_{pp}	L_{pp}	$2L_{pp}$	6381.38				
4	$2L_{pp}$	$5L_{pp}$	L_{pp}	L_{pp}	$2L_{pp}$		6381.93			
5	$2L_{pp}$	$4L_{pp}$	L_{pp}	L_{pp}	$2L_{pp}$		6381.24			
6	$2L_{pp}$	$3L_{pp}$	L_{pp}	L_{pp}	$2L_{pp}$		6381.24			6381.35
7	$2L_{pp}$	$3L_{pp}$	L_{pp}	L_{pp}	$2L_{pp}$					6381.36
8	$2L_{pp}$	$3L_{pp}$	L_{pp}	L_{pp}	$1.5L_{pp}$					6378.23
9	$2L_{pp}$	$3L_{pp}$	L_{pp}	L_{pp}	L_{pp}					6367.21

3.2. Xác định các thông số của mô hình rối

Như đã trình bày ở trên, hầu hết các nghiên cứu ước tính sức cản tàu bằng lý thuyết CFD, hiện nay thường sử dụng mô hình rối dạng SST k-ε [3]. Khi sử dụng mô hình rối này cần phải xác định được giá trị các thông số của mô hình bao gồm hệ số động năng rối k và hệ số tiêu tán động năng rối ω. Những đại lượng này thường được xác định theo thử mô hình trong bể thử nhưng trong nghiên cứu lý thuyết có thể tính theo các công thức sau [3]:

$$K = 3/2 (IU_F)^2 ; \tag{1}$$

$$\omega = 10 (U_F/L_{pp}). \tag{2}$$

Trong đó: I - Cường độ rối, có thể xác định theo số liệu kinh nghiệm sau.

I ≤ 0.01 dùng cho tàu chạy chậm;

I = (0.01 ÷ 0.10) dùng cho tàu chạy trung bình;

I ≥ 0.10 dùng cho tàu chạy nhanh.

U_F - Vận tốc dòng lưu chất, lấy bằng vận tốc tàu U (m/s).

L_{pp} - Chiều dài hai đường vuông góc của tàu, m.

Giá trị thông số mô hình rối ảnh hưởng lớn đến kết quả tính sức cản tàu nhưng hầu như ít được quan tâm trình bày trong các nghiên cứu có liên quan. Do đó, ở đây đề xuất phương pháp xác định giá trị các thông số này phù hợp với tàu đang tính để kết quả tính sức cản đạt độ chính xác cần thiết như sau.

- Cho trước giá trị I theo phạm vi thay đổi như đã nêu, sau đó ước tính giá trị hệ số k theo công thức (1) và hệ số ω theo công thức (2).

- Sử dụng các giá trị k, ω đã tính để ước

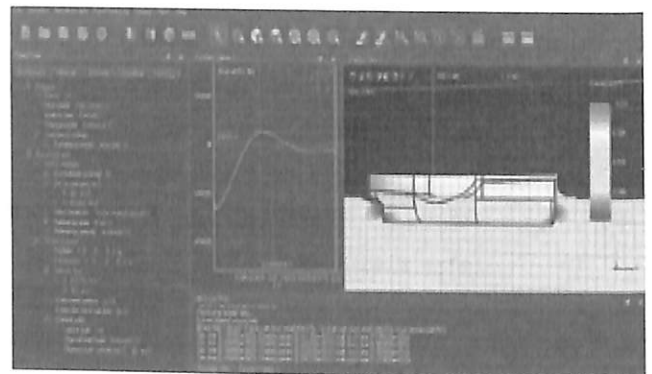
tính sức cản tàu bằng XFlow nhằm đánh giá ảnh hưởng của các hệ số này đến sức cản.

- Xác định giá trị I tại đó mức độ sai lệch giữa kết quả tính sức cản từ XFlow và thực nghiệm nằm trong giới hạn cho phép.

Kết quả nghiên cứu cho tàu đang tính cho phép lấy I = 0.055 cho các số Froude nhỏ hơn 0.30 hoặc I = 0.060 cho các số Froude Fn ≥ 0.30.

4. KẾT LUẬN

Với các thông số đầu vào đã xác định, tiến hành tính toán và tiếp tục điều chỉnh các thông số đầu vào của bài toán cho đến khi mức độ sai lệch giữa giá trị sức cản tính từ XFlow và số liệu thử nghiệm nằm trong giới hạn cho phép (dưới 5%) thì dừng lại và xuất kết quả tính sức cản (hình 3) [2].



Hình 3. Kết quả tính sức cản từ XFlow.

Bảng 2, trình bày kết quả tính và so sánh độ sai lệch (ΔR) giữa giá trị sức cản tính từ XFlow (R_{XF}) và số liệu thử mô hình (R_m) của các tàu FAO 72 và FAO 75.

Bảng 2. So sánh kết quả tính sức cản các tàu FAO 72 và FAO 75 từ XFlow và từ thử nghiệm mô hình:

Fn	U (m/s)	FAO 72			FAO 75		
		R _x (KG)	R _{tn} (KG)	Δ _{R72} (%)	R _x (KG)	R _{tn} (KG)	Δ _{R75} (%)
0.150	3.12	1439.07	1497.30	-4.05	1501.31	1501.50	-0.01
0.175	3.64	1711.07	1765.90	-3.20	1640.49	1606.18	2.09
0.200	4.16	2360.17	2386.10	-1.10	2294.45	2252.25	1.84
0.225	4.69	3129.52	3242.10	-3.60	3106.69	3003.00	3.34
0.250	5.21	4519.34	4639.90	-2.67	4619.56	4504.51	2.49
0.275	5.73	5291.31	5513.00	-4.19	5806.90	5733.01	1.27
0.300	6.25	6437.01	6550.90	-1.77	6367.15	6381.38	-0.22
0.325	6.77	7596.12	7774.60	-2.35	7568.37	7623.01	-0.72
0.350	7.29	10250.87	10587.90	-3.29	10321.11	10617.76	-2.87
0.375	7.81	15131.38	15571.60	-2.91	17287.12	16816.82	2.72
0.390	8.12	24176.59	23322.90	3.53	22946.64	23244.17	-1.30

Từ kết quả tính toán như trên có thể rút ra được các kết luận:

- Có thể sử dụng XFlow với các thông số đầu vào xác định như trên để ước tính chính xác sức cản nhóm tàu cá vỏ thép của FAO với sai lệch giữa giá trị tính và số liệu thực nghiệm dưới 5%.

- Ứng dụng thiết kế các mẫu tàu cá vỏ thép cỡ lớn, cũng như giải quyết nhiều bài toán thủy động học tàu cá còn tồn tại ở nước ta hiện nay như: Tối ưu hóa vỏ tàu và tính năng hàng hải, tính toán tính cơ động (maneuvering), tính toán thủy động lực học chân vịt ... ❖

Ngày nhận bài: **26/11/2018**

Ngày phản biện: **04/12/2018**

Tài liệu tham khảo:

[1]. Jan-Olof Traung (1965); *Fising Boat Tank Test, Food and Agriculture Organization of the United Nations.*
 [2]. Huỳnh Văn Chính (2018); *Ứng dụng CFD xác định sức cản tàu cá vỏ thép*, Chuyên đề Tiến sĩ, Trường Đại học Giao thông Vận tải TP. Hồ Chí Minh.
 [3]. Trần Gia Thái (2014); *Nghiên cứu ứng dụng CFD trong mô phỏng số để thay thế một số thực nghiệm trong ngành Kỹ thuật giao thông*, Đề tài nghiên cứu khoa học.