

TÍNH TOÁN CÔNG SUẤT MÁY CẦN THIẾT CHO TÀU CAO TỐC THÔNG QUA SỬ DỤNG CÔNG CỤ MÔ PHỎNG SỐ CFD

Ngô Văn Hệ*

Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

TÓM TẮT

Trong bài báo này trình bày một phương pháp tính toán lựa chọn sơ bộ công suất máy cho tàu thủy thông qua sử dụng kết hợp giữa tính toán lý thuyết và mô phỏng số CFD (Computation of Fluid Dynamic). Từ yêu cầu thiết kế đặt ra với hình dáng tàu và tốc độ tàu cho trước, việc tính toán xác định công suất cần thiết để làm cơ sở chọn lựa máy tàu là rất cần thiết trong thực tế thiết kế tàu hiện nay. Thông qua việc tính toán mô phỏng số CFD, các thành phần lực cản tác động lên tàu bao gồm lực cản gió, lực cản nhớt tác động lên tàu sẽ được tính toán xác định. Lực cản tác động lên tàu tương ứng với hình dáng tàu và vận tốc thiết kế đặt ra sẽ là cơ sở để xác định công suất cần thiết sơ bộ để lựa chọn máy tàu hay cải tiến hình dáng tàu hợp lý nhất.

Keywords: Công suất máy, tàu cao tốc, CFD, lực cản gió, lực cản nhớt

ĐẶT VẤN ĐỀ

Công nghiệp đóng tàu ngày nay đã phát triển khá mạnh. Việc thiết kế và đóng mới tàu thủy đã được tự động hóa, công nghệ hóa và áp dụng khá nhiều thành tựu khoa học công nghệ trong quá trình thực hiện. Một trong những điểm tiêu biểu nhất gần đây là vấn đề ứng dụng công nghệ thông tin, tin học tiên tiến trong sản xuất cũng như trong thiết kế tàu. Tàu thủy là một công trình kiến trúc nổi, vận hành trong môi trường nước với điều kiện tự nhiên sóng gió. Vì vậy công trình này đòi hỏi yêu cầu kỹ thuật và khả năng công nghệ rất cao so với công trình khác. Ứng dụng công nghệ mới đối với tất cả các lĩnh vực khoa học kỹ thuật khác trên thực tế đều có thể áp dụng thực hiện đối với tất cả các bước trong quá trình đóng tàu. Ứng dụng công nghệ thông tin, ứng dụng tin học trong công nghiệp đóng tàu chính là quá trình ứng dụng, sử dụng những công cụ tiên tiến, hiện đại tham gia vào quá trình đóng tàu thông qua sử dụng máy tính, kỹ thuật tin học và tự động hóa quá trình sản xuất. Vấn đề công nghệ trong công nghiệp đóng tàu có thể được thể hiện thông qua một số giai đoạn cơ bản trong quá trình đóng tàu như công nghệ thiết kế tàu, công nghệ thi công đóng tàu, quá trình thực hiện, triển khai công nghệ và phân tích, quản lý sản

xuất. Ứng dụng tin học, công nghệ mới và tự động hóa trong đóng tàu có thể được hiểu là quá trình vận dụng những thành tựu công nghệ tiên tiến, vận dụng công nghệ thông tin, tự động hóa từng phần hoặc toàn bộ quá trình từ khâu lên kế hoạch đến thiết kế sơ bộ đến khâu thiết kế kỹ thuật, thiết kế công nghệ, quá trình thi công tại nhà máy và quản lý sản xuất, hạch toán kinh tế. Trong các giai đoạn đóng tàu khác nhau bao gồm quá trình thiết kế tàu, thi công đóng tàu và thử tàu, mỗi giai đoạn đều có những vấn đề đặt ra cần thiết phải được nghiên cứu tính toán chi tiết. Tính chọn máy chính cho tàu là vấn đề quan trọng để đảm bảo được công suất cần thiết cho tàu và tốc độ khai thác của tàu theo yêu cầu đặt ra. Trên thế giới đã có nhiều nghiên cứu liên quan đến vấn đề tính toán tối ưu lực cản, giảm lực cản cho tàu, phát triển các loại tàu mới với công suất nhỏ nhất hay nghiên cứu đảm bảo tính năng cho tàu thủy [1-12].

Trong quá trình thiết kế tàu theo phương pháp truyền thống hiện nay, việc tính toán công suất và chọn máy thường được thực hiện theo công thức kinh nghiệm được đúc kết trong các sổ tay kỹ thuật đóng tàu, quy phạm đóng tàu. Đây là phương pháp cho kết quả tính chọn có mức dư công suất khá rộng so với hình dáng thân tàu và loại tàu cụ thể, khó tối ưu công suất máy tàu, hiệu quả kinh tế chưa cao. Trong bài báo này, tác giả trình bày vấn

* Tel: 01679 482746, Email: he.ngovan@hust.edu.vn

để tính toán lựa chọn công suất máy cho tàu cao tốc thông qua ứng dụng công cụ tính toán mô phỏng số CFD hiện đại được dùng nhiều trong lĩnh vực tính toán nghiên cứu động lực học chất lỏng, khắc phục được nhược điểm của phương pháp tính chọn truyền thống. Việc tính toán này là vấn đề cần thiết trong giai đoạn thiết kế tàu. Để hoàn chỉnh thiết kế cần thiết phải lựa chọn được máy với công suất hợp lý, đảm bảo yêu cầu đặt ra. Trên cơ sở hình dáng tàu và tốc độ tàu được yêu cầu, các thông số của tàu sẽ được đưa vào tính toán mô phỏng số để tính toán lực cản tác động lên tàu, đây là cơ sở để tính toán công suất cần thiết cho tàu. Hình 1 thể hiện hình ảnh tàu khách cao tốc được thiết kế tại công ty tàu thủy Việt Hàn.



Hình 1. Tàu khách vỏ nhôm Việt Nam
($L \times B \times T = 41.12 \times 5.6 \times 1.25 \text{m}$; 310 khách; máy chính $2 \times 1500 \text{HP}$; tốc độ 27knots)

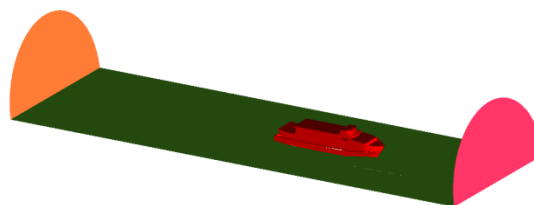
ỨNG DỤNG CFD TRONG TÍNH TOÁN THỦY KHÍ ĐỘNG LỰC HỌC TÀU THỦY

Trong tính toán mô phỏng số CFD, bước thứ nhất cần thực hiện là việc xây dựng mô hình tính toán mô phỏng. Trong nghiên cứu này, trên cơ sở tuyến hình tàu và các thông số cơ bản của tàu. Mô hình tàu khách 310 khách được thực hiện mô phỏng trong không gian 3 chiều thông qua sử dụng chương trình thiết kế chuyên dụng Auto-Ship, hiện đang được khai thác và sử dụng tại Trường Đại học Bách khoa Hà Nội. Từ mô hình hình học 3D này sẽ thực hiện quá trình thiết kế bài toán tính toán mô phỏng số CFD. Với bài toán tính công suất cho tàu cần thiết phải tính, xác định các thành phần lực cản tác động lên tàu gồm lực

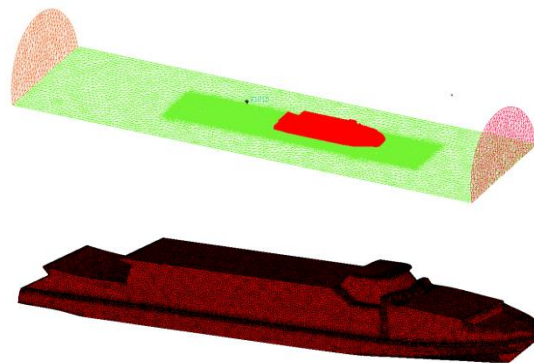
cản khí động R_a và lực cản nhớt R_w , theo công thức (1). Đây là cơ sở để thiết kế mô hình tính toán mô phỏng.

$$R_{\text{Total}} = R_{\text{air}} + R_{\text{water}} \quad (1)$$

Trong tính toán mô phỏng số, để thực hiện được bài toán thì mô hình tính toán cần thiết phải được thiết kế hợp lý nhất. Trong vấn đề này bài toán được thiết kế gồm 2 bài toán tính toán mô phỏng khác nhau: tính toán lực cản nhớt; tính toán lực cản khí động. Khi thực hiện 2 bài toán này sẽ xác định được 2 thành phần lực cản tác động lên thân tàu gồm phần lực cản dưới nước và phần lực cản trên không khí. Hình 2 thể hiện mô hình tàu 3D và mô hình bài toán thực hiện khảo sát.



Hình 2. Mô hình tính toán khảo sát



Hình 3. Miền không gian tính toán và chia lưới không cấu trúc kiểu T

Trên cơ sở mô hình bài toán đã thiết kế, việc tiếp theo cần thực hiện trong quá trình tính toán khảo sát là xác định miền không gian tính toán khảo sát và chia lưới miền không gian tính toán. Trong tính toán số CFD, miền không gian tính toán có ảnh hưởng lớn đến kết quả tính toán cũng như hiệu quả của quá trình thực hiện tính toán. Vì vậy việc thiết kế mô hình, miền không gian tính toán khá quan trọng đòi hỏi người thực hiện cần có kinh nghiệm trong tính toán hay phải được thực

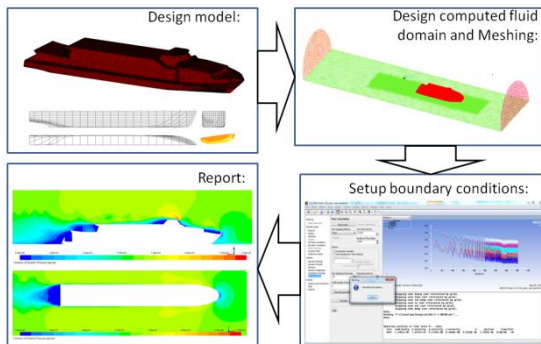
hiện theo các tài liệu chỉ dẫn uy tín đã công bố [1-12]. Trong nghiên cứu này miền không gian tính toán được giới hạn với chiều dài 6L, chiều rộng 2.5L và chiều cao 1.5L với L là chiều dài tàu [5-11]. Hình 3 thể hiện miền không gian tính toán và chia lưới.

Từ miền không gian tính toán đã được thiết kế và chia lưới, sẽ thực hiện việc thiết lập các điều kiện tính toán khảo sát cho bài toán cần thực hiện. Trong nghiên cứu này, mô hình rối k- ω được lựa chọn sử dụng cho bài toán 2 pha tính toán khảo sát đặc tính thủy động học cho tàu phần thân dưới nước. Với bài toán tính toán đặc tính khí động phần trên mặt nước thì sử dụng mô hình rối k- ϵ , việc thực hiện này được lựa chọn theo các tài liệu tham khảo uy tín [1-12]. Đầu vào được lựa chọn với vận tốc vào, đầu ra được lựa chọn với áp suất ra. Bảng 1 thể hiện một số điều kiện thiết lập cho bài toán trong tính toán.

Bảng 1. Điều kiện thiết lập trong tính toán

Thông số	Giá trị	Đơn vị
Đầu vào	Vận tốc vào	-
Đầu ra	Áp suất ra	-
Lưới chia	2.6 triệu	Phần tử
Vận tốc	20	knots
Áp suất khí trời, p_a	1.025	10^5 N/m^2
Khối lượng riêng không khí, ρ_{air}	1.225	kg/m^3
Khối lượng riêng nước biển, ρ_{water}	1025	kg/m^3

Trên cơ sở các điều kiện tính toán được thiết lập bài toán được thực hiện chạy trên máy tính. Máy tính sử dụng cho tính toán này với cấu hình Core i7, 2.68Ghz, RAM2Gb. Hình 4 thể hiện sơ đồ quá trình tính toán mô phỏng số CFD đặc tính thủy động học tàu thủy.

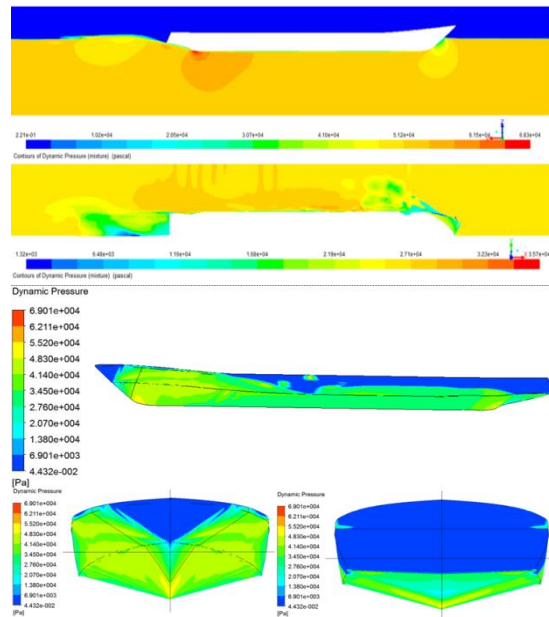


Hình 4. Quá trình tính mô phỏng số CFD

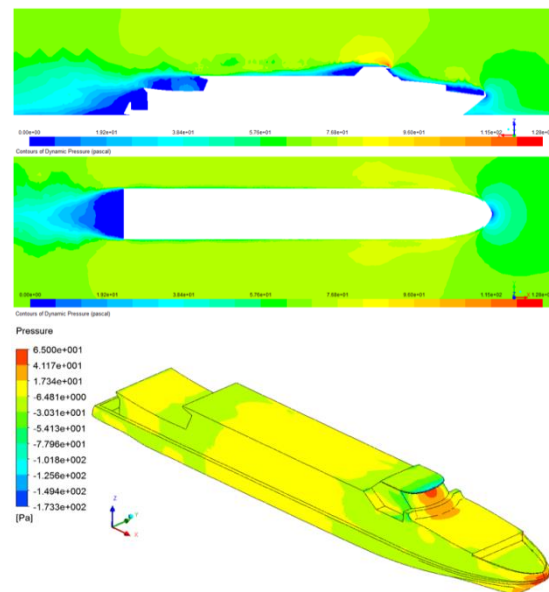
Sau khi quá trình tính toán kết thúc, sẽ thực hiện việc sử lý kết quả và phân tích dữ liệu thu được nhằm phục vụ công việc nghiên cứu tính toán cần thiết.

KẾT QUẢ TÍNH TOÁN LỰC CẢN, CÔNG SUẤT CẦN THIẾT CHO TÀU

Hình 5, 6 thể hiện kết quả tính toán mô phỏng phân bố áp suất bao quanh thân tàu trong miền không gian khảo sát của tàu.



Hình 5. Phân bố áp suất bao quanh tàu trong khảo sát phần lực cản nhớt



Hình 6. Phân bố áp suất bao quanh tàu trong khảo sát phần lực cản khí động

Các kết quả CFD về phân bố áp suất bao quanh và trên bề mặt thân tàu cho thấy rõ mức độ tác động khác nhau của lực cản đơn vị lên thân tàu và ảnh hưởng của hình dáng thân tàu tương ứng. Các kết quả này là cơ sở cần thiết để nghiên cứu cải tiến đặc tính thủy động lực học thân tàu cũng như nghiên cứu giảm lực cản nâng cao hiệu suất khai thác cho tàu.

Bảng 2. Kết quả tính toán lực cản của tàu

Thành phần lực cản	R_p C_p	R_f C_f	R_{total} C_{total}
R_{water} , N	43908	17049	60957
R_{air} , N	837	85	922
C_{water}	0.00521	0.00202	0.00723
C_{air}	0.35634	0.03620	0.39255
N_e , Hp	624.97	239.32	864.29

Trong đó R_p , R_f tương ứng là các thành phần lực cản nhớt áp suất và lực cản nhớt ma sát tác động lên thân tàu tương ứng. C_{water} , C_{air} tương ứng là các hệ số lực cản nhớt và lực cản khí động tác động lên tàu tương ứng.

Các thành phần lực cản được xác định theo công thức (2, 3).

$$R_{Total(water/air)} = R_{p(water/air)} + R_{f(water/air)} \quad (2)$$

$$C_x = \frac{R_x}{0.5\rho V^2 S} \quad (3)$$

$$N_e = R_T \cdot V \quad (4)$$

Trong đó: S là diện tích bề mặt tác dụng, C_x tương ứng là hệ số lực theo lực R_x . N_e là công suất cần thiết cho tàu.

Như vậy công suất cần thiết cho tàu đã được tính toán xác định.

KẾT LUẬN

- Trong bài báo này, thông qua việc sử dụng chương trình tính toán mô phỏng số CFD các thành phần lực cản tác động lên tàu đã được xác định. Trên cơ sở xác định được các thành phần lực cản tác động lên thân tàu và lực cản tổng cộng tác động lên tàu, công suất cần thiết cho tàu đã được tính toán. Đây là cơ sở quan

trọng để tính toán lựa chọn máy chính cho tàu thỏa mãn các yêu cầu đặt ra trong thiết kế tàu.

- Phương pháp tính mô phỏng số CFD là công cụ khá hữu ích trong tính toán lực cản tác động lên tàu tương ứng cụ thể với mỗi loại tàu cụ thể được thiết kế. Việc tính toán này cho kết quả sát thực hơn với yêu cầu so với phương pháp tính chọn theo kinh nghiệm.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. K. Matumoto et al. (2003), "Reduction of wind force acting on ships", *Journal of the Kansai Society of Naval Architects*, Vol. 240, pp. 115-121.
2. Y. Nihei et al. (2008), "A feasibility study of a new trimaran PCC in medium speed", *Proc. 4th APHydro2008*, Taipei, Taiwan, June 16-18, pp. 17-23.
3. T. Fujiwara et al. (2009), "Experimental investigation and estimation on wind force for a container ship", *Proc. 19th the IOPEC*, Osaka, Japan, pp. 555-562.
4. K. Sugata et al. (2010), "Reduction of wind force acting on NBS", *The 5th APHydro2010*, Osaka, Japan, 1-4.
5. K. Mizutani et al. (2013), "A Study on Reduction of the Wind Resistance Acting on a Wood Chip Carrier", *Proc. 16th the JSNAOE*, Hiroshima, Japan, pp.285-288.
6. N.V. He and Y. Ikeda (2013), "A Study on Interaction Effects between Hull and Acc on Air Resistance of a Ship", *Proc. 16th the JASNAOE*, Hiroshima, Japan, pp.281-284.
7. K. Mizutani et al. (2014), "Effects of cargo handling equipment on wind resistance acting on a WCC", *Proc. 17th the JASNAOE*, Hiroshima, Japan, pp.421-425.
8. N.V. He et al. (2016), "Reducing air resistance acting on a ship by using interaction effects between the hull and accommodation", *Ocean Engineering Journal*, Vol. 111, pp. 414-423.
9. H.K. Versteeg et al. (2015), "An Introduction to Computational Fluid Dynamics", *The Finite Volume Method*, 2nd Edition, Pearson Education.
10. B. Mohammadi, O. Pironneau (1994), "Analysis of the K-epsilon turbulence model", *Wiley & Sons*.
11. ITTC (2011), "The resistance committee", *Final report and recommendations to 26th ITTC*, Vol.1.
12. ANSYS Inc (2015), "ANSYS FLUENT User's Guide", *Theory Guide*, Release 15.0.

SUMMARY

CALCULATED POWER FOR A HIGH SPEED SHIP BY USING CFD**Ngô Văn Hệ****Hanoi University of Science and Technology*

In this paper, author presents a study on calculating power energy for a high speed ship by theoretical calculations and Computation of Fluid Dynamics (CFD). Calculation of ship power follows as hull shape and service speed is also important for the ship design. It is an important basis theory to choose a main machine for the ship. From the computed results given by CFD, the components of ship resistances acting on the ship as water resistances, air resistances are computed. From total resistances acting on the ship, a required power needed for the ship is investigated. This is a basis theory to choose or design the main machine for the designed ship.

Keywords: *Ship power, high speed ship, CFD, air resistance, water resistance*

Ngày nhận bài: 21/8/2017; Ngày phản biện: 01/9/2017; Ngày duyệt đăng: 30/11/2017

* Tel: 01679 482746, Email: he.ngovan@hust.edu.vn