

ẢNH HƯỞNG CỦA MIỀN KHÔNG GIAN TÍNH TOÁN VÀ LƯỚI ĐẾN KẾT QUẢ TÍNH TOÁN MÔ PHỎNG SỐ CFD LỰC CẢN NHỚT THÂN TÀU

Ngô Văn Hề*

Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

TÓM TẮT

Trong bài báo này, các tác giả trình bày một số kết quả nghiên cứu về sử dụng công cụ tính toán mô phỏng số CFD (*Computation of Fluid Dynamic*) và ảnh hưởng của một số điều kiện tính toán trong quá trình thực hiện bài toán lực cản nhớt thân tàu đến kết quả thu được. Để thực hiện bài toán tính mô phỏng số CFD, thông thường phải thực hiện theo các bước gồm: thiết kế mô hình tính toán, thiết kế miền không gian tính toán và chia lưới, đặt điều kiện biên cho bài toán và thực hiện quá trình tính toán. Mỗi bước thực hiện đều có ảnh hưởng nhất định đến quá trình tính toán và kết quả của bài toán. Trong bài báo này, nhóm tác giả trình bày một số kết quả nghiên cứu về ảnh hưởng của miền không gian tính toán và lưới chia đến kết quả tính toán mô phỏng số CFD. Đây là những vấn đề cần thiết trong quá trình thực hiện các bài toán mô phỏng số CFD nói chung và các bài toán khảo sát đặc tính thủy động lực học tàu thủy nói riêng.

Keywords: CFD, lực cản nhớt, thân tàu, miền không gian tính toán, lưới

ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong những năm gần đây, công cụ tính toán mô phỏng số thương mại đã được sử dụng khá phổ biến trong các bài toán kỹ thuật. Với khả năng đưa ra được những hình ảnh, kết quả mô phỏng các quá trình kỹ thuật giúp các nhà nghiên cứu nhìn nhận được vấn đề một cách trực quan mà thực nghiệm khó thực hiện được, công cụ tính toán mô phỏng số CFD ngày càng được sử dụng rộng rãi. Trong lĩnh vực tính toán mô phỏng số CFD các vấn đề kỹ thuật, thường được thực hiện theo hai hướng nghiên cứu nhất định bao gồm: một là phát triển công cụ tính toán số hay lập trình viết chương trình tính toán mô phỏng một vấn đề kỹ thuật đặt ra, hai là ứng dụng công cụ tính toán mô phỏng số thương mại trong giải quyết các vấn đề kỹ thuật đặt ra. Tùy theo lĩnh vực thực hiện và nhóm nghiên cứu khác nhau, các vấn đề về tính toán mô phỏng số vấn đề kỹ thuật đặt ra có thể được thực hiện theo các hướng này. Trong quá trình thực hiện bài toán tính toán mô phỏng số CFD, thông thường cần thực hiện theo các bước như sau: thiết kế mô hình bài toán, thiết kế miền không gian tính toán, chia lưới, đặt điều kiện tính toán và thực hiện chạy chương trình

trên máy tính. Trong quá trình thực hiện, mỗi bước khác nhau đều có ảnh hưởng nhất định đến quá trình tính toán và ảnh hưởng đến kết quả tính toán mô phỏng thu được. Trong mỗi vấn đề cụ thể, việc ứng dụng và thực hiện bài toán có những vấn đề riêng khác nhau, tùy theo vấn đề cần giải quyết. Một số nghiên cứu ứng dụng CFD gần đây liên quan có thể kể đến như sau: Ngô. VH cùng cộng sự (2013), nghiên cứu ảnh hưởng tương tác giữa thân và thượng tầng tàu đến các đặc tính khí động học và giảm lực cản khí động cho tàu thủy thông qua sử dụng công cụ tính toán mô phỏng số CFD [1]. Ngô. VH cùng cộng sự (2015), ứng dụng CFD nghiên cứu đặc tính thủy động lực hệ thống chân vịt bánh lái tàu thủy, ảnh hưởng của khe hở giữa chân vịt và bánh lái đến đặc tính thủy động lực [2]. Ngô. VH cùng cộng sự (2012, 2014, 2017) ứng dụng công cụ tính toán mô phỏng số thương mại CFD trong nghiên cứu giảm lực cản thân tàu không sử dụng nước dẫn, phát triển loại tàu mới không nước dẫn tiết kiệm nhiên liệu [3, 5, 6]. Trong mỗi nghiên cứu khác nhau, ảnh hưởng của quá trình thực hiện tính toán đến kết quả được kiểm nghiệm so sánh với kết quả thực nghiệm mô hình tương ứng.

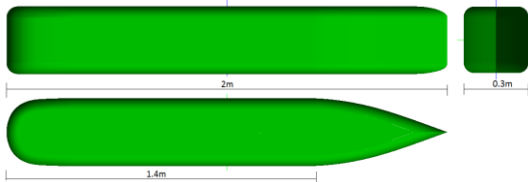
Trong nghiên cứu này, ảnh hưởng của miền không gian tính toán và chia lưới đến kết quả

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

tính toán và quá trình tính toán với bài toán tính mô phỏng số CFD khảo sát đặc tính thủy động lực và lực cản nhớt tác động lên tàu thủy được thực hiện. Trong lĩnh vực nghiên cứu về đặc tính thủy động lực tàu thủy và phương tiện nổi, vấn đề tối ưu miền không gian tính toán và lưới cũng như ảnh hưởng của các yếu tố tính toán này đến kết quả CFD luôn được quan tâm. Trong điều kiện thực nghiệm còn hạn chế cũng như vấn đề chi phí thực nghiệm khá cao thì chất lượng của kết quả tính toán mô phỏng số càng được quan tâm nhiều hơn trong nghiên cứu. Nghiên cứu này cần thiết trong vấn đề mô phỏng số CFD đặc tính thủy động lực dòng chảy nói chung và thủy động lực tàu thủy nói riêng.

MÔ HÌNH TÍNH TOÁN VÀ QUÁ TRÌNH THỰC HIỆN BÀI TOÁN MÔ PHỎNG SỐ

Mô hình tính toán được lựa chọn là mô hình đối xứng với biên dạng theo đường nước thiết kế của thân tàu, với chiều dài 2 m, chiều rộng 0.3 m và chiều cao 0.3 m. Bài toán đặt ra trong nghiên cứu là ảnh hưởng của miền không gian tính toán và lưới đến đặc tính thủy động học và lực cản nhớt của thân tàu trong nước. Hình 1 thể hiện mô hình sử dụng trong tính toán mô phỏng trong nghiên cứu này.

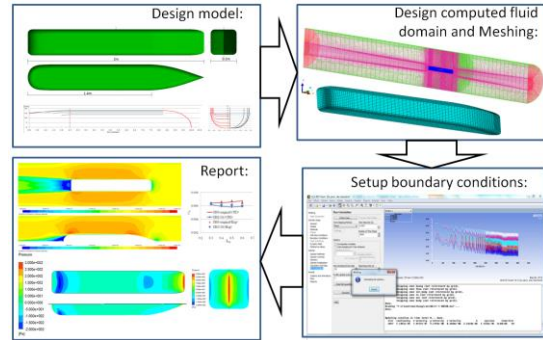


Hình 1. Mô hình thân tàu đối xứng sử dụng trong tính toán mô phỏng CFD

Hình 2 thể hiện sơ đồ quá trình thực hiện tính toán mô phỏng số CFD đặc tính thủy động lực học thân tàu, từ quá trình thiết kế mô hình tính toán, thiết kế miền không gian tính toán, chia lưới và đặt điều kiện tính toán, thực hiện tính toán và xử lý kết quả.

Trong nghiên cứu này, vấn đề thiết kế miền không gian tính toán và lưới sẽ được nghiên cứu cụ thể để làm rõ sự ảnh hưởng của nó đến kết quả tính toán mô phỏng đặc tính thủy động lực học và lực cản nhớt tác động lên

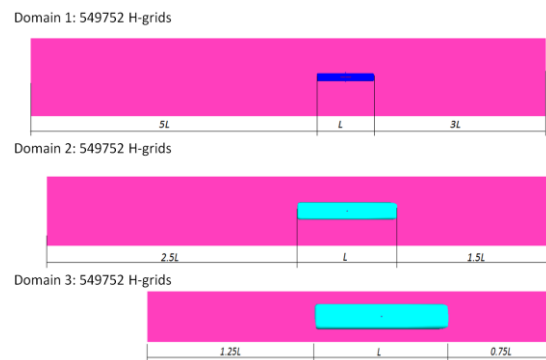
thân tàu trong nước khảo sát. Trên cơ sở đó miền không gian tính toán, số lượng lưới chia, kiểu lưới chia tính toán sẽ được thay đổi khác nhau để thực hiện bài toán với các điều kiện biên tính toán được giữ không thay đổi.



Hình 2. Sơ đồ thực hiện bài toán CFD

ẢNH HƯỞNG CỦA MIỀN KHÔNG GIAN TÍNH TOÁN ĐẾN KẾT QUẢ BÀI TOÁN

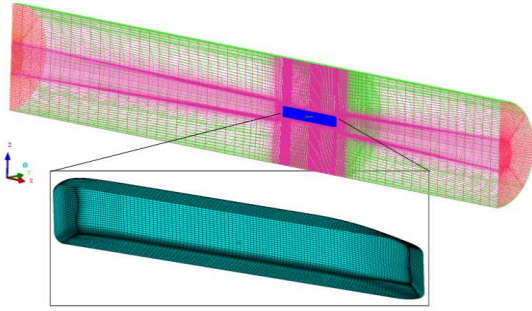
Trong phần này, ảnh hưởng của miền không gian tính toán đến kết quả bài toán khảo sát đặc tính thủy động lực thân tàu được thực hiện. Trên cơ sở thực hiện tính toán, so sánh kết quả thực hiện với các miền không gian tính toán có kích thước khác nhau, ảnh hưởng của miền không gian khảo sát đến kết quả tính toán mô phỏng số sẽ được thực hiện. Hình 3 thể hiện miền không gian sử dụng trong tính toán. Hình 4 thể hiện lưới chia kiểu cấu trúc dạng H áp dụng cho 3 miền không gian tính toán.



Hình 3. Miền không gian tính toán

Bảng 1. Miền không gian tính toán và chia lưới

Miền khảo sát LxBxH (m)	Kiểu lưới	Số lưới (triệu)
18x3x3	H	0,550
10x1,5x1,5	H	0,550
6x0,75x0,75	H	0,550



Hình 4. Chia lưới cấu trúc kiểu H trên miền không gian tính toán

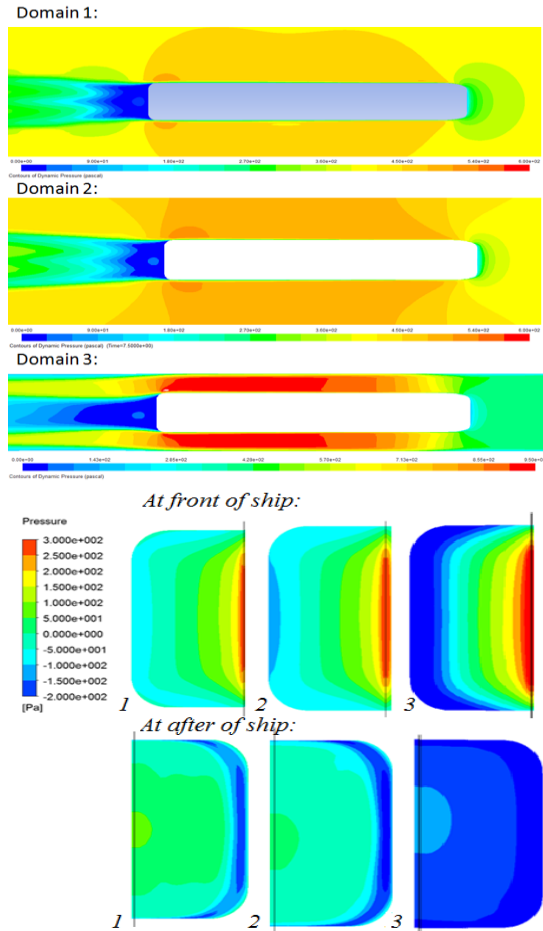
Từ mô hình và lưới đã được chia và hiệu chỉnh chất lượng đảm bảo cho tính toán. Lưới chia được đưa vào công cụ thực hiện quá trình tính toán để thiết lập các điều kiện đầu vào và thực hiện quá trình tính toán trên máy tính. Các mô hình được thực hiện thiết lập các điều kiện tương ứng giống nhau. Việc thiết lập các điều kiện tính toán được thực hiện theo các tài liệu tham khảo uy tín và hướng dẫn sử dụng cho người dùng [3-8].

Trên cơ sở thiết lập các điều kiện tính toán cho bài toán trong các trường hợp thực hiện hoàn toàn giống nhau. Quá trình tính toán được thực hiện trên máy tính với cấu hình Core i7, 2.68Ghz, RAM2Gb. Sau khi kết thúc tính toán, các kết quả được xuất và xử lý theo dữ liệu thu được. Bảng 2 thể hiện một số điều kiện được thiết lập cho bài toán.

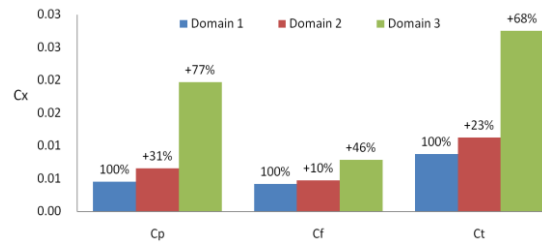
Bảng 2. Thiết lập các điều kiện tính toán

TT	Điều kiện	Thông số
Vận tốc dòng vào, m/s	Velocity inlet	0,894
Áp suất dòng đầu ra, at	Pressure outlet	1,025
Mô hình rối	k-epsilon	
Số Reynold	Re	2×10^6

Hình 5 thể hiện kết quả tính toán mô phỏng phân bố áp suất bao quanh thân tàu trong miền khảo sát và trên bề mặt thân tàu. Kết quả cho thấy rõ ảnh hưởng của miền không gian khảo sát đến phân bố áp suất bao quanh thân tàu. Hình 6 thể hiện kết quả tính toán lực cản nhớt tác động lên thân tàu trong các trường hợp khảo sát với miền không gian tính toán thay đổi khác nhau.



Hình 5. Phân bố áp suất bao quanh và trên bề mặt thân tàu khảo sát



Hình 6. Kết quả tính toán lực cản nhớt tác động lên thân tàu khảo sát

Kết quả thể hiện trên hình 6 cho thấy rõ mức độ ảnh hưởng của miền không gian tính toán đến các thành phần của lực cản nhớt tác động lên thân tàu, sự ảnh hưởng này làm sai lệch kết quả tính toán lực cản lên tới 77% thành phần lực cản nhớt do áp suất gây ra (C_p) và thay đổi tới 68% hệ số lực cản nhớt tổng cộng (C_t). Thành phần lực cản nhớt do ma sát gây ra (C_f) ảnh hưởng ít hơn nhưng sự sai lệch lên tới 46%.

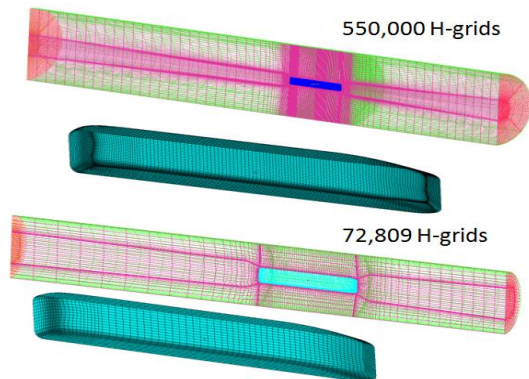
Lực cản nhớt tác động lên thân tàu được xác định theo biểu thức sau:

$$C_t = C_f + C_p \tag{1}$$

$$C_i = R_i / (0.5\rho V^2 S) \tag{2}$$

Trong đó R là lực cản tác động lên thân tàu; V là vận tốc dòng; S là diện tích bề mặt

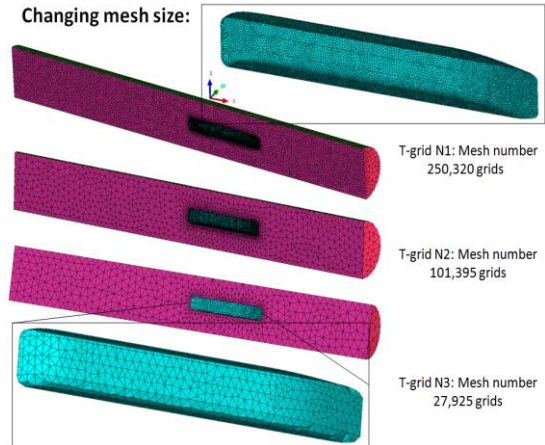
ẢNH HƯỞNG CỦA LƯỚI CHIA ĐẾN KẾT QUẢ TÍNH MÔ PHỎNG SỐ CFD



Hình 6. Thay đổi số lưới chia với kiểu lưới cấu trúc dạng H

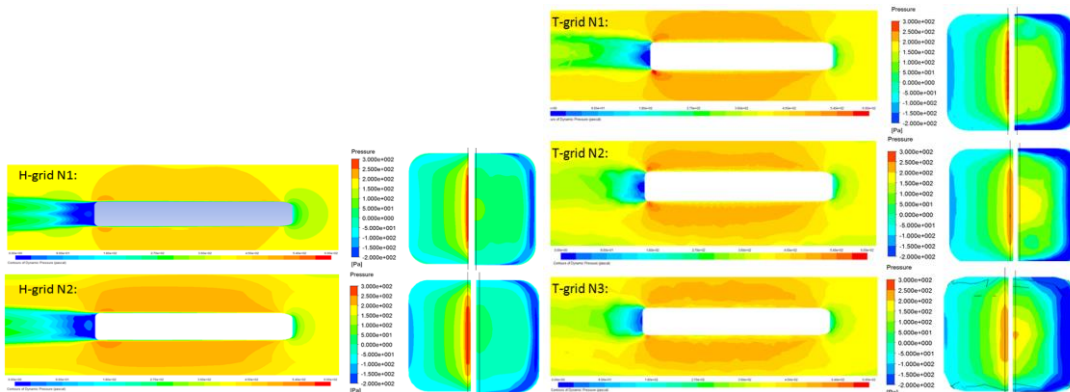
Trong phần này, ảnh hưởng của lưới bao gồm số lượng lưới chia, kiểu lưới chia và kích thước lưới đến kết quả tính toán mô phỏng số CFD được trình bày. Trên cơ sở thay đổi số lượng lưới chia, kích thước lưới chia và kiểu lưới chia trong miền không gian tính toán khảo sát thân tàu không thay đổi, các mô hình tính toán được thực hiện tính toán để so sánh

kết quả tính toán với nhau. Từ kết quả so sánh giữa các mô hình với nhau, sự ảnh hưởng của lưới đến kết quả tính toán mô phỏng sẽ được làm rõ. Hình 6, 7 thể hiện lưới chia thay đổi khác nhau trong miền không gian tính toán.



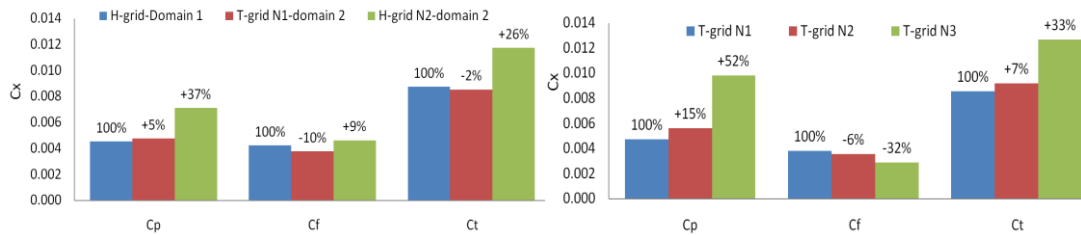
Hình 7. Thay đổi số lưới chia với kiểu lưới không cấu trúc dạng T

Từ các mô hình tính toán với kiểu lưới và số lưới chia tương ứng khác nhau như trên hình 6 và 7, thực hiện tính toán với cùng điều kiện đầu vào ta thu được các kết quả mô phỏng tương ứng với mô hình và lưới đã chia. Hình 8 thể hiện kết quả so sánh phân bố áp suất bao quanh thân tàu khảo sát trong miền không gian tính toán với trường hợp chia lưới cấu trúc kiểu H với số lưới chia khác nhau 550.000 lưới và 72.809 lưới.



Hình 8. Phân bố áp suất bao quanh thân tàu khi thay đổi số lưới và kiểu lưới

Kết quả thể hiện rõ ảnh hưởng của lưới đến phân bố áp suất bao quanh thân tàu khảo sát. Hình 9 thể hiện kết quả tính toán lực cản nhớt tác động lên thân tàu.



Hình 9. Lực cản nhớt tác động lên thân tàu

Kết quả thể hiện trên hình 9 cho thấy rõ ảnh hưởng của kiểu lưới, số lưới chia đến các thành phần lực cản nhớt khi thay đổi kiểu lưới. Khi lưới chia không cấu trúc kiểu T giảm đi, thì mức độ ảnh hưởng đến thành phần lực cản nhớt gây ra do áp suất càng tăng lên. Ảnh hưởng đến thành phần lực cản nhớt gây ra do áp suất lên tới 52%, và lực cản nhớt tổng cộng lên tới 33%. Kết quả này phù hợp với kết quả phân bố áp suất bao quanh thân tàu và phân bố áp suất trên bề mặt thân tàu khảo sát.

KẾT LUẬN

Trong bài báo này, ảnh hưởng của miền không gian tính toán và lưới đến kết quả tính mô phỏng số CFD cho bài toán khảo sát đặc tính thủy động lực thân tàu trong nước được thực hiện. Mô hình thân đối xứng theo biên dạng đường nước thân tàu được sử dụng làm mô hình nghiên cứu. Các vấn đề ảnh hưởng của giới hạn miền không gian tính toán khảo sát bài toán, kiểu lưới chia cấu trúc và không cấu trúc, số lượng lưới chia thay đổi khác nhau đã được thực hiện nghiên cứu ảnh hưởng đến kết quả tính toán mô phỏng CFD trong bài toán thủy động lực thân tàu và lực cản nhớt tác động lên thân tàu trong nước.

Từ các kết quả khảo sát và so sánh về phân bố áp suất bao quanh thân tàu, phân bố áp suất trên bề mặt thân tàu và các thành phần lực cản nhớt tác động lên thân tàu cho thấy rõ sự ảnh hưởng của miền không gian tính toán và lưới đến kết quả tính toán CFD. Kết quả nghiên

cứu ảnh hưởng của miền không gian tính toán và lưới đến kết quả bài toán CFD cần thiết trong các bài toán tính mô phỏng số CFD. Kết quả nghiên cứu này là cơ sở để giúp thiết kế tối ưu miền không gian tính toán và lưới trong quá trình thực hiện bài toán mô phỏng số.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- N.V. He and Y. Ikeda (2013), "A Study on Interaction Effects between Hull and Acc on Air Resistance of a Ship", *Proc. 16th JASNAOE*, Hiroshima, Japan, pp.281-284.
- Ngo. V.H, Le. T.T, Le. Q, Ikeda. Y (2015), "A Study on interaction effects on hydrodynamic performance of a system rudder-propeller by distant gap". *Proceeding of the 12th International Marine Design Conference*, Tokyo, Japan, pp. 179-193.
- N.V. He, Y. Nihei and Y. Ikeda (2012). A Study on Application of a Commercial CFD Code to Reduce Resistance Acting on a Non Ballast Tanker – Part 2. *The 6th Asia-Pacific Workshop on Marine Hydrodynamic*, Johor, 264-269.
- T. Tatsumi et al. (2011), "Development of a new energy saving tanker with non ballast water - Part 1", *The JSNAOE*, Fukuoka, (2011) 216-218. (in Japanese)
- N.V. He, Y. Ikeda (2014), "Added resistance acting on hull of a non ballast water ship", *Journal of Marine Science and Application*, Vol. 13 No1, pp. 11-12.
- N.V.He, (2017), "A study on development of a new concept cargo river ship with reduced resistance acting on hull in calm water", *Journal of Science and Technology*, Vol. 121, pp.89-94.
- ITTC (2011), "The resistance committee", *Final report and recommendations to 26th ITTC*, Vol.1.
- ANSYS Inc (2015), "ANSYS FLUENT User's Guide", *Theory Guide, Release 15.0*.

SUMMARY

**EFFECTS OF COMPUTED FLUID DOMAIN AND MESHING
ON THE CFD RESULTS OF VISCOUS RESISTANCE ACTING ON A SHIP****Ngo Van He****Hanoi University of Science and Technology*

In this paper, the authors presents some results of a study on used a commercial Computation of Fluid Dynamic (CFD) to analysis hydrodynamic performances of a ship and the effects of computed conditions on the CFD results of viscous resistance acting on hull of a ship. In the CFD computation, we must do step by step as well as: design model, design computed fluid domain and meshing, setup boundary condition and run. Each step has a certain effect on the computed process and the CFD results. In this paper, the authors present some results of research on effects of computed fluid domain and meshing on the CFD results. This research is important for the problems of the simulated ship hydrodynamic by used CFD as well as the general CFD problem.

Keywords: *CFD, viscous resistance, hull, computed fluid domain, meshing*

Ngày nhận bài: 26/3/2018; Ngày phản biện: 08/4/2018; Ngày duyệt đăng: 31/5/2018

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