

Nghiên cứu ảnh hưởng thủy động của phương tiện thủy hoạt động khu vực độ sâu hạn chế

Lê Tất Hiến^{1,2}, Nguyễn Công Phương^{1,2}, Nguyễn Duy Anh^{1,2,*}



Use your smartphone to scan this QR code and download this article

TÓM TẮT

Việt Nam là quốc gia có đặc thù bờ biển dài và mạng lưới sông ngòi dày đặc gồm các tuyến luồng đường thủy có độ sâu đa dạng và phức tạp. Hiện nay, theo số liệu cục đường thủy nội địa năm 2019, ngành vận tải thủy Việt Nam đạt 250 triệu tấn/năm, trong đó riêng vận tải ven biển đã chiếm hơn 60 triệu tấn/năm, góp phần thúc đẩy ngành vận tải hội nhập kinh tế giữa các vùng miền, phát huy tối đa điều kiện ven biển tự nhiên của Việt Nam. Trong hầu hết trường hợp, phương tiện thủy hoạt động trong các vùng nước có độ sâu khác nhau sẽ chịu ảnh hưởng của những đặc trưng khác nhau về sức cản và trường sóng bao quanh tàu. Đối với nhóm tàu vận tải hoạt động ở đây vận tốc thấp, nghiên cứu về ảnh hưởng của sức cản và của trường sóng có vai trò quan trọng trong việc đảm bảo mục tiêu chính về sử dụng năng lượng tiết kiệm và hiệu quả trong ngành hàng hải. Hiện nay, việc tính toán mô phỏng số là cách tiếp cận thực tế nhằm dự đoán các đặc trưng thủy động của phương tiện thủy. Tuy nhiên, các tính toán mô phỏng số liên quan đến thủy động tập trung nhiều vào sức cản tàu hoạt động ở khu vực vùng nước sâu mà không xét đến ảnh hưởng của sự khác biệt về độ sâu vùng nước. Trong vùng nước nông, trường gradient áp suất tăng dần dẫn đến sức cản toàn tàu tăng. Vì vậy, trong nghiên cứu này ảnh hưởng của mặt thoáng và cao độ sóng trong vùng nước nông của tuyến luồng được xem xét tích hợp trong mô hình dòng 2 pha. Kết quả nghiên cứu đã thành công trong việc mô phỏng trường dòng chảy 2 pha bao quanh tàu (nước và không khí). Kết quả đồng thời thể hiện được sự phù hợp của trường sóng khi so với các thực nghiệm đã được công bố trong các công trình liên quan. Ngoài ra, sự thay đổi sức cản và cao độ sóng xung quanh thân tàu có khác biệt đáng kể dựa trên hạn chế của độ sâu tuyến luồng. Nghiên cứu này có thể áp dụng trong giai đoạn thiết kế tàu sơ bộ nhằm để xuất hình dáng tàu vận tải phù hợp với tuyến luồng đường thủy Việt Nam.

Từ khoá: thủy động học, mặt thoáng, cao độ sóng, nước nông, sức cản tàu

¹Trường Đại học Bách Khoa

²Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh

Liên hệ

Nguyễn Duy Anh, Trường Đại học Bách Khoa

Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh

Email: duyanhnguyen@hcmut.edu.vn

Lịch sử

- Ngày nhận: 9-11-2021
- Ngày chấp nhận: 17-3-2022
- Ngày đăng: 30-4-2022

DOI : 10.32508/stdjet.v5i1.938



Bản quyền

© ĐHQG Tp.HCM. Đây là bài báo công bố mở được phát hành theo các điều khoản của the Creative Commons Attribution 4.0 International license.



GIỚI THIỆU CHUNG

Sự ảnh hưởng ở vùng nước có độ sâu hạn chế đến hiệu suất thủy động học của tàu là bài toán kỹ thuật phức tạp. Đối với tuyến luồng, sự ảnh hưởng của nước nông được chia làm 2 loại: một là kênh chỉ xét đến độ sâu giới hạn của nước và ảnh hưởng của nó đến hiệu suất thủy động lực học của tàu, được gọi là vùng nước có độ sâu hạn chế; hai là mực nước và chiều rộng đều bị hạn chế, gây ảnh hưởng đến hiệu suất thủy động lực học của tàu, được gọi là khu vực hạn chế. Về cơ bản, ảnh hưởng của vùng nước có độ sâu hạn chế thể hiện qua các yếu tố gồm: sự gia tăng sức cản, khả năng xoay trở / điều động, và sự thay đổi áp suất dưới đáy tàu do ảnh hưởng độ sâu¹. Thời gian gần đây, các nghiên cứu liên quan đến ảnh hưởng vùng nước có độ sâu hạn chế ngày càng rõ rệt với sự gia tăng trọng tải của tàu do nhiều tai nạn liên quan đến mắc cạn và ứng xử khi di chuyển của tàu trong vùng nước có độ sâu hạn chế. Ngoài ra, sức cản của tàu tăng rõ rệt ở vùng nước có độ sâu hạn chế do sự biến đổi cục bộ thành phần áp suất

trong sức cản sóng là một trong những nguyên nhân chính dẫn đến tăng lượng tiêu hao nhiên liệu và phát thải carbon dioxide², ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu quả hoạt động của tàu. Mặc dù, đã có nhiều nghiên cứu đã chứng minh độ tin cậy của phương pháp tính toán sức cản ở vùng nước có độ sâu hạn chế từ thực nghiệm nhưng đều có những hạn chế nhất định. Theo công bố của ITTC mối quan hệ giữa sức cản tàu mô hình và tàu thật không thể chính xác ở vùng nước có độ sâu hạn chế^{3,4}.

Nhờ sự phát triển nhanh chóng của khoa học máy tính dẫn đến sự thúc đẩy việc ứng dụng phương pháp số vào tính toán động lực học chất lỏng (CFD) ngày càng mạnh mẽ và trở thành một công cụ để dự đoán hiệu quả các đặc tính thủy động học của tàu. Thông qua phương pháp CFD, các hiện tượng vật lý tương tác giữa thân tàu và lưu chất được thể hiện cụ thể và có thể thu được kết quả của từng thành phần sức cản ở các độ sâu khác nhau. Các nghiên cứu ứng dụng phương pháp CFD công bố trước đây được thể hiện ở Bảng 1 là cơ sở tiếp cận hiệu quả.

Trích dẫn bài báo này: Hiến L T, Phương N C, Anh N D. Nghiên cứu ảnh hưởng thủy động của phương tiện thủy hoạt động khu vực độ sâu hạn chế. *Sci. Tech. Dev. J. - Eng. Tech.*; 5(1):1380-1391.

Bảng 1: Tóm lược các tiếp cận nghiên cứu liên quan đến mô phỏng sức cản tàu

Nhóm nghiên cứu	Quốc gia	Năm	Hướng nghiên cứu	Phương pháp
Takanori Hino ⁵	Nhật	2016	Khảo sát trường dòng sau đuôi	CFD (VOF)
Sang,Min Lee ⁶	Hàn Quốc	2013	Khảo sát dòng chảy quanh tàu theo vận tốc	Thực Nghiệm
Barbara d'Aure ⁷	Bi	2015	Đánh giá sai số theo mức độ lưới	CFD
Ivana Martić ⁸	Croatia	2016	Sự ảnh hưởng dòng chảy xung quanh tàu	CFD (VOF)
Q. Zeng ⁹	Hà Lan	2018	Sức cản tàu vùng nước rất nông	Thực nghiệm
Bin Ye ¹	Trung Quốc	2020	Sức cản tàu độ sâu khác nhau	CFD (VOF)
Nastia Degiuli ¹⁰	Croatia	2019	Khảo sát dòng chảy xung quanh tàu	CFD (VOF)

MÔ HÌNH TOÁN VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Phương trình cơ bản và mô hình dòng rối.

Dòng chảy bao quanh vỏ tàu được thiết lập bởi các định luật bảo toàn về khối lượng, động lượng và năng lượng. Phương trình Navier–Stokes, dựa trên bảo toàn động lượng của phần tử chất lỏng nhớt, không nén, thể hiện dưới dạng vi phân¹¹:

$$\frac{\partial(\rho \bar{u}_i)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\rho \bar{u}_i \bar{u}_j + \overline{\rho u_i u_j} \right) = -\frac{\partial \bar{p}}{\partial x_i} + \frac{\partial \bar{\tau}_{ij}}{\partial x_j} \quad (2.1)$$

Trong đó \bar{u}_i là thành phần vận tốc, ρ là tỉ trọng chất lỏng, $\overline{\rho u_i u_j}$ là thành phần tensor ứng suất Reynolds, \bar{p} thành phần áp suất, $\bar{\tau}_{ij}$ thành phần tensor ứng suất nhớt trung bình.

Về mô hình toán dòng rối, để đánh giá gần đúng thực tế sức cản vỏ tàu, mô hình dòng chảy $k - \omega$ với các giả thuyết tuyến tính về xoáy nhớt của Boussinesq (linear eddy viscosity) được áp dụng phổ biến cho dòng chảy¹². Theo đó, thành phần của tensor ứng suất Reynolds tỷ lệ với các gradient vận tốc trung bình, với k là động năng dòng rối và μ_t là hệ số rối do xoáy nhớt thể hiện qua hệ số phân tán rối e hay hệ số phân tán riêng w . Trong nghiên cứu này, mô hình dòng rối được sử dụng để đánh giá sức cản là mô hình toán SST $k - \omega$.

Phương pháp dòng 2 pha (VOF) cho bài toán thủy động

Phương trình chuyển động VOF

$$\frac{\partial \alpha}{\partial t} + \nabla \cdot [(U - U_g) \alpha] + \nabla \cdot [U_r (1 - \alpha) \alpha] = 0 \quad (2.2)$$

Trong đó: α tương đương với tỷ lệ giữa chất lỏng 2 pha (khí, nước). α có giá trị:

$$\begin{cases} \alpha = 0, & \text{kk} \\ \alpha = 1, & \text{n} \\ 0 < \alpha < 1, & \text{kk} > \text{n} \end{cases}$$

Với kk: không khí và n: nước.

Mô hình gần tường (near-wall modeling)

Mô hình gần tường với các đặt tính dòng chảy tự do phụ thuộc vào khoảng cách bề dày lớp biên y . Các ứng xử của dòng rối có thể được thể hiện thông qua định luật của tường¹³:

$$\frac{U}{u_\tau} = f \left(\frac{\rho u_\tau y}{\mu} \right) \quad (2.3)$$

Trong đó: vận tốc dòng chảy phụ thuộc vào khoảng cách bề dày lớp biên y , độ nhớt động học ν , vận tốc ma sát u_τ thể hiện dưới dạng $u_\tau = \sqrt{\frac{\tau_w}{\rho}}$, với τ_w là ứng suất cắt bề mặt.

Giá trị vận tốc và quãng đường vô thứ nguyên được xác định tương ứng như sau:

$$u^+ = \frac{U}{u_\tau} \quad (2.4)$$

$$y^+ = \frac{\rho u_\tau y}{\mu} \quad (2.5)$$

Do đó, định luật tường trở thành:

$$u^+ = f(y^+) \quad (2.6)$$

Trong đó: y^+ thường được sử dụng để khai báo tham số lớp biên khi thực hiện phân tích tính toán.

Trong nghiên cứu này, mô hình rối được chọn lựa cho bài toán mô phỏng số phương tiện thủy hoạt động ở vùng nước hạn chế độ sâu. Trong nghiên cứu này, xác định bề dày lớp biên bao quanh tàu được tính toán theo tổng độ dày lớp biên với số lớp $y^+ = 50$ ¹⁴.

THIẾT LẬP BÀI TOÁN

Mục đích chính trong nghiên cứu này là đưa ra sự thay đổi độ sâu nước ảnh hưởng đến sức cản và cao độ sóng. Dựa trên kết quả thực nghiệm và các công trình khoa học liên quan được công bố¹, mô hình tàu chạy ở vùng nước có độ sâu hạn chế với các độ sâu khác nhau được nghiên cứu tính toán theo mô hình toán mô phỏng số CFD.

Xây dựng sơ đồ thực hiện

Các phương trình bảo toàn khối lượng, năng lượng và động lượng áp dụng mô hình rối $k - \omega$. Hình 1 trình bày sơ đồ tính toán nghiên cứu.

Mô hình tàu

Trong nghiên cứu này, mô hình tàu KRISO (KCS) có tỷ lệ đồng dạng hình học là 1/31.6 được lựa chọn tính toán mô phỏng và so sánh với số liệu thực nghiệm từ công trình đã công bố¹. Hình 2 trình bày mô hình tàu KCS và Bảng 2 chi tiết các thông số giữa tàu mô hình và tàu thực.

Miền tính toán và điều kiện biên

Trong nghiên cứu này, vận tốc không khí được xem như bằng vận tốc nước. Điều kiện biên và miền tính toán của bài toán mô phỏng số CFD được xây dựng theo khuyến nghị ITTC nhằm đảm bảo điều kiện Dirichlet và Neuman của trường dòng và trường áp suất¹⁵. Nghiên cứu thực hiện mô phỏng ở các độ sâu khác nhau của tàu KCS, do đó miền tính toán có kích thước khác nhau được thiết lập. Hình 3 xây dựng kích thước miền tính toán và Bảng 3 đưa ra những điều kiện miền tính toán dựa trên tiêu chuẩn ITTC.

Lưới tính toán CFD

Hiện nay hầu hết các chương trình mô phỏng có tích hợp quá trình chia lưới tự động hoặc bán tự động¹⁷. Tại các khu vực có bề mặt cong phức tạp của vỏ tàu, việc chia lưới cần nhiều kinh nghiệm để đánh giá sự đảm bảo hình học của lưới Hexahedral và lưới Tetrahedral, hoặc phần tử Tri và phần tử Quad. Trong nghiên cứu này, để mô tả phần tử hình học phức tạp của vỏ tàu, lưới không cấu trúc được sử dụng tại khu vực lớp biên. Ngoài ra, biên dạng sóng ra khỏi thân tàu và dòng chảy tại bề mặt tự do sử dụng phần tử Hexahedral thông qua phương pháp thể tích hữu hạn. Nghiên cứu cho thấy rằng phần tử Hexahedral cho kết quả tốt trong việc ước tính sức cản và trường sóng xung quanh tàu. Hình 4 thể hiện tổng quát về lưới miền tính toán và xung quanh tàu KCS.

KẾT QUẢ TÍNH TOÁN VÀ THẢO LUẬN

Vận tốc $v = 2.196$ m/s tương ứng với số Froude $F_n = 0.26$ và $Re = 1.4 \times 10^7$ dựa trên chiều dài tàu. Bước thời gian cho mỗi vòng lặp $\Delta t = 0.01s$, dựa vào tiêu chuẩn ITTC CFD đưa ra phạm vi $\Delta t = (0.005 \div 0.01) L/U$, ngoài ra, việc lựa chọn bước thời gian cũng sẽ phụ thuộc vào độ phức tạp của mô hình rối. Vì vậy mô hình rối ứng suất Reynolds thực hợp hơn được sử dụng $\Delta t = (0.001 \div 0.0025) L/U^{15,18}$. Khi đó, lựa chọn Δt phù hợp là một trong số phương pháp đạt được sự hội tụ.

Sức cản tổng

Kết quả mô phỏng tại những độ sâu $h/T=4,6,8$, và nước sâu, hệ số sức cản tổng được thể hiện dưới dạng công thức sau và kết quả hệ số sức cản tổng CFD so với kết quả từ thực nghiệm thể hiện tại Hình 5 và Bảng 4.

$$C_T = \frac{R_T}{\frac{1}{2} \rho v^2 S} \quad (4.1)$$

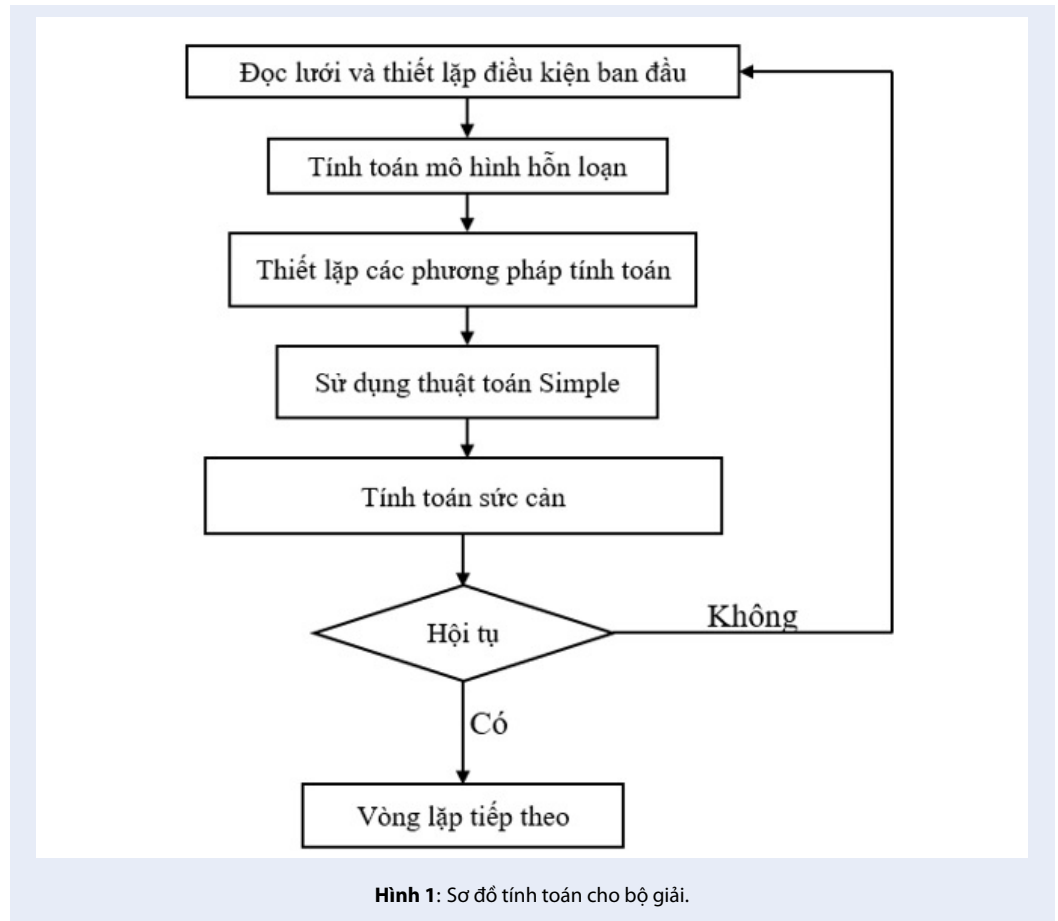
Trong đó: R_T Sức cản tổng (N), C_T Hệ số sức cản tổng, ρ khối lượng riêng của nước (kg/m^3), v là vận tốc của tàu (m/s), S là diện tích mặt ướt (m^2).

Dựa vào cấu hình máy tính Ram 12G, CPU i5 8600U số phần tử xây dựng phù hợp vào khoảng 2 triệu phần tử với thời gian chạy đối từng trường hợp khoảng 80 giờ. Sai số tương đối của sức cản tổng C_T khi so sánh CFD và thực nghiệm¹ từ 3% - 7.5% đối với lưới trung bình. Cụ thể, hệ số sức cản tàu tăng khi độ sâu tuyến luồng giảm là do trường gradient áp suất tăng dần dẫn đến sức cản toàn tàu tăng. Kết quả tính toán mô phỏng thể hiện rằng tàu mẫu container KCS trong nghiên cứu này có độ gia tăng sức cản lớn tương ứng tỉ lệ độ sâu luồng lạch $h/T < 6$. Việc này sẽ tác động đáng kể đến hiệu quả tiết kiệm nhiên liệu trong quá trình khai thác thông qua việc giảm sức cản và cũng cần thêm các khảo sát chi tiết về độ sâu tuyến luồng, vận tốc tới hạn phù hợp với kích thước từng nhóm tàu container theo từng đặc thù khu vực của tuyến luồng pha sông biển Việt Nam

Sức cản nhớt

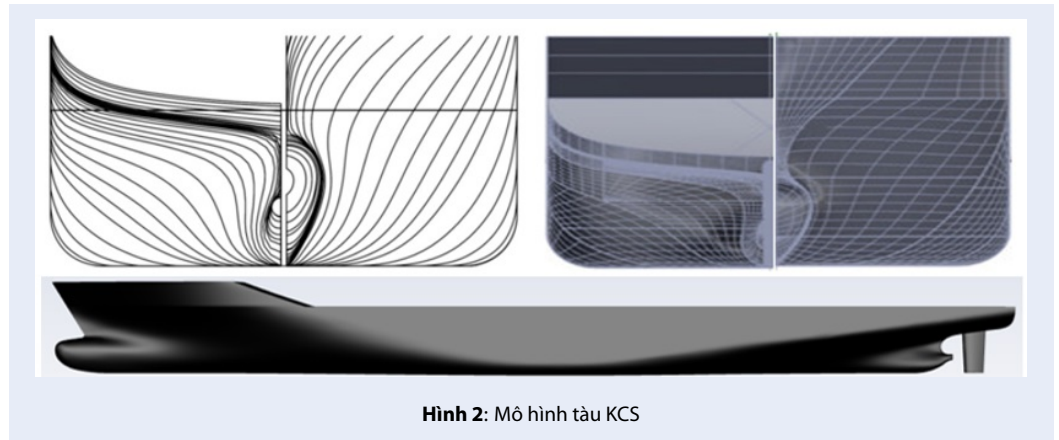
Do bị hạn chế bởi độ sâu luồng lạch, dựa theo nguyên lý Bernoulli, sự gia tăng tốc độ dòng chảy bao ở khu vực đáy tàu gây ra hiện tượng giảm áp suất, hiện tượng “squat”.

Rõ ràng từ Hình 6 ta thấy rằng các giá trị về tốc độ và gradient của vận tốc dòng chảy đều tăng khi độ sâu của nước giảm, điều này phù hợp với việc phân tích trên. Trong nghiên cứu này, giả thuyết mô phỏng là cố định phần chìm và góc nghiêng dọc tàu.

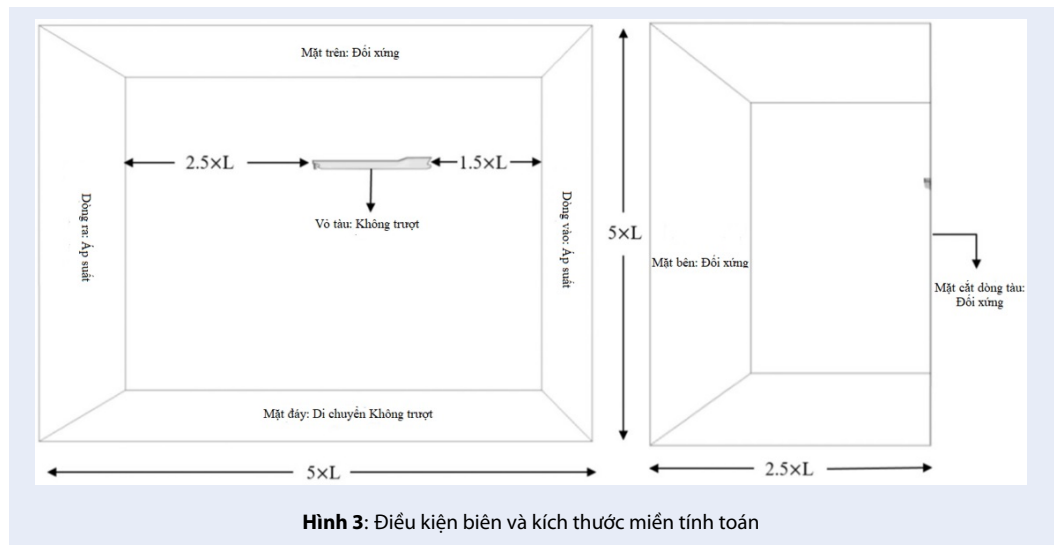


Bảng 2: Các thông số chính của tàu KCS

Ký hiệu	Mô hình Tàu	Tàu thật	Đơn vị
Lpp	7.2786	230	m
BWL	1.019	32.2	m
T	0.3418	10.8	m
Δ	1.649	52030	m ³
S	9.4379	19556.1	m ²
C_B	0.6505	0.6505	
Fn	0.26	0.26	
v	2.196	12.345	m/s



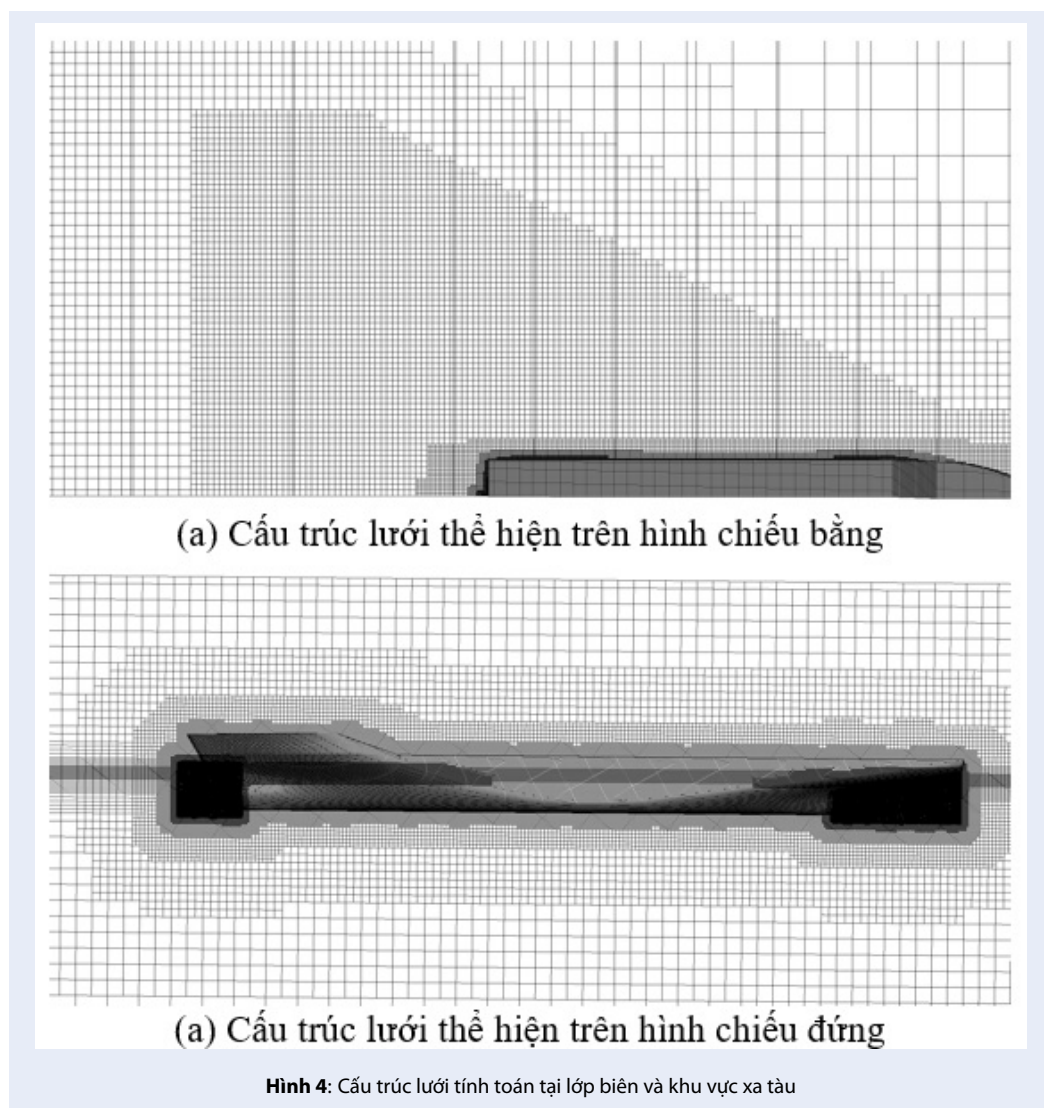
Hình 2: Mô hình tàu KCS



Hình 3: Điều kiện biên và kích thước miền tính toán

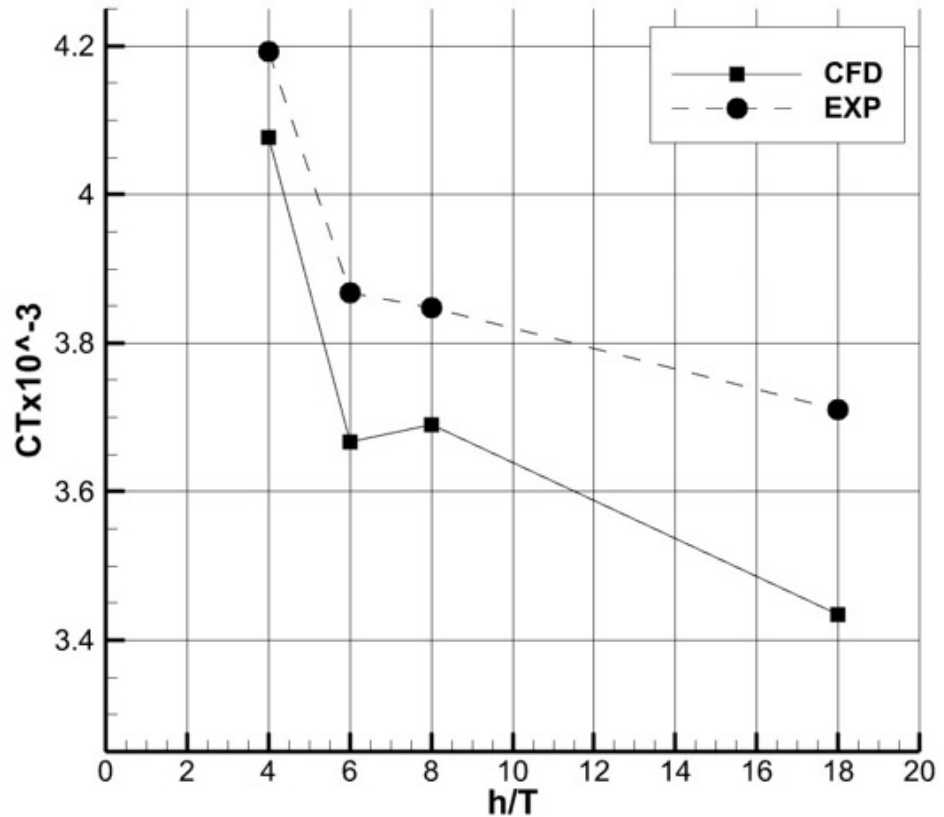
Bảng 3: Điều kiện miền tính toán

Dòng vào	Áp suất
Dòng ra	Áp suất
Mặt dưới	Di động-Không trượt
Mặt trên	Đối xứng
Mặt bên	Đối xứng
Mặt phẳng giữa tàu	Đối xứng
Thân vỏ tàu	Không trượt
Hệ số sức cản bề mặt ¹⁶	0.072



Bảng 4: Giá trị hệ số sức cản tổng giữa CFD và EXP

h/T	$C_T/10^{-3}$ (CFD)	$C_T/10^{-3}$ (EXP)	Sai số %
4	4.077	4.192	2.82%
6	3.667	3.867	5.17%
8	3.69	3.847	4.08
Nước sâu	3.435	3.711	7.44 %



Hình 5: Đồ thị hệ số sức cản tổng CFD và EXP theo độ sâu luồng lạch

Bề mặt tự do

Liên quan đến các quá trình tính toán, Hình 7 và Hình 8 cho thấy mô hình sóng xung quanh tàu bằng phương pháp CFD và mô hình sóng kiểu Kelvin. Với kết quả mô hình sóng điển hình quan sát thấy toàn bộ trường sóng xung quanh tàu và sự giảm sóng ở gần biên của miền tính toán từ đó cho thấy rằng kích thước biên đủ tốt để mô phỏng bề mặt tự do xung quanh vỏ tàu.

Phương pháp tiếp cận RANS hoạt động tốt với dòng chảy gần tường. Dòng chảy xung quanh tàu, có một vùng tách biệt xảy ra phía sau con tàu tạo ra một dòng chảy rối phức tạp bao gồm các xoáy lớn. Mô hình hóa vùng này không chính xác gây ra lỗi tăng lên theo hướng dòng chảy, dẫn đến việc tính toán trường sóng có thể xảy ra những sai số. Do vậy, việc dự đoán cho thấy sự phù hợp tốt với các giá trị thực nghiệm liên quan đến cả cường độ và hình dạng sóng Kelvin phù hợp với bài toán mô phỏng tĩnh, không xét các bậc tự do chuyển động của tàu.

Phần thể tích nước

Một trong những hạn chế của việc mô phỏng 1 pha so với 2 pha (VOF) là 2 pha (VOF) dự đoán được mực nước khi tàu hoạt động so với đường nước thiết kế từ đó đánh giá tăng hay giảm của sức cản tàu.

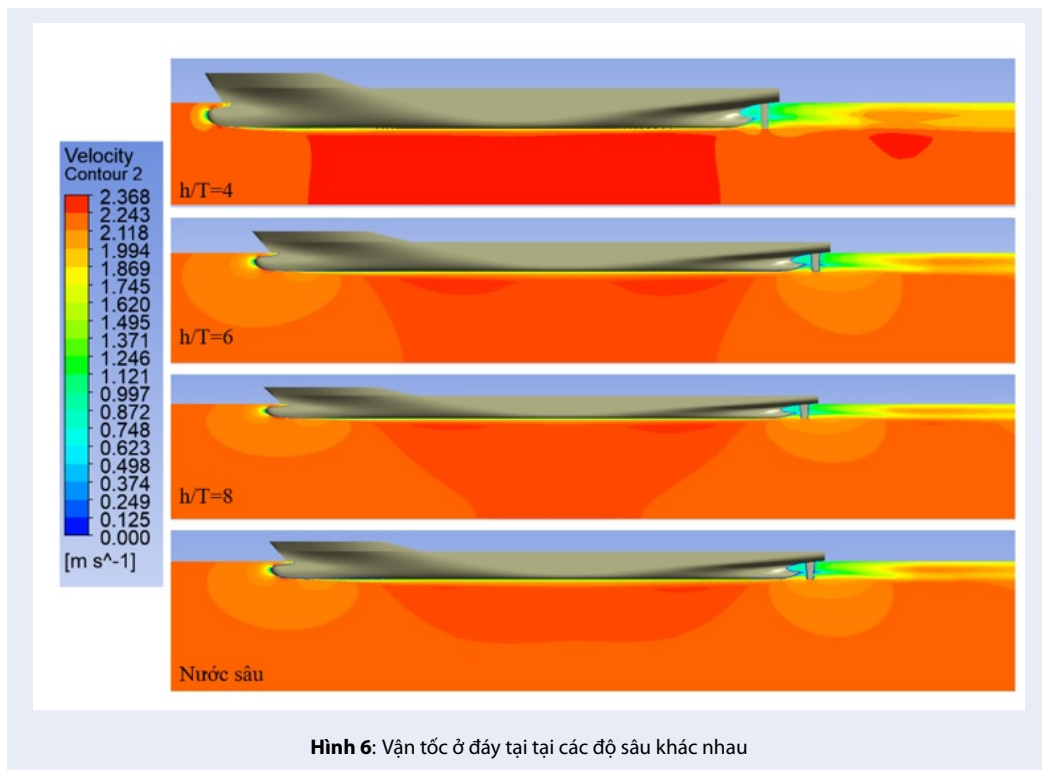
Hình 9 cho thấy rằng bề mặt tự do được biểu diễn trong CFD bằng cách hiển thị phần thể tích nước trên thân tàu, giá trị 0.5 cho phần thể tích của nước ngầm hiểu là chứa 50% nước và 50% không khí. Từ việc mô phỏng dòng 2 pha VOF cho biết vị trí của mặt phân cách nước và không khí tương ứng với bề mặt tự do.

Đồ thị sóng

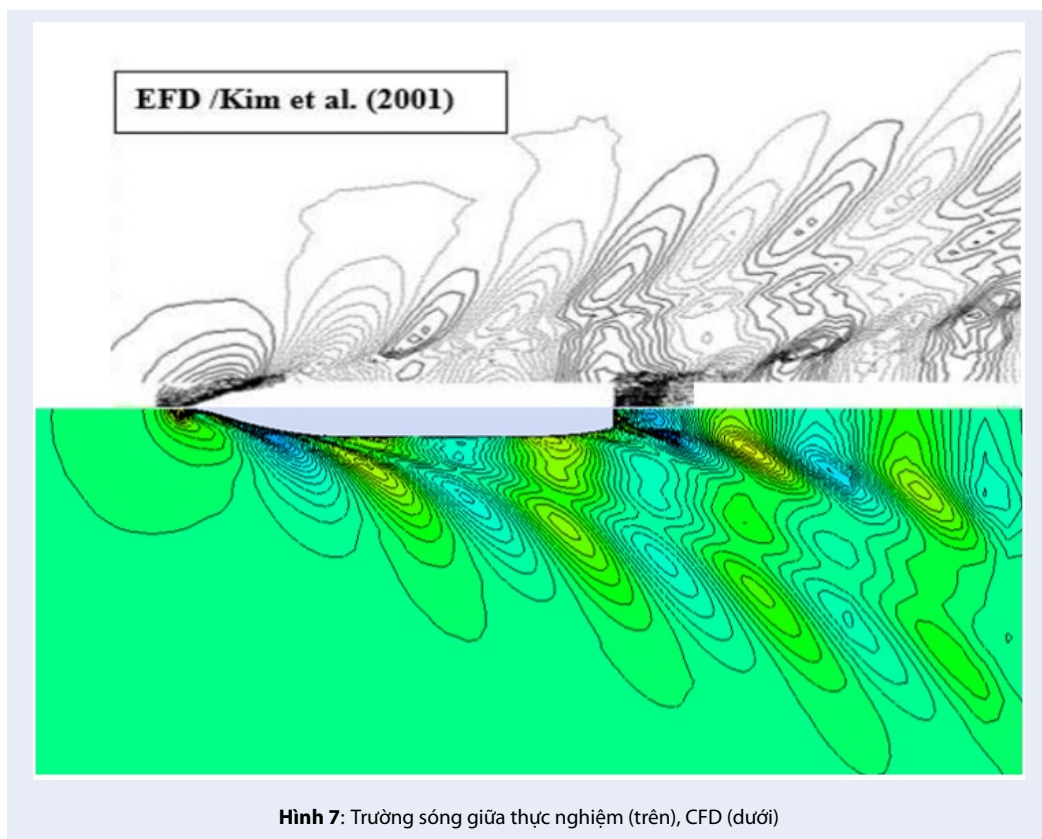
Mối quan hệ giữa sự phân tán đối với giới hạn của nước.

$$c = \sqrt{\frac{g\lambda}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi h}{\lambda}\right)} \quad (4.2)$$

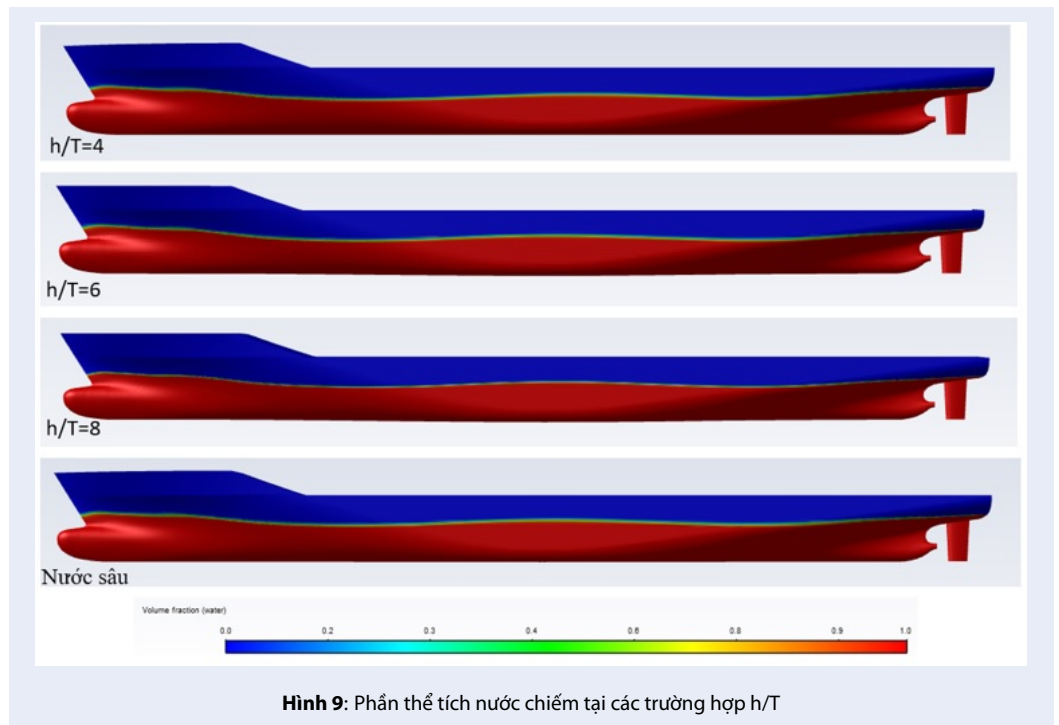
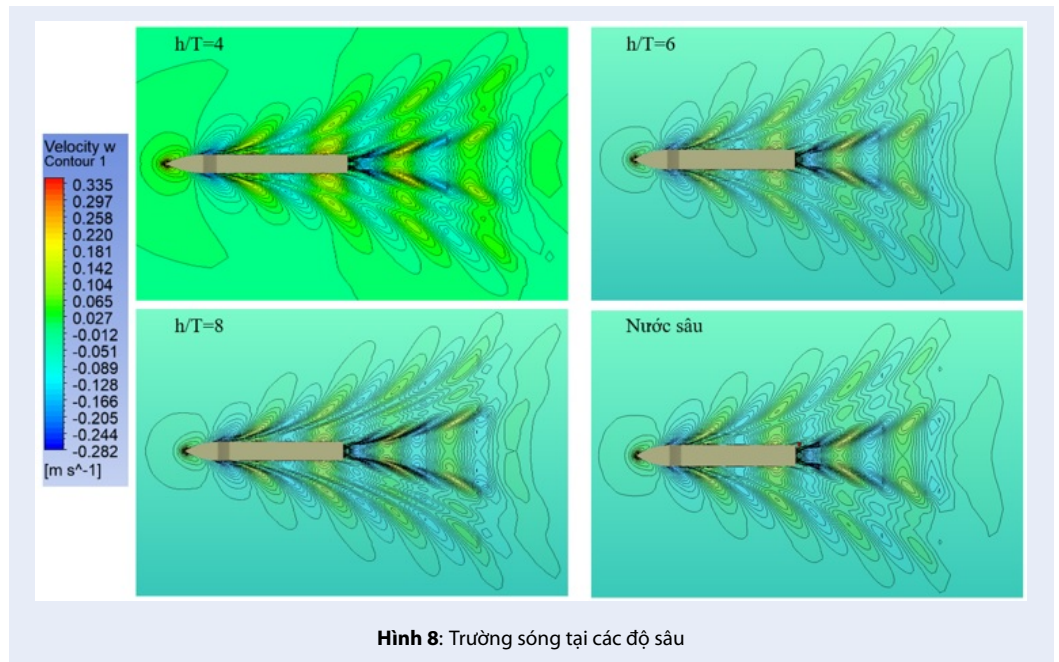
Đối với λ/h lớn, hệ số c phụ thuộc vào tỷ lệ bước sóng và độ sâu của nước. Tốc độ lan truyền khác nhau của sóng ở các độ sâu khác nhau dẫn đến sự khác biệt



Hình 6: Vận tốc ở đáy tại các độ sâu khác nhau



Hình 7: Trường sóng giữa thực nghiệm (trên), CFD (dưới)



về tính chất của sóng giữa các trường hợp tính toán. Hình 10 thể hiện các đặc tính của đồ thị sóng, kết quả chiều cao sóng được tính toán mô phỏng tại mặt cắt $Y/L_{pp}=0.1099$.

Kết quả tính toán cho thấy khi độ sâu luồng lạch giảm, trường gradient áp suất lớn hơn, dẫn đến biên độ sóng tăng và sức cản sóng có dấu hiệu gia tăng rõ rệt.

KẾT LUẬN

Mô hình toán và kết quả mô phỏng số CFD trong nghiên cứu giúp đánh giá ảnh hưởng thủy động của mẩu tàu container KCS tại các khu vực có độ sâu khác nhau. Kết quả tính toán cũng khẳng định sự phù hợp của mô phỏng số cho bài toán sức cản tàu có ảnh hưởng của độ sâu luồng lạch với sai lệch từ 3% -7.5% so với thực nghiệm từ các công trình đã công bố.

Ngoài ra, sự gia tăng sức cản khi độ sâu giảm được thể hiện qua chiều cao sóng khi quan sát từ các mặt cắt sóng. Từ các kết quả mô phỏng tàu KCS, việc xác định độ cao sóng tới hạn từ kết quả tính toán mô phỏng số giúp đề xuất chiều cao mạn phù hợp theo độ sâu tuyến luồng thực tế trong giai đoạn thiết kế hình dáng tàu. Hướng phát triển nghiên cứu tiếp theo sẽ là tích hợp mô phỏng cho lắc đứng (heave) và chúi (pitching) ảnh hưởng đến tính năng điều động phục vụ an toàn hàng hải.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Đại học Quốc gia thành phố Hồ Chí Minh (ĐHQG - HCM) trong khuôn khổ đề tài mã số B2021-20-05.

VIẾT TẮT, KÝ HIỆU

SST Mô hình vận chuyển ứng suất cắt
 IITC Hiệp hội bể thử quốc tế
 VOF Thể tích lưu chất
 RANS Phương pháp trung bình Reynolds
 CFD Tính toán mô phỏng số
 EXP Thực nghiệm
 KCS Mô hình tàu container trong nghiên cứu
 μ Độ nhớt động học
 τ_w Ứng suất cắt bề mặt
 ω Tiêu tán riêng
 ϵ Tốc độ tiêu tán năng lượng
 μ_t Hệ số rối
 k Động năng rối
 $\overline{u_i u_j}$ Ứng suất Reynolds
 p Thành phần áp suất
 \bar{v} Thành phần ứng suất nhớt trung bình
 y Khoảng cách bề dày lớp biên [m]
 γ^+ Tham số lớp biên
 L_{pp} Chiều dài giữa 2 đường vuông góc [m]

B_{WL} Chiều rộng đường nước thiết kế [m]
 h Độ sâu vùng nước [m]
 T Đường nước thiết kế [m]
 Δ Lượng chiếm nước [m³]
 S Diện tích mặt ướt [m²]
 C_B Hệ số béo
 F_n Số Froude
 v Vận tốc tàu [m/s]
 R_n Số Reynolds
 Δt Kích thước bước thời gian [s]
 c Tốc độ lan truyền của sóng [m/s]
 ρ Khối lượng riêng [kg/m³]
 g Gia tốc trọng trường [m/s²]
 λ Chiều dài sóng [m]
 C_T Hệ số sức cản tổng

XUNG ĐỘT LỢI ÍCH

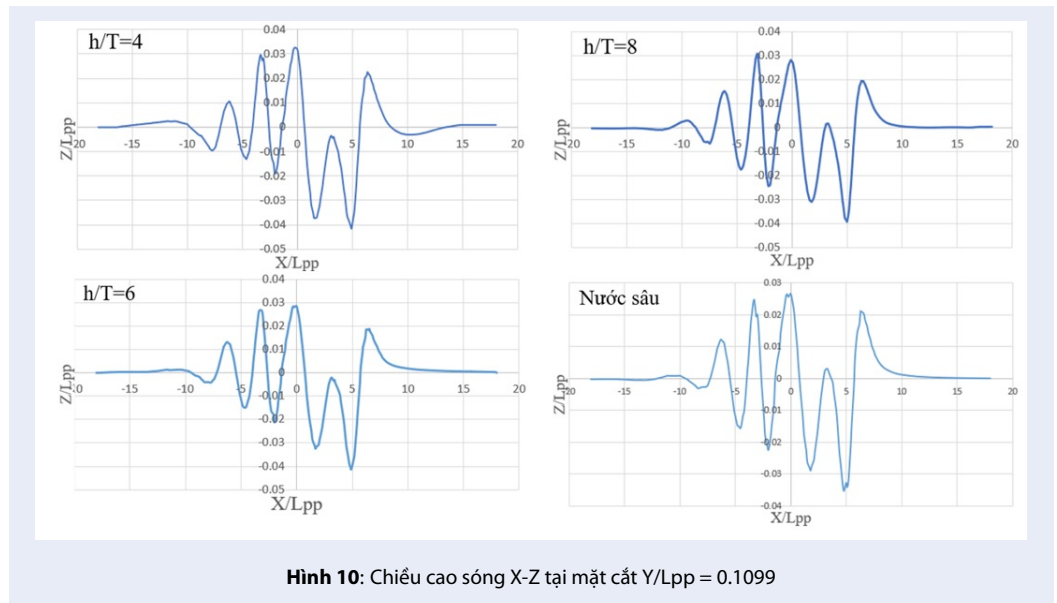
Nhóm tác giả xin cam đoan rằng không có bất kỳ xung đột lợi ích nào trong công bố bài báo.

ĐÓNG GÓP CỦA TÁC GIẢ

Lê Tất Hiến đã xây dựng ý tưởng, phân tích dữ liệu bài toán và xây dựng quy trình tính toán mô phỏng số. Nguyễn Công Phương đã thu thập dữ liệu, thực hiện tính toán mô phỏng, trình bày kết quả tính toán. Nguyễn Duy Anh kiểm chứng kết quả mô phỏng và kiểm tra bản thảo bài báo.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Feng D, et al. Numerical simulation of the ship resistance of kcs in different water depths for model-scale and full-scale. *J. Mar. Sci. Eng.* 2020;8(10):1-25. Available from: 10.3390/jmse8100745.
- Degjuli N, et al. Environmental aspects of total resistance of container ship in the north atlantic. *J. Sustain. Dev. Energy, Water Environ. Syst.* 2019;7(4):641-655. Available from: 10.13044/j.sdewes.d7.0267.
- Sezen S, Cakici F. Numerical Prediction of Total Resistance Using Full Similarity Technique. 2019; Available from: <https://doi.org/10.1007/s13344-019-0047-z>.
- Raven H. A computational study of shallow-water effects on ship viscous resistance. In *Proceedings of the 29th Symposium on Naval Hydrodynamics*. 2012.
- Duy THKSTN. Numerical study on stern flow fields of ship hulls with different transom configurations. 2016.
- Lee SM, et al. A Study on the Propulsion Performance of KCS in Still Water and Regular Wave. *J. Navig. Port Res.* 2013;37(1):63-69. Available from: 10.5394/kinpr.2013.37.1.63.
- D'aure B, et al. RESISTANCE AND SEAKEEPING CFD SIMULATIONS FOR THE KOREAN CONTAINER SHIP.
- Martić I, et al. Mesh Sensitivity Analysis for the Numerical Simulation of a Damaged Ship Model.
- Zeng Q, et al. A benchmark test of ship resistance in extremely shallow water. 2018; Available from: <https://doi.org/10.1201/9780429505294-26>.
- Farkas A, et al. An investigation into the effect of hard fouling on the ship resistance using CFD. *Appl. Ocean Res.* 2020;100. Available from: 10.1016/j.apor.2020.102205.
- Ferziger JH, Perić M, Street RL. Computational Methods for Fluid Dynamics. 2020; PMID: 32836551. Available from: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-99693-6>.



12. Schmitt FG. About Boussinesq's turbulent viscosity hypothesis: historical remarks and a direct evaluation of its validity. 2007; Available from: <https://doi.org/10.1016/j.crme.2007.08.004>.
13. Versteeg HK, Malalasekera W. An Introduction to Computational Fluid Dynamics Second Edition;
14. OpenFOAM - Turbulence Advanced Training, Wolf Dynamics;
15. ITTC-Recommended Procedures and Guidelines Resistance Test ITTC Quality System Manual Recommended Procedures and Guidelines Procedure Resistance Test. 2017;
16. Soloviev AV, et al. Is the State of the Air-Sea Interface a Factor in Rapid Intensification and Rapid Decline of Tropical Cyclones? J. Geophys. Res. Ocean. 2017;122(12). Available from: 10.1002/2017JC013435.
17. Structure Meshing for CFD; Available from: 10.13140/RG.2.2.34018.48323/1.
18. ANSYS Fluent User's Guide. 2020;

Research into changes in ship resistance in the shallow water by numerical method

Le Tat-Hien^{1,2}, Nguyen Cong Phuong^{1,2}, Nguyen Duy Anh^{1,2,*}



Use your smartphone to scan this QR code and download this article

¹*Ho Chi Minh City University of Technology (HCMUT), 268 Ly Thuong Kiet Street, Ward 14, District 10, Ho Chi Minh City, Vietnam;*

²*Vietnam National University Ho Chi Minh City, Linh Trung Ward, Thu Duc District, Ho Chi Minh City, Vietnam*

Correspondence

Nguyen Duy Anh, Ho Chi Minh City University of Technology (HCMUT), 268 Ly Thuong Kiet Street, Ward 14, District 10, Ho Chi Minh City, Vietnam;

Vietnam National University Ho Chi Minh City, Linh Trung Ward, Thu Duc District, Ho Chi Minh City, Vietnam

Email: duyanhnguyen@hcmut.edu.vn

History

- Received: 9-11-2021
- Accepted: 17-3-2022
- Published: 30-4-2022

DOI : 10.32508/stdjet.v5i1.938



Copyright

© VNUHCM Press. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International license.



ABSTRACT

Vietnam has a long coastline and dense network of rivers and canal systems with various and complicated water depths of a waterway. According to data from the Department of Inland Waterways in 2019, Vietnam's waterways transport industry reached 250 million tons/year. In which coastal transport accounted for over 60 million tons/year, promoting the shipping industry and economic integration between regions, making the most of Vietnam's natural coastal conditions. In most general cases, the vessels working in the different water depths of the operational area will significantly affect the ship and wave field resistance. For the transport vessels with low speed, the research of the effect of resistance and wave field has an essential role in ensuring the primary maritime aim of energy saving and energy efficiency. Nowadays, computation fluid dynamics is a practical approach for predicting the ship's hydrodynamic features. However, many computation fluid dynamics types of research have investigated the ship resistance in deep water, which can not consider the effect of changing ship resistance with different water depths. In shallow water, the increasing pressure gradient field leads to an increase in the overall resistance. Therefore, in this study, the volume of fluid (VOF) multiphase model can show the free surface effect and wave elevation in shallow waters. The results clearly showed the success of the computational modeling of multiphase flows around the vessel (air and water). The wavefield in the computation fluid dynamics results is also suitable for related published research experiments. Besides, the resistance and wave elevation around the hull is significantly changing at different depths. In the preliminary design stage, it can apply this work to propose a suitable hull form of transport vessels for Vietnam's waterways.

Key words: Hydrodynamic, Free surface, Wave elevation, Shallow water, Ship resistance

Cite this article : Tat-Hien L, Phuong N C, Anh N D. **Research into changes in ship resistance in the shallow water by numerical method.** *Sci. Tech. Dev. J. – Engineering and Technology*; 5(1):1380-1391.