

Ước lượng lực dạt và mô men quay tác dụng lên tàu thủy chuyển động dạt ngang trong vùng nước nông

Nguyễn Tiến Thừa^{1,*}, Phan Thành Long¹, Lê Tất Hiến²



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

TÓM TẮT

Hiện nay, kích thước thân tàu được thiết kế ngày càng tăng lên nhằm đảm bảo nhu cầu vận chuyển hàng hoá trên thế giới. Tuy nhiên, khả năng điều động của con tàu có kích thước lớn sẽ trở nên khó khăn hơn, đặc biệt khi con tàu này di chuyển trong vùng nước bị giới hạn về chiều sâu. Do đó, ảnh hưởng của chiều sâu vùng nước đến lực và mô men thủy động tác dụng lên con tàu cần được nghiên cứu bổ sung. Nhiều công trình nghiên cứu về lực và mô men thủy động tác dụng lên tàu thủy hoạt động trong vùng nước sâu, trong khi đó ảnh hưởng của vùng nước nông đến lực và mô men thủy động tác dụng lên con tàu chưa được nghiên cứu một cách đầy đủ. Bài báo này trình bày kết quả tính toán lực dạt và mô men quay tác dụng lên thân tàu và bánh lái khi con tàu chuyển động dạt ngang dựa trên phương pháp tính toán động lực học chất lỏng. Lực dạt và mô men quay tác dụng lên con tàu chuyển động dạt ngang ở các vận tốc dạt và độ sâu vùng nước khác nhau sẽ được phân tích. Kết quả nghiên cứu cho thấy các hệ số lực dạt và mô men quay xấp xỉ với kết quả tương ứng được xác định từ thực nghiệm. Khi độ sâu vùng nước càng giảm thì lực dạt và mô men quay tác dụng lên con tàu càng tăng lên. Hệ số Y'_v của tàu hoạt động trên vùng nước nông với $h/T=1.5$ và $h/T=2.0$ tăng lên tương ứng 8.5 lần và 2.6 lần so với giá trị Y'_v của con tàu hoạt động ở vùng nước sâu. Hệ số N'_v của tàu trên vùng nước nông với $h/T=1.5$ và $h/T=2.0$ cũng tăng lên 5.2 lần và 2.7 lần so với trường hợp tàu hoạt động ở vùng nước sâu. Đồng thời, các hệ số Y'_{vv} và N'_{vv} của lực dạt và mô men quay cũng tăng lên đáng kể so với hệ số tương ứng của con tàu hoạt động trong vùng nước không bị giới hạn.

Từ khóa: Bánh lái, tàu côngtenơ, nước nông, lực dạt, mô men quay

¹Trường Đại học Bách khoa - Đại học Đà Nẵng, Việt Nam

²Trường Đại học Bách khoa - ĐHQG-HCM, Việt Nam

Liên hệ

Nguyễn Tiến Thừa, Trường Đại học Bách khoa - Đại học Đà Nẵng, Việt Nam

Email: ntthua@dut.udn.vn

Lịch sử

- Ngày nhận: 08-8-2023
- Ngày chấp nhận: 15-01-2024
- Ngày đăng:

DOI:



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.



1 GIỚI THIỆU

2 Tàu thủy không chỉ được thiết kế để hoạt động ở ngoài
3 khơi mà còn được di chuyển ở cả trong những vùng
4 nước nông để thực hiện nhiệm vụ nhận hoặc trả hàng.
5 Điều động là một trong những đặc tính quan trọng
6 giúp cho con tàu có thể làm việc an toàn và hiệu quả.
7 Trong biển sâu, đặc tính chuyển động của tàu trên
8 sóng hoặc trên nước tĩnh cần được xem xét đến, tuy
9 nhiên sự ảnh hưởng của độ sâu vùng nước đến các
10 thành phần chuyển động của con tàu cần được nghiên
11 cứu khi con tàu hoạt động trong vùng nước nông. Khi
12 tàu chuyển động trên vùng nước nông, vận tốc dòng
13 chảy dưới đáy tàu bị tăng lên đáng kể khiến áp suất
14 tác dụng thân tàu giảm nên độ chúi cũng như chiều
15 chìm của tàu tăng lên. Để xác định đặc tính chuyển
16 động của con tàu thì các lực và mô men thủy động lực
17 tác dụng lên con tàu cần được tính toán. Các thành
18 phần lực và mô men này có thể được xác định nhờ
19 thực nghiệm hoặc phương pháp mô phỏng. Những
20 năm gần đây phương pháp tính toán động lực học chất
21 lỏng (CFD – Computational Fluid Dynamics) được
22 ứng dụng rộng rãi trong nghiên cứu các vấn đề liên
23 quan đến chất lỏng bởi vì độ chính xác cao của nó.

Điều này đã được thể hiện trong¹⁻⁴. Bên cạnh đó, vận
24 tốc chuyển động của tàu di chuyển trong vùng nước
25 nông cũng làm thay đổi đáng kể đến đặc tính thủy
26 động lực tác dụng lên thân tàu và thiết bị kèm theo⁵.
27 Patel và đồng sự đã mô phỏng chuyển động của con
28 tàu trên vùng nước nông có xem xét đến ảnh hưởng
29 của mặt thoáng chất lỏng [5]. Sự ảnh hưởng của độ
30 sâu vùng nước đến lực cản chuyển động của con tàu
31 này đã được xét đến. Thêm vào đó, sự ảnh hưởng của
32 độ sâu vùng nước đến tỉ lệ khung hữu hiệu của hình
33 dạng bánh lái cũng được phân tích⁶. Tuy nhiên, sự
34 ảnh hưởng này có thể bị thay đổi khi bánh lái được
35 đặt phía sau đuôi tàu.
36

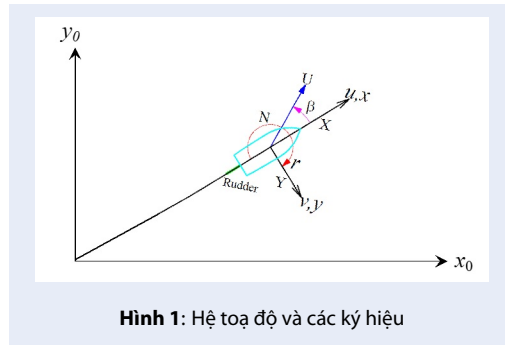
Trong nghiên cứu này, sự ảnh hưởng của nước nông
37 đến đặc tính thủy động lực tác dụng lên thân tàu gắn
38 theo bánh lái được phân tích dựa trên phương pháp
39 tính toán động lực học chất lỏng với giả thiết con tàu
40 chuyển động trên nước tĩnh ở vận tốc thấp.
41

42 CƠ SỞ LÝ THUYẾT VÀ PHƯƠNG 43 PHÁP NGHIÊN CỨU

Trích dẫn bài báo này: Thừa N T, Long P T, Hiến L T. Ước lượng lực dạt và mô men quay tác dụng lên tàu thủy chuyển động dạt ngang trong vùng nước nông. *Sci. Tech. Dev. J. - Eng. Tech.* 2024; (1):1-5.

44 **Hệ tọa độ và ký hiệu**

45 Quỹ đạo chuyển động và thủy động lực học tác dụng
46 thân tàu trên mặt phẳng nằm ngang được định nghĩa
47 dựa trên hệ tọa độ cố định và hệ tọa độ gắn với thân
48 tàu như thể hiện ở Hình 1. Các thành phần chuyển
49 động, lực và mô men tác dụng lên con tàu được định
50 nghĩa trong hệ tọa độ địa phương gắn với thân tàu,
51 trong khi đó hệ tọa độ cố định được sử dụng để mô
52 tả quỹ đạo chuyển động của con tàu trên mặt nước.
53 Các thành phần chuyển động của con tàu hoạt động
54 trên mặt nước gồm có: chuyển động tịnh tiến theo
55 phương ox và oy và chuyển động quay theo phương
56 oz . Véc tơ vận tốc theo phương ox , oy và quay quanh
57 phương oz là u , v , r . Các thành phần lực tác dụng lên
58 con tàu cũng như bánh lái gồm có lực cản (X) và lực
59 dạt (Y) theo phương ox và oy và mô men quay (N)
60 quanh phương oz . U và tương ứng là vận tốc và góc
61 quay ngang của con tàu.



Hình 1: Hệ tọa độ và các ký hiệu

62 **Phương pháp tính toán**

63 Phương trình động lực học dòng chảy Navier-Stokes
64 số Reynold trung bình được sử dụng để mô phỏng
65 dòng chảy bao quanh thân tàu và bánh lái. Trong
66 nghiên cứu này, dòng chảy bao quanh thân tàu được
67 xem xét như dòng chảy không nén được và các định
68 luật mô tả sự liên tục và động lực học của dòng chảy
69 được thể hiện trong các phương trình sau⁷:

$$\frac{\partial u_i}{\partial x_i} = 0$$

$$\frac{\partial u_i}{\partial t} + u_j \frac{\partial p}{\partial x_j} = -\frac{\partial u_i}{\partial x_i} + \nu \frac{\partial^2 u_i}{\partial x_i \partial x_j} - \overline{\frac{\partial u_i u_j}{\partial x_j}} \quad (1)$$

70 ở đó u_i và u_j là các thành phần vận tốc trung bình của
71 chất lỏng, p là áp suất trung bình, ν là độ nhớt động
72 học, x_i và x_j là những tọa độ trong miền chất lỏng, và
73 r là mật độ của nước.

74 Khi tàu chuyển động dạt ngang, sự phân bố áp suất tác
75 dụng lên hai bên mạn tàu sẽ bị thay đổi dẫn đến lực
76 theo phương ngang và hoành độ tâm áp lực cũng thay

đổi theo. Do đó, sự biến thiên của lực dạt và mô men
quay theo vận tốc dạt khi con tàu ở các độ sâu vùng
nước khác nhau cần được xem xét đến. Lực dạt và
mô men quay tác dụng lên thân tàu được đưa về dưới
dạng không thứ nguyên dựa trên chiều dài và vận tốc
của con tàu được mô tả như sau:

$$Y' = \frac{Y}{0.5\rho U^2 L^2}, N' = \frac{N}{0.5\rho U^2 L^3} \quad (2)$$

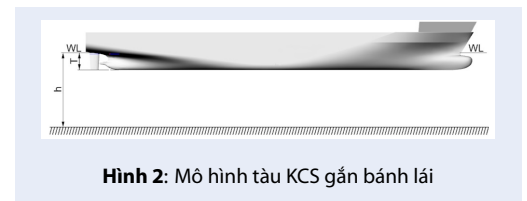
$$u'(v') = \frac{u(v)}{U} \quad (3)$$

83 **MÔ PHỎNG SỐ**

84 **Trường hợp nghiên cứu**

85 Tàu chở côngtenơ Kriso (Kriso Container Ship –
86 KCS) gắn kèm một bánh lái NACA0018 được sử dụng
87 để nghiên cứu ảnh hưởng của độ sâu vùng nước đến
88 lực thủy động tác dụng lên bánh lái và thân tàu với giả
89 định rằng ảnh hưởng của mặt thoáng gây ra độ chìm
90 thêm tại vị trí giữa tàu và góc chúi của tàu được xác
91 định dựa trên⁸. Bảng 1 mô tả các thông số hình học
92 cơ bản của con tàu theo SIMMAN2020⁹. Hình 2 thể
93 hiện hình dáng thân tàu và bánh lái nằm sau đuôi tàu
94 cũng như định nghĩa chiều sâu vùng nước và chiều
95 chìm của con tàu.

96 Lực dạt và mô men thủy động tác dụng lên thân tàu
97 và bánh lái được xác định cho trường hợp tàu chuyển
98 động trong vùng nước sâu và vùng nước nông có tỉ lệ
99 chiều sâu vùng nước và chiều chìm của tàu bằng 1.5 và
100 2.0. Ảnh hưởng của độ sâu vùng nước đến các thành
101 phần lực và mô men này cũng được xem xét đến.



Hình 2: Mô hình tàu KCS gắn bánh lái

102 **Mô phỏng số**

103 Hình hộp chữ nhật được lựa chọn để mô tả miền
104 chất lỏng bao quanh con tàu khi tàu chạy dạt ngang.
105 Dòng chảy một pha bao quanh thân tàu được giả định
106 để tính toán thủy động lực tác dụng lên bánh lái và
107 thân tàu. Với số Reynolds của dòng chảy bao quanh
108 thân tàu bằng $\sim 8.1E+5$, chiều dày lớp biên không thứ
109 nguyên, $y_{plus}=20$, được lựa chọn để tính toán chiều
110 dày phần tử lưới thứ nhất sát bề mặt vỏ tàu dựa trên
111 công cụ tính toán trong <https://www.cfd-online.com>
112 /¹⁰. Miền chất lỏng và điều kiện biên cho dòng chảy
113 qua thân tàu và bánh lái trong chuyển động dạt ngang

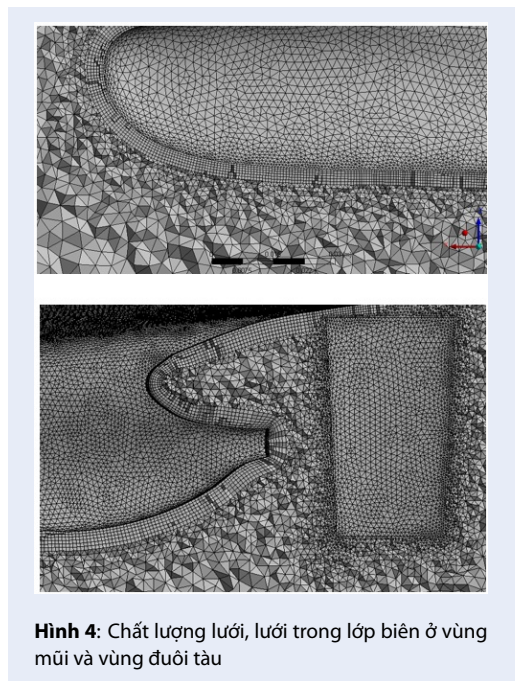
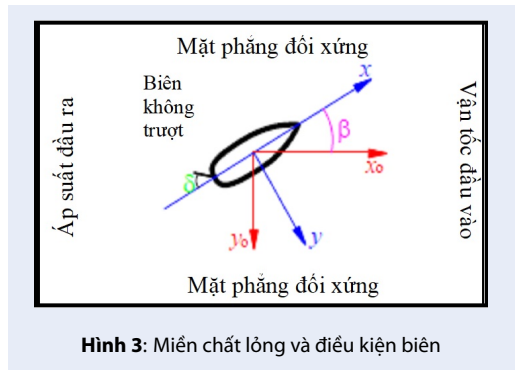
Bảng 1: Thông số cơ bản của tàu KCS và bánh lái

Thông số cơ bản	Tàu thật	Mô hình
Tỷ lệ	1.0	230
Chiều dài giữa hai trụ, L_{pp} (m)	230.0	1.00
Chiều rộng, (m)	32.20	0.140
Chiều chìm, d (m)	10.80	0.047
Chiều cao bánh lái, h_r (m)	9.90	0.043
Chiều rộng lớn nhất của bánh lái, c_1 (m)	6.00	0.026
Chiều rộng nhỏ nhất của bánh lái, c_2 (m)	5.00	0.022

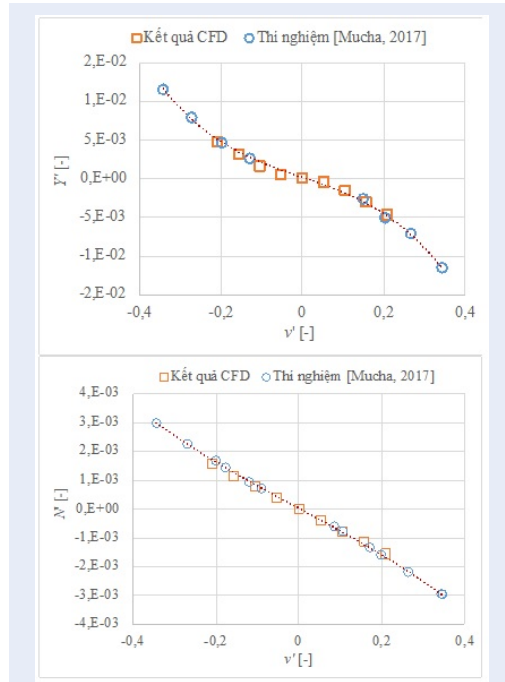
114 được thể hiện trong Hình 3. Mặt trước của miền chất
 115 lỏng được định nghĩa là vận tốc đầu vào, mặt sau của
 116 miền chất lỏng được thiết lập là áp suất đầu ra. Hai
 117 mặt cạnh của miền chất lỏng được mô tả là mặt phẳng
 118 đối xứng. Điều kiện biên không trượt được áp dụng
 119 để mô phỏng sự ma sát của dòng chảy trên bề mặt con
 120 tàu và đáy của vùng nước. Để tiến hành mô phỏng,
 121 miền chất lỏng được rời rạc bởi các phần tử thể tích
 122 hữu hạn như thể hiện trong Hình 4. Phần tử tứ diện
 123 được sử dụng để rời rạc miền chất lỏng và hình dáng
 124 vỏ tàu. Hình dạng phần mũi tàu, đuôi tàu, ki tàu và
 125 phần bao quanh bánh lái được xấp xỉ bởi các phần tử
 126 nhỏ hơn đáng kể so với miền chất lỏng còn lại để mô
 127 phỏng được sự tương tác giữa dòng nước và con tàu.
 128 Ở sát thân tàu, lưới cho lớp biên cũng được xây dựng
 129 để mô phỏng sự ma sát giữa thân tàu và chất lỏng. Đối
 130 với lưới tứ diện, chất lượng lưới được thể hiện qua giá
 131 trị của skewness. Giá trị skewness của lưới được sử
 132 dụng để mô phỏng trong nghiên cứu này là 0.79.
 133 Phương trình Navier-Stokes số Reynolds trung bình
 134 trong phần mềm Ansys Fluent được sử dụng để mô
 135 phỏng dòng chảy bao quanh thân tàu và bánh lái.
 136 Theo khuyến cáo của Tổ chức bể thử quốc tế về ứng
 137 dụng của CFD trong kỹ thuật tàu thủy¹¹, mô hình rối
 138 k-epsilon hoặc k-omega có thể được ứng dụng để dự
 139 đoán thủy động lực thân tàu với độ chính xác cao. Để
 140 giảm thiểu thời gian tính toán, mô hình rối Realizable
 141 k-epsilon được lựa chọn để mô phỏng dòng chảy rối
 142 bao quanh con tàu.

143 KẾT QUẢ VÀ BÀN LUẬN

144 Lực và mô men tác dụng lên thân tàu và bánh lái
 145 được xác định từ phương pháp mô phỏng CFD sẽ
 146 được so sánh với kết quả thực nghiệm được mô tả bởi
 147 Mucha¹². Tàu di chuyển chậm trong vùng nước nông
 148 nên vận tốc của mô hình tàu được lựa chọn theo SIM-
 149 MAN2020 là 0.814m/s. Lực đặt và mô men quay tác
 150 dụng lên thân tàu và bánh lái được xác định khi sai số
 151 mô phỏng nhỏ hơn 1E-05. Các lực và mô men thủy



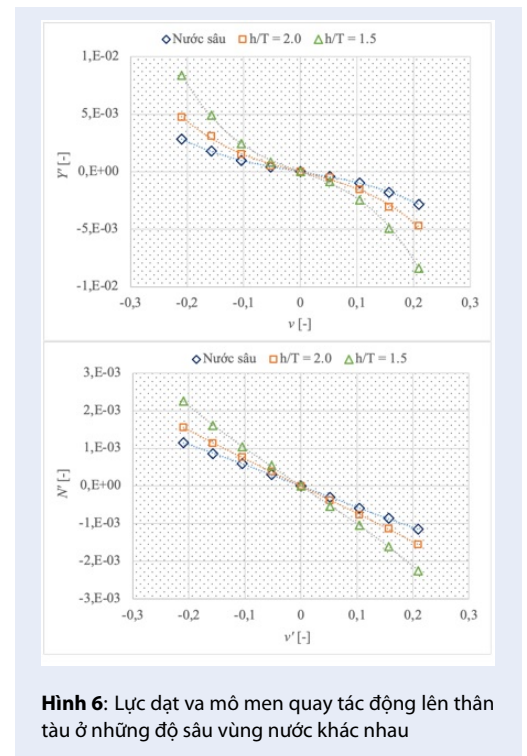
động này sau đó được đưa về dưới dạng không thứ nguyên dựa vào công thức 2~3. Hình 4 mô tả sự so sánh hệ số lực dạt và mô men quay xác định từ phương pháp mô phỏng và kết quả thực nghiệm của Mucha¹² cho trường hợp tàu chuyển động trên vùng nước nông với $h/T=2.0$. Có thể thấy rằng kết quả đạt được từ hai phương pháp này khá tương đồng với nhau.



Hình 5: So sánh kết quả tính toán với kết quả thí nghiệm cho trường hợp $h/T = 2.0$

Tiếp theo, chuyển động của tàu trên vùng nước sâu và trên vùng nước nông với $h/T=1.5$ được mô phỏng. Lực dạt và mô men quay tác dụng lên thân tàu khi con tàu di chuyển trong vùng nước nông với $h/T=1.5$ và 2.0 và vùng nước sâu được thể hiện trong Hình 6. Có thể thấy rằng cả lực dạt và mô men quay tác dụng lên con tàu đều tăng lên đáng kể khi độ sâu của vùng nước bị giảm đi. Khi độ sâu vùng nước càng giảm thì các thành phần lực dạt và mô men quay càng tăng lên. Các lực dạt và mô men tác dụng lên thân tàu được xấp xỉ để xác định được các hệ số thủy động lực sử dụng cho mô phỏng quỹ đạo chuyển động của con tàu. Khi vận tốc dạt thay đổi hướng thì các lực dạt và mô men tác dụng lên thân tàu cũng thay đổi dấu theo. Do đó, chuỗi Taylor với những số hạng lẻ được sử dụng để xấp xỉ các lực và mô men này để xác định hệ số lực dạt và hệ số mô men quay tàu khi con tàu hoạt động ở những độ sâu vùng nước khác nhau. Bảng 2 thể hiện hệ số lực dạt biến đổi theo vận tốc chuyển động

theo phương y của con tàu. Tương tự, các hệ số mô men quay theo vận tốc dạt ngang được thể hiện trong Bảng 3.



Hình 6: Lực dạt và mô men quay tác động lên thân tàu ở những độ sâu vùng nước khác nhau

KẾT LUẬN

Chuyển động dạt ngang của tàu chở côngtenơ KCS và bánh lái được mô phỏng ở các độ sâu vùng nước khác nhau dựa trên phương pháp tính toán động lực học chất lỏng. Lực dạt và mô men quay tác dụng lên con tàu khi hoạt động ở vùng nước nông với $h/T = 1.5$ và 2.0 và nước sâu đã được xác định. Kết quả mô phỏng cho thấy lực dạt và mô men thu được xấp xỉ với kết quả thử nghiệm đã được công bố. Vùng nước nông có ảnh hưởng rõ rệt đến thủy động lực học dòng chảy bao quanh thân tàu và làm gia tăng lực dạt và mô men quay tác dụng lên thân tàu và bánh lái. Khi tàu di chuyển trên vùng nước nông với $h/T=1.5$ và $h/T=2.0$ thì hệ số lực dạt bậc nhất, Y'_v , tăng lên tương ứng 8.5 lần và 2.6 lần so với giá trị tương ứng của tàu hoạt động ở vùng nước sâu. Tương tự, hệ số mô men quay bậc nhất, N'_v , cũng tăng lên tương ứng 5.16 lần và 2.7 lần so với hệ số mô men quay tương ứng của tàu hoạt động ở vùng nước sâu. Các hệ số Y'_{vv} và N'_{vv} của lực dạt và mô men quay cũng tăng lên so với hệ số tương ứng của tàu hoạt động trong vùng nước sâu.

Bảng 2: Hệ số lực dạt ngang của tàu KCS

h/T [-]	Y'_v	Y'_{vVV}
1.5	-7.07E-02	-1.3964
2.0	-3.13E-02	-9.45E-01
Nước sâu	-8.24E-03	-1.45E-01

Bảng 3: Hệ số mô men quay của tàu KCS

h/T [-]	N'_v	N'_{vVV}
1.5	-2.74E-02	-1.58E-01
2.0	-1.45E-02	-5.70E-02
Nước sâu	-5.30E-03	1.32E-03

202 **SỰ CÔNG NHẬN**

203 Nghiên cứu này được tài trợ bởi Quỹ Phát triển Khoa
204 học và Công nghệ - Đại học Đà Nẵng trong đề tài có
205 mã số B2020-DN02-85.

206 **DANH MỤC TỪ VIẾT TẮT**

207 CFD: Động lực học chất lỏng – Computational Fluid
208 Dynamics
209 ITTC: Hội nghị bể thử quốc tế - International Towing
210 Tank Conference

211 **XUNG ĐỘT LỢI ÍCH**

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

214 **ĐÓNG GÓP CỦA CÁC TÁC GIẢ**

215 Nguyễn Tiến Thừa tham gia vào việc đưa ra ý tưởng
216 viết bài, đi thu thập dữ liệu và viết bản thảo.
217 Phan Thành Long đã đóng góp giải thích dữ liệu và
218 kiểm tra lại bài viết.
219 Lê Tất Hiển đã đóng góp rà soát nội dung và hình thức
220 của bài báo.

221 **TÀI LIỆU THAM KHẢO**

222 1. Jachowski J. Assessment of Ship Squat in Shallow Water using
223 CFD. Arch Civ Mech Eng. 2008 Aug;8(1):27-35;Available from:
224 [https://doi.org/10.1016/S1644-9665\(12\)60264-7](https://doi.org/10.1016/S1644-9665(12)60264-7).
225 2. Patel PK, Premchand M. Numerical Investigation of the In-
226 fluence of Water Depth on Ship Resistance. Comput Appl.
227 2015 Apr;116(17):11-17;Available from: <https://doi.org/10.5120/20427-2750>.
228 3. Terziev M, Tezdogan T, Oguz E, Gourlay T, Demirel YK, Ince-
229 cik A. Numerical investigation of the behaviour and perfor-
230 mance of ships advancing through restricted shallow waters.
231 Fluids Struct. 2017 Oct;76:185-215;Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jfluidstructs.2017.10.003>.
232 4. Toxopeus S. Viscous-flow Calculations for KVLCC2 in Deep and
233 Shallow Water. In: Proc. Computational Method in Marine En-
234 gineering, Lisbon, Portugal; 2011. p. 1-18;
235 5. Vantorre M. Review of practical methods for assessing shallow
236 and restricted water effects. In: Proc. Marine Simulation and
237 Ship Maneuverability, Kanazawa, Japan; 2003. p. 1-11;
238
239

240 6. Liu JL, Hekkenberg R. 3D RANS simulations of shallow water
241 effects on rudder hydrodynamic characteristics. In: Proc. Mar-
242 itime Technology, Harbin, China; 2016. p. 1-5;
243 7. Jean P. Turbulent Flows: Models and Physics. Springer Science
244 & Business Media; 2013;
245 8. Gourlay T, Ha JH, Mucha P, Uliczka K. Sinkage and Trim of Mod-
246 ern Container Ships in Shallow Water. In: Proc. Australasian
247 Coasts & Ports, Auckland, New Zealand; 2015. p. 1-7;
248 9. ;Available from: <https://www.simman2020.kr/contents/KCS.php>.
249
250 10. ;Available from: <https://www.cfd-online.com/Tools/yplus.php>.
251 11. International Towing Tank Conference (ITTC). ITTC-
252 Recommended Procedures and Guidelines: Practical
253 Guidelines for Ship CFD Applications. 2011;
254 12. Mucha P. On Simulation-based Ship Maneuvering Prediction
255 in Deep and Shallow Water. Universität Duisburg-Essen, Ger-
256 many; 2017;.

Estimation of sway force and yaw moment acting on ship in drift motion in shallow water

Nguyen Tien Thua^{1,*}, Phan Thanh Long¹, Le Tat Hien²



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

ABSTRACT

Currently, the ship size is increased dramatically to meet the demand for cargo transportation in the world. However, the maneuverability of a large ship will become more difficult, especially when the ship moves in shallow water area. Hence, the influence of water depth on the hydrodynamic forces and moments acting on the ship should be considered more. Many studies have conducted the research on hydrodynamic forces and moments of the ship in deep water, while the effect of shallow water on the ship is being focused on recent years. The article presents the results of the sway force and yaw moment acting on the ship's hull and rudder when the ship moves horizontally based on the computational fluid dynamics method. The sway forces and yaw moments acting on the ship in drifting motion at different speeds and water depths will be analyzed. The results show that the coefficients of the sway force and yaw moment are in good agreement with the experimental data. As the water depth decreases, the sway force and yaw moment acting on the ship also increases. The Y'_v coefficient of a ship operating in shallow water with $h/T=1.5$ and $h/T=2.0$ increases by 8.5 times and 2.6 times, respectively, compared to the Y'_v value of the ship operating in deep water. The coefficient N'_v of the ship in shallow water with $h/T=1.5$ and $h/T=2.0$ also increased 5.2 times and 2.7 times in comparison with the corresponding of the ship in deep water. Also, the coefficients Y'_{vv} and N'_{vv} of the sway force and yaw moment also increase significantly compared to these coefficients of the ship in unrestricted waters.

Key words: Marine rudder, container ship, shallow water, sway force, yaw moment

¹Univeristy of Science and Technology - The University of Danang, Vietnam

²Ho Chi Minh City University of Technology - Vietnam National University Ho Chi Minh City, Vietnam

Correspondence

Nguyen Tien Thua, Univeristy of Science and Technology - The University of Danang, Vietnam

Email: ntthua@dut.udn.vn

History

- Received: 08-8-2023
- Accepted: 15-01-2024
- Published Online:

DOI :



Copyright

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



Cite this article : Thua N T, Long P T, Hien L T. **Estimation of sway force and yaw moment acting on ship in drift motion in shallow water.** *Sci. Tech. Dev. J. – Engineering and Technology* 2024; ():1-1.