

thời gian này. Vị trí xe con không ổn định ở thời kỳ quá độ, nhưng vẫn ổn định ở trạng thái xác lập (hình 2b). Một giải pháp có thể để giải quyết hoàn toàn vấn đề này đó là tích hợp một bộ điều khiển hồi tiếp trễ cho xe con, trong khi điều khiển tối ưu vẫn đảm bảo.

5. Kết luận

Công trình này đã đề xuất một bộ điều khiển tối ưu cho cần trục tháp trong trường hợp hoạt động phức tạp: Phối hợp đồng thời cơ cấu di chuyển xe con và cơ cấu quay. Bộ điều khiển đảm bảo tối ưu về mặt thời gian và vận tốc quay yêu cầu của tháp. Các góc lắc hàng được giữ nhỏ trong quá trình khai thác và triệt tiêu hoàn toàn ở trạng thái xác lập. Các đáp ứng của hệ đều ổn định tiệm cận. Kết hợp điều khiển tối ưu với kỹ thuật điều khiển hồi tiếp trễ sẽ được mở rộng trong các công trình tiếp theo.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] E.M Abdel-Rahman , A.H Nayfeh and Z.N. Masoud, "Dynamics and Control of Cranes: A Review," *Journal of Vibration and Control*, vol.9, no 7, pp. 863-908, 2003.
- [2] A.D Smith, "Comparison of Filtering Methods for Crane Vibration Reduction," *The Tower Undergraduate Research Journal*, vol.1, pp 45-55, 2009.
- [3] J.Lawrence and W.Singhose, "Command Shaping Slewing Motions for Tower Cranes," *Journal of Vibration and Acoustics*, vol.132, no 1, 011002-1-11, 2010.
- [4] Z.N Masoud, A.H. Nayfeh and A. Al-Mousa, "Delayed Position- Feedback Controller for the Reduction of Payload Pendulations of Rotary Cranes," *Journal of Vibration and Control*, vol. 9, no 1-2, pp. 257-277, 2003.
- [5] S.C. Duong, E. Uezato, H. Kinjo and T. Yamamoto, "A Hybrid Evolutionary Algorithm for Recurrent Neural Network Control of a Three Dimensional Tower Crane," *Automation in Construction*, vol. 23, no. 1, pp. 55-63, 2012.
- [6] H.M Omar and A.H. Nayfeh, "Gain Scheduling Feedback Control of Tower Cranes with Friction Compensation," *Journal of Vibration and Control*, vol. 10, no. 2, pp. 269-289, 2004.
- [7] K. Graichen, M. Egretzberger and A. Kugi, "Suboptimal Model Predictive Control of a Laboratory Crane," 8th IFAC Symposium on Nonlinear Control Systems, pp. 397-402, 2010
- [8] Y. Sakawa, Y. Shindo and Y. Hashimoto, "Optimal Control of a Rotary Crane," *Journal of Optimization Theory and Applications*, vol. 35, no. 4, pp. 535-557, 1981.
- [9] W.Devesse, "Slew Control Methods for Tower Cranes," M.S. thesis, Dept. Machine Design, KTH Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden, 2012.

Người phản biện: GS.TS. Lê Viết Lượng

LẬP TRÌNH MÔ PHỎNG ĐIỀU ĐỘNG TÀU BIỂN CHO PHỢP THỦ TURNING CIRCLE và ZIG-ZAG THEO TIÊU CHUẨN IMO SHIP MANOEUVRING SIMULATION FOR TURNING CIRCLE AND ZIG-ZAG TESTS FOLLOWING IMO STANDARD

TS. TRẦN KHÁNH TOÀN

Khoa Công trình, Trường ĐHHH Việt Nam

HOÀNG XUÂN DANH

BTL Vùng 2 Hải Quân, Học viên cao học - Viện ĐT SĐH, Trường ĐHHH Việt Nam

Tóm tắt

Bài báo giới thiệu mô hình chuyển động tàu trên mặt nước với 3 bậc tự do, phương trình chuyển động tàu, ứng dụng phương pháp số để giải phương trình và mô phỏng chuyển động tàu. Từ đó lập trình mô phỏng chuyển động tàu cho 2 phép thử điển hình theo tiêu chuẩn của IMO là Turning Circle và Zig-zag. Kết quả mô phỏng là các thành phần chuyển động, lực và mô men của tàu.

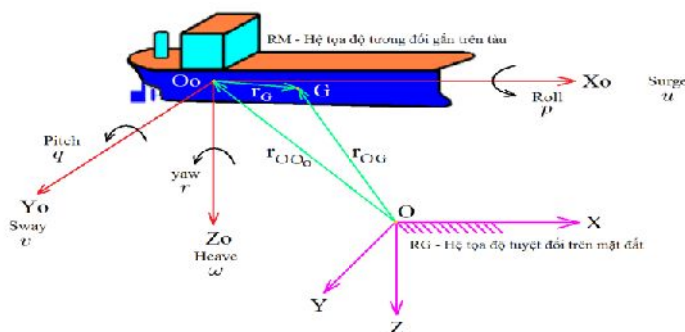
Abstracts

This article introduces the freely surface ship model in 3 DOF, the ship motion equations and application of numerical methods to solve the ship motion equations and ship manoeuvring simulation. Ship manoeuvring simulation was programmed for 2 typical tests named Turning Circle and Zig-zag following the IMO standard. The simulation results include the ship motion components, hydrodynamic forces and moments.

Key words: Ship Hydrodynamic, Ship Manoeuvring Simulation, Turning Circle, Zig-zag

1. Mô hình chuyển động tàu [1]

Trong phạm vi nghiên cứu, tác giả áp dụng phương trình chuyển động của tàu trên mặt nước là tổ hợp của 3 thành phần chuyển động: Sway-Surge-Yaw (Hình 1).



Hình 1. Mô hình chuyển động tàu trong hệ tọa độ tương đối và tuyệt đối

2. Mô hình tàu tính toán: Tàu dầu Esso Bernicia 193000 DWT [2]

Mô hình và các thông số thiết kế tàu dầu Esso Bernicia 193000 DWT được đề xuất bởi Van Berlekom và Goddard.

Bảng 1. Các thông số cơ bản của tàu

Thông số tàu	Giá trị
L_{pp} : Chiều dài	304,8
B: Chiều rộng	47,17
T: Mớn nước	18,46
∇ : Lượng giãn nước	220000
L_{pp}/B	6,46
B/T	2,56
C_B : Hệ số béo	0,83
U_0 : Vận tốc khai thác tàu	16
n: Vận tốc khai thác của chân vịt	80 (rpm)



Hình 1. Tàu dầu Esso Bernicia 193000dwt

Phương trình chuyển động của tàu dầu Esso Bernicia 193000 DWT:

Phương trình chuyển động của tàu dầu Esso Bernicia 193000 DWT:

$$\dot{u} - vr = gX''$$

$$\dot{v} + ur = gY''$$

$$(Lk_z'')^2 \dot{r} = gLN''$$

Trong đó: \dot{u} và \dot{v} lần lượt là gia tốc dọc trục GX_0 và GY_0 ; \dot{r} là gia tốc xoay quanh trục GZ_0 ; g là gia tốc trọng trường; L là chiều dài tàu; k_z'' là bán kính xoay không thứ nguyên do mômen quán tính đối với trục GZ_0 ; I_z là mô men quán tính của tàu đối với trục GZ_0 ; m là khối lượng tàu.

Các thành phần lực dọc/ngang và mômen thủy động của tàu:

$$\begin{aligned}
 g.X'' &= X''_{\dot{u}}\dot{u} + \frac{1}{L}X''_{|u|u}|u| + \frac{1}{L}X''_{vr}vr + \frac{1}{L}X''_{vv}v|v| \\
 &+ \frac{1}{L}X''_{c|c|\delta\delta}c|c|\delta^2 + \frac{1}{L}X''_{c|c|\beta\delta}c|c|\beta\delta + gT''(1 - t_d) \\
 &+ \frac{1}{L}X''_{\dot{u}\xi}\dot{u}\xi + \frac{1}{L}X''_{|u|\xi}|u|\xi + \frac{1}{L}X''_{vr\xi}vr\xi + \frac{1}{L}X''_{vv\xi}v^2\xi^2 \\
 g.Y'' &= Y''_{\dot{v}}\dot{v} + \frac{1}{L}Y''_{uv}uv + \frac{1}{L}Y''_{|v|v}|v|v + \frac{1}{L}Y''_{|c|c\delta}c|c|\delta + \frac{1}{L}Y''_{ur}ur \\
 &+ \frac{1}{L}Y''_{|c|c|\beta|\delta}c|c|\beta|\beta\delta + Y''_TgT + \frac{1}{L}Y''_{ur\xi}ur\xi + \frac{1}{L}Y''_{uv\xi}uv\xi \\
 &+ Y''_{\dot{v}\xi}\dot{v}\xi + \frac{1}{L}Y''_{|v|\xi}|v|\xi + \frac{1}{L}Y''_{|c|c|\beta|\delta\xi}c|c|\beta|\beta\delta\xi \\
 g.L.N'' &= \frac{1}{L^2}N''_{\dot{r}}\dot{r} + \frac{1}{L^2}N''_{uv}.uv + \frac{1}{L}N''_{|v|r}|v|r + \frac{1}{L^2}N''_{|c|c\delta}c|c|\delta + \frac{1}{L}N''_{ur}ur \\
 &+ \frac{1}{L^2}N''_{|c|c|\beta|\delta}c|c|\beta|\beta\delta + \frac{1}{L}N''_TgT + \frac{1}{L}N''_{ur\xi}ur\xi + N''_{\dot{r}\xi}\dot{r}\xi \\
 &+ \frac{1}{L^2}N''_{uv\xi}uv\xi + \frac{1}{L}N''_{vr\xi}vr\xi + \frac{1}{L^2}N''_{|c|c|\beta|\delta|\xi}c|c|\beta|\beta|\delta|\xi
 \end{aligned}$$

Trong đó: X'', Y'', N'' lần lượt là các thành phần lực dọc/ngang và mô men thủy động theo trục GX_0, GY_0, GZ_0 được biểu diễn dưới dạng không thứ nguyên. $X''_{\dot{u}}, X''_{|u|u}, \dots, Y''_{\dot{v}}, Y''_{uv}, \dots, N''_{\dot{r}}, N''_{uv}, \dots, N''_{|c|c|\beta|\delta}$ lần lượt là các hệ số thủy động lực học tàu (đạo hàm không thứ nguyên theo các thành phần chuyển động tàu).

3. Kết quả mô phỏng điều động tàu theo phép thử tàu Turning Circle và Zigzag

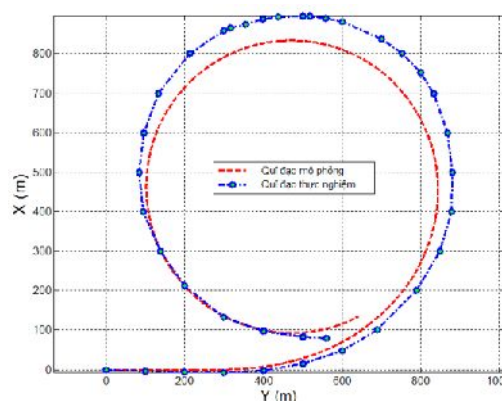
Theo tiêu chuẩn *Standards for ship manoeuvrability - Resolution MSC 137(76)* của IMO [3,4], có 7 phép thử điều động tàu: Turning Circle, Spiral, Pull-out, Zig-zag, Stopping, Rudder, Williamson. Trong nghiên cứu này, tác giả lập trình mô phỏng cho 2 phép thử điển hình: Turning Circle và Zig-zag. Phương trình chuyển động tàu được giải bằng phương pháp số: tích phân số Euler. Quy trình tính toán và mô phỏng được lập trình bằng ngôn ngữ MATLAB [5,6,7]

3.1. Kết quả mô phỏng phép thử Turning Circle

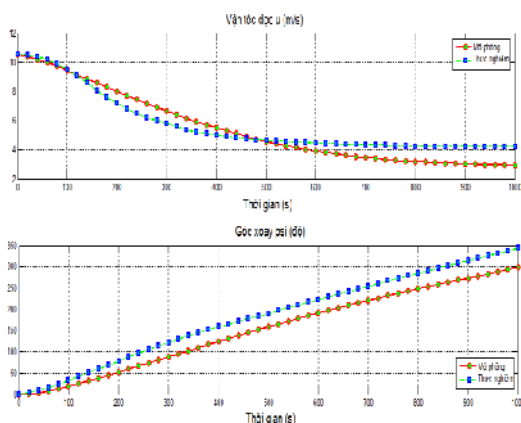
Phép thử Turning Circle được sử dụng để đánh giá khả năng quay trở của tàu, cụ thể đó là tính ổn định quỹ đạo tàu dưới một góc lái và vận tốc không đổi. Thông số đầu vào của phép thử, quỹ đạo, vận tốc, góc xoay, các thành phần lực và mô men thể hiện trong Bảng 2 và Hình 2, 3, 4. Trong đó độ lệch quỹ đạo là tiêu chí đánh giá quan trọng nhất.

STT	Thông số đầu vào	Giá trị
1	(x_0, y_0) : Tọa độ ban đầu của	(0,0) m
2	ψ_0 : Góc xoay ban đầu	0^0
3	U_0 : Vận tốc ban đầu	5.3 m/s
4	δ_0 : Góc lái ban đầu	0^0
5	$\dot{\delta}_{max}$: Vận tốc bẻ lái lớn nhất	$2.7^0/s$
6	n_0 : vận tốc quay vòng ban	57 rpm
7	n_c : Lệnh máy (vận tốc quay	57 rpm
8	δ_c : Lệnh lái (góc bẻ lái)	-35^0

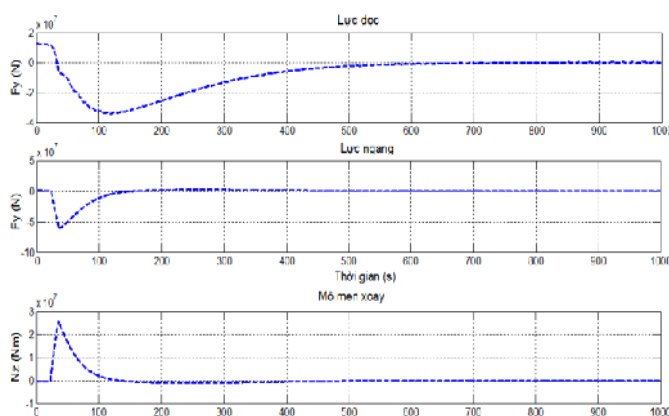
Bảng 2. Thông số đầu vào [4]



Hình 2. Quỹ đạo mô phỏng và thực nghiệm



Hình 3. Vận tốc dọc và góc xoay



Hình 4. Lực dọc/ngang và mô men xoay

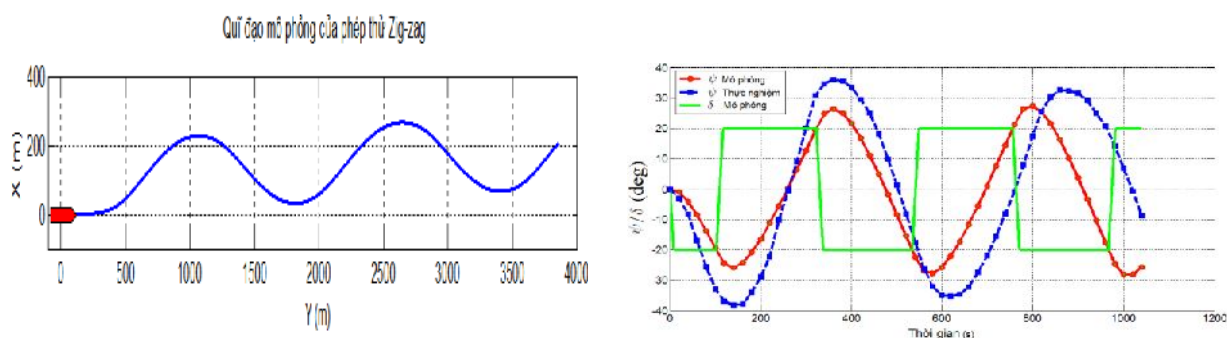
Kết quả mô phỏng cho thấy quỹ đạo, vận tốc và góc xoay mô phỏng có đặc tính giống với dữ liệu thực nghiệm. Độ lệch quỹ đạo mô phỏng và thực nghiệm là 68m, được coi là không lớn khi mà chương trình mô phỏng chưa tính đến các lực gây nhiễu môi trường và chưa áp dụng các kỹ thuật tối ưu hóa để cải thiện kết quả mô phỏng.

3.2. Kết quả mô phỏng phép thử Zig-zag

Phép thử Zig-zag có tác dụng kiểm tra khả năng đổi hướng tàu và sự đáp ứng của bánh lái. Thông số đầu vào của phép thử, quỹ đạo, vận tốc, góc xoay, các thành phần lực và mô men thể hiện trong Bảng 3 và Hình 5,6,7. Độ lệch góc xoay là tiêu chí đánh giá quan trọng nhất.

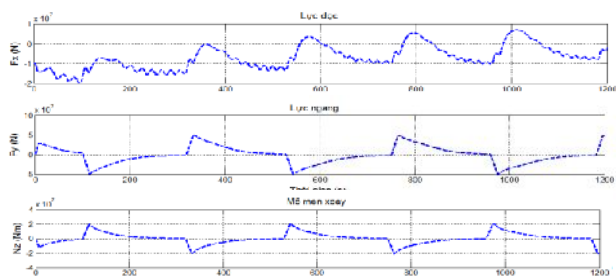
Bảng 3. Thông số đầu vào [4]

STT	Thông số đầu vào	Giá trị
1	(x_0, y_0) : Tọa độ ban đầu của tàu	(0,0) m
2	ψ_0 : Góc xoay ban đầu	0^0
3	U_0 : Vận tốc ban đầu	7.5 m/s
4	δ_0 : Góc lái ban đầu	0^0
5	δ_{max} : Vận tốc bẻ lái lớn nhất	$2.7^0/s$
6	n_0 : vận tốc quay vòng ban đầu của chân vịt	80 rpm
7	n_c : Lệnh máy (vận tốc quay vòng chân vịt)	80 rpm
8	δ_c : Lệnh lái (góc bẻ lái)	$[-20^0, +20^0] + 20^0$



Hình 5. Quỹ đạo và góc xoay

Kết quả mô phỏng cho thấy quỹ đạo, vận tốc và góc xoay mô phỏng có đặc tính giống với dữ liệu thực nghiệm. Độ lệch góc xoay giữa mô phỏng và thực nghiệm là $17,3^{\circ}$. Cũng giống như phép thử Turning Circle, độ lệch này được coi là không lớn khi mà chương trình mô phỏng chưa tính đến các lực gây nhiễu môi trường và chưa áp dụng các kỹ thuật tối ưu hóa để cải thiện kết quả mô phỏng.



Hình 6. Lực dọc/ngang và mô men xoay

4. Kết luận, kiến nghị

Kết luận: Tác giả đã nghiên cứu lập mô hình toán và sử dụng ngôn ngữ lập trình MATLAB để giải phương trình và mô phỏng chuyển động tàu trên mặt nước cho phép thử Turning Circle và Zigzag theo tiêu chuẩn của IMO. Kết quả mô phỏng có đặc tính tương đồng và độ sai lệch không lớn so với dữ liệu thực nghiệm.

Kiến nghị: Tiếp tục phát triển nghiên cứu lập trình mô phỏng cho 5 phép thử còn lại theo tiêu chuẩn IMO; Nghiên cứu tính toán và mô phỏng các lực gây nhiễu của môi trường như sóng, gió, dòng chảy; Nghiên cứu ứng dụng các kỹ thuật tối ưu hóa để đưa quỹ đạo mô phỏng về gần với quỹ đạo thực nghiệm, đưa góc xoay mô phỏng về gần với góc xoay thực nghiệm, từ đó xác định lại giá trị tối ưu của các hệ số thủy động lực học tàu; Mở rộng nghiên cứu phục vụ cho kỹ thuật an toàn hàng hải trong vùng nước hạn chế: tương tác tàu-tàu, tàu-bờ, tàu-công trình hàng hải,...

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Fossen T.I., Guidance and Control of Ocean Vehicles, John Wiley & Sons, 448 pages (1994)
- [2] Clarke D., Patterson D.R., Vfooderson R.K., Manoeuvring trials with the 193000 dwt tanker "Esso Bernicia", Paper : Spring Meeting of the Royal Inst, of Naval Architects, No. 10 (1972).
- [3] International Maritime Organization, Standards for ship manoeuvrability, Resolution MSC 137(76) (2002).
- [4] Bertram V., Practical Ship Hydrodynamics, Butterworth-Heinemann (2000).
- [5] Tran K.T., Ouahsine A., Naceur H., Hissel F. and Pourplanche A., Coefficient Identification for Ship Manoeuvring Simulation Model based on Optimization Techniques, International Conference on Computational Methods for Coupled Problems in Science and Engineering IV - COUPLED PROBLEMS 2011, 20-22 June 2011, Kos, Greece, pp.1261-1272 (2011).
- [6] Tran K.T., Ouahsine A., Naceur H., Hissel F. and Pourplanche A., Coefficients Identification for Ship Manoeuvring Simulation based on Optimization Techniques, International Conference on Computational Methods in Marine Engineering IV-MARINE 2011, 28-30 September 2011, Lisbon, Portugal, pp.369-380 (2011).
- [7] Tran K.T., Ship manoeuvring simulation and hydrodynamic coefficient identification from sea trials (PhD thesis), University of Technology of Compiègne, Compiègne, France (2012).

Người phản biện: ThS. Nguyễn Thị Hồng

NGHIÊN CỨU TÍNH TOÁN CHIỀU CAO SÓNG TÀU CHẠY TRÊN LUỒNG THE RESEARCH THE HEIGHT OF SHIP WAVE

PGS.TS. NGUYỄN VĂN NGỌC

ThS. PHẠM QUỐC HOÀN

Khoa Công trình, Trường ĐHHH Việt Nam

Tóm tắt

Chiều cao sóng tàu là một trong các yếu tố gây ra mất ổn định của mái dốc ven bờ khi tàu hành thủy trên luồng. Ở ngoài nước, bằng phương pháp thực nghiệm đã có một số tác giả nghiên cứu xác định chiều cao sóng tàu, trong nước hầu như chưa có nghiên cứu.