

KHẢO SÁT ĐỘNG LỰC HỌC CỦA XUÔNG CHỮA CHÁY RỪNG TRÀM

DYNAMIC SURVEY OF BOATS FIGHTING FOR MELALEUCA FORESTS

TS. Nguyễn Xã Hội

Trường Đại học Phòng cháy Chữa cháy

TÓM TẮT

Bài báo giới thiệu kết quả khảo sát động lực học của xuông chữa cháy rừng, bao gồm: Phương trình vi phân động lực học chuyển động thẳng và quay vòng, để xác định các yếu tố ảnh hưởng đến vận tốc, ổn định hướng chuyển động và chống lật của xuông. Từ quá trình hoạt động thực tế của xuông, chúng tôi tiến hành xây dựng mô hình động lực học, thiết lập các hệ phương trình vi phân chuyển động thẳng và quay vòng. Sử dụng phần mềm Matlab - Simulink để mô phỏng và khảo sát các yếu tố ảnh hưởng đến vận tốc, ổn định hướng chuyển động và chống lật của xuông.

Từ khóa: *Khảo sát xuông chữa cháy rừng tràm; Xuông chữa cháy rừng tràm; Mô hình động lực học chuyển động của xuông chữa cháy rừng tràm.*

ABSTRACT

The article introduces the dynamical survey results of forest firefighters including: linear and circular motion dynamic differential equations, to determine the factors affecting velocity, stability of motion direction and anti-roll of the boat. From the actual operation of the boat, we conducted a dynamic model, set up the system of linear and circular motion differential equations. Using Matlab - Simulink software to simulate and survey the factors affecting the speed, stability of movement and anti-roll direction of the boat.

Keywords: *Survey of boats fighting for Melaleuca forests; Melaleuca forest fire fighting; Dynamic dynamics model of cajuput fire fighting boat.*

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ở Việt Nam, hàng năm vẫn xảy ra hàng chục vụ cháy rừng trầm, đã làm mất hàng trăm ha rừng trầm, thiệt hại về kinh tế hàng trăm tỷ đồng, ảnh hưởng xấu đến môi trường sinh thái. Hiện nay, thiết bị chữa cháy rừng trầm còn hạn chế, chủ yếu là dùng máy bơm nước cố định nên hiệu quả chữa cháy rừng rất thấp.

Phương pháp chữa cháy rừng hiệu quả nhất hiện nay là sử dụng xuồng chữa cháy chuyên dùng để nhanh chóng tiếp cận đám cháy và phun nước dập lửa, từ đó việc cô lập và khống chế đám cháy được nhanh chóng và hiệu quả hơn.

Đề tài trọng điểm cấp Nhà nước "Nghiên cứu công nghệ và thiết kế chế tạo các thiết bị chuyên dụng chữa cháy rừng", đã thiết kế chế tạo ra xuồng chữa cháy rừng trầm, trên xuồng có đặt máy bơm nước chuyên dùng chữa cháy. Kết quả thực nghiệm cho thấy, năng suất và hiệu quả chữa cháy cao hơn các thiết bị hiện có. Tuy nhiên, xuồng chữa cháy rừng trầm còn một số tồn tại, đó là: Khả năng mất ổn định khi xuồng quay vòng, rẽ vào kênh vuông góc.

Để tìm ra giải pháp hạn chế những ảnh hưởng xấu của các yếu tố đến khả năng chuyển động và ổn định của xuồng, đồng thời khắc phục tồn tại nêu trên cần tiến hành khảo sát tìm ra qui luật ảnh hưởng của các yếu tố đến động lực học chuyển động của xuồng. Trên cơ sở kết quả khảo sát thu được là cơ sở khoa học để đưa ra các giải pháp kỹ thuật để hoàn thiện xuồng chữa cháy rừng trầm.

2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng và thiết bị nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu là xuồng chữa cháy rừng trầm, đề tài nghiên cứu khoa học cấp Nhà nước mã số KC07.13/06-10, thiết kế chế tạo và hiện đang được sử dụng tại Vườn quốc gia U Minh Thượng, tỉnh Kiên Giang.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

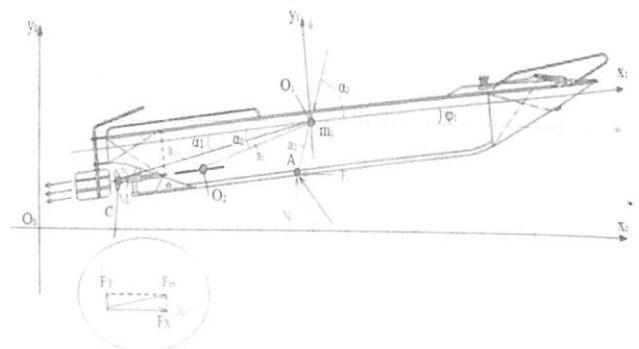
Phương pháp nghiên cứu được sử dụng là áp dụng lý thuyết cơ học hệ nhiều vật, lý thuyết tàu thủy để thiết lập mô hình động lực học và hệ phương trình vi phân động lực học quay vòng. Sử dụng phần mềm Matlab và Simulink 7.7, để mô phỏng và khảo sát các yếu tố ảnh hưởng đến ổn định chuyển động của xuồng, để từ đó rút ra kết luận cần thiết.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Mô hình động lực học của xuồng chữa cháy rừng trầm

a) Mô hình động lực học chuyển động thẳng của xuồng

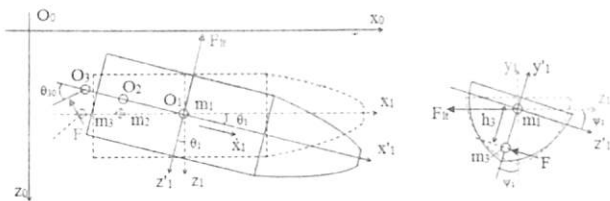
Từ cấu tạo và nguyên lý hoạt động thực tế của xuồng chữa cháy rừng trầm, chúng tôi tiến hành xây dựng mô hình động lực học chuyển động của xuồng trên kênh thẳng như hình 1.



Hình 1. Mô hình chuyển động thẳng của xuồng chữa cháy rừng trầm.

b) Mô hình động lực học quay vòng của xuồng

Từ hoạt động thực tế của xuồng khi quay vòng rẽ vào kênh vuông góc, chúng tôi xây dựng mô hình động lực học của xuồng khi quay vòng được thể hiện trên hình 2.



Hình 2. Mô hình động lực học quay vòng của xuồng chứa chày rừng trầm.

3.2. Hệ phương trình vi phân chuyển động của xuồng chứa chày rừng trầm

Từ mô hình đã lập được ở trên, sau khi tính được các biểu thức động năng, thế năng, hàm hao tán của hệ, ta thay các giá trị động năng, thế năng, hàm hao tán vào phương trình vi phân động lực học của hệ viết theo các tọa độ suy rộng được lập từ phương trình Lagrange loại II.

a) Hệ phương trình vi phân chuyển động thẳng

$$\begin{cases} (m_1 + m_2)\ddot{x}_1 + a_0 m_2 \sin(\varphi_1 + \alpha_0)\ddot{\varphi}_1 + a_0 m_1 \cos(\varphi_1 + \alpha_0)\ddot{\varphi}_1^2 = \dot{X}_1 - \dot{X}_2 \\ (m_1 + m_2)\ddot{y}_1 - a_0 m_2 \cos(\varphi_1 + \alpha_0)\ddot{\varphi}_1 + a_0 m_1 \sin(\varphi_1 + \alpha_0)\ddot{\varphi}_1^2 = \dot{Y}_1 + \dot{Y}_2 - (m_1 + m_2)g \\ (I_{z_1} + a_0^2 m_2)\ddot{\varphi}_1 + a_0 m_2 \sin(\varphi_1 + \alpha_0)\ddot{y}_1 - a_0 m_1 \cos(\varphi_1 + \alpha_0)\ddot{y}_1 + 2a_0 m_2 \cos(\varphi_1 + \alpha_0)\dot{x}_1\dot{\varphi}_1 + 2a_0 m_1 \sin(\varphi_1 + \alpha_0)\dot{x}_1\dot{\varphi}_1 - 2a_0 m_2 g \sin(\varphi_1 + \alpha_0) = \dot{X}_1 a_1 (1 + \sin \alpha_1) + \dot{X}_2 a_2 (1 - \sin \alpha_2) - \dot{Y}_1 a_1 \cos \alpha_1 - \dot{Y}_2 a_2 \cos \alpha_2 \\ I_2 \ddot{\varphi}_2 = N_2 g \sin \varphi_2 \end{cases} \quad (1)$$

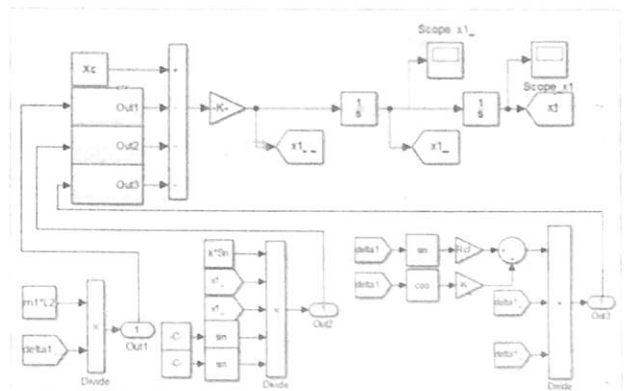
b) Hệ phương trình vi phân chuyển động quay vòng

$$\begin{cases} k \cdot S_{bl} \cdot \dot{x}_1^2 \sin^2 \theta_{30} \cos \theta_{30} + (m_2 h_0 \sin \psi_1)\dot{\psi}_1^2 + R_{CF} \dot{\theta}_1^2 \cos \theta_1 = 0 \\ (m_1 + m_2)\ddot{z}_1 + (m_1 h_0 \cos \psi_1)\dot{\psi}_1 + k \cdot S_{bl} \cdot \dot{x}_1^2 \sin^2 \theta_{30} \cos \theta_{30} + (m_2 h_0 \sin \psi_1)\dot{\psi}_1^2 + R_{CF} \dot{\theta}_1^2 \cos \theta_1 = 0 \\ (m_2 h_0^2 \cos^2 \psi_1 + I_{1x} + I_2)\dot{\psi}_1 + (m_2 h_0 \cos \psi_1)\ddot{z}_1 - h_3 \cdot k \cdot S_{bl} \cdot \dot{x}_1^2 \sin^2 \theta_1 \cos \theta_1 + R_{CMx} \dot{\psi}_1^2 = 0 \\ (m_2 L_2^2 \cos^2 \theta_1 + I_{1y} + I_2)\ddot{\theta}_1 + (m_2 L_2 \sin \theta_1)\dot{x}_1 - L_3 \cdot k \cdot S_{bl} \cdot \dot{x}_1^2 \sin^3 \theta_{30} + R_{CMY} \dot{\theta}_1^2 = 0 \end{cases} \quad (2)$$

3.3. Khảo sát các yếu tố ảnh hưởng đến động lực học chuyển động của xuồng

3.3.1. Sơ đồ mô phỏng hệ phương trình vi phân

Từ các hệ phương trình vi phân (1), (2) đã lập được, chúng tôi lập sơ đồ mô phỏng của xuồng trên hình 3.



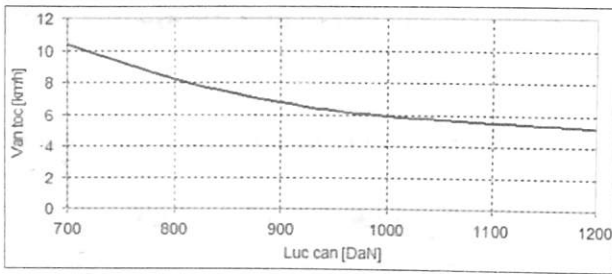
Hình 3. Sơ đồ mô phỏng khảo sát chuyển động của xuồng chứa chày.

3.3.2. Kết quả khảo sát một số yếu tố ảnh hưởng đến động lực học chuyển động của xuồng

Sử dụng phần mềm Matlab – Simulink để mô phỏng và khảo sát ảnh hưởng của lực cản, góc đặt trục chân vịt và góc nâng thân xuồng đến vận tốc chuyển động của xuồng theo sơ đồ mô phỏng trên hình 3. Các thông số đầu vào của mô hình được lấy theo kết quả nghiên cứu thực nghiệm và theo thông số kỹ thuật của xuồng.

3.3.2.1. Ảnh hưởng của lực cản đến vận tốc của xuồng

Trong quá trình hoạt động, lực cản làm cho vận tốc xuồng bị ảnh hưởng rất lớn, để xác định ảnh hưởng của lực cản đến vận tốc của xuồng chúng tôi khảo sát phương trình vi phân chuyển động của xuồng. Kết quả khảo sát được thể hiện trên hình 4.

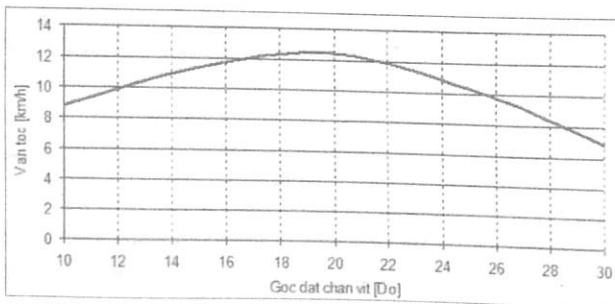


Hình 4. Vận tốc xuồng ứng với các giá trị lực cản khác nhau.

Nhận xét: Lực cản càng lớn vận tốc của xuồng càng thấp, lực cản tổng hợp này do nhiều yếu tố gây nên, đặc biệt do chướng ngại vật trên kênh (bèo tây) và biên dạng mũi xuồng. Để nâng cao vận tốc của xuồng, một trong những giải pháp là phải giảm lực cản này.

3.3.2.2. Ảnh hưởng của góc đặt chân vịt đến vận tốc của xuồng

Vận tốc của xuồng phụ thuộc vào lực đẩy, do chân vịt tạo ra, lực này phụ thuộc vào góc đặt chân vịt, công suất động cơ, các thông số kỹ thuật của chân vịt. Góc đặt chân vịt ảnh hưởng sự phân tán lực đẩy do chân vịt tạo ra, làm vận tốc chuyển của xuồng bị ảnh hưởng, đồng thời góc đặt chân vịt còn có tác dụng nâng mũi xuồng lên, từ đó giảm được lực cản. Để khảo sát sự ảnh hưởng của góc đặt chân vịt đến vận tốc của xuồng, chúng tôi tiến hành khảo sát đầu ra là vận tốc xuồng ứng với các góc đặt chân vịt khác nhau. Kết quả khảo sát được thể hiện trên hình 5.

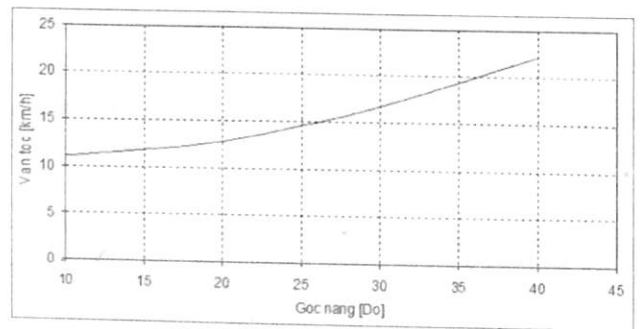


Hình 5. Vận tốc xuồng ứng với các góc đặt trực chân vịt khác nhau.

Nhận xét: Quan hệ giữa góc đặt chân vịt với vận tốc của xuồng là hàm phi tuyến, góc đặt trực chân vịt tăng từ 15 độ đến 20 độ thì vận tốc tăng lên, khi góc đặt trực chân vịt tăng từ 20 độ đến 30 độ thì vận tốc xuồng giảm. Kết quả khảo sát cho thấy, góc đặt trực chân vịt tốt nhất khoảng 20 độ.

3.3.2.3. Ảnh hưởng của góc nâng (nghiêng dọc) đến vận tốc của xuồng

Lực cản chuyển động của xuồng, phụ thuộc vào diện tích cản. Khi góc nâng thay đổi, diện tích cản của xuồng thay đổi theo dẫn đến lực cản thay đổi, khi lực cản thay đổi thì vận tốc xuồng cũng thay đổi. Để khảo sát sự ảnh hưởng của góc nâng đến vận tốc của xuồng, chúng tôi tiến hành khảo sát đầu ra là vận tốc xuồng ứng với các góc nâng khác nhau. Kết quả khảo sát được thể hiện trên hình 6.



Hình 6. Vận tốc xuồng ứng với các góc nâng khác nhau.

Nhận xét: Quan hệ giữa góc nâng với vận tốc của xuồng là phi tuyến, khi góc nâng càng lớn thì lực cản giảm đi dẫn đến vận tốc của xuồng càng cao. Khi xuồng chuyển động, góc nâng này càng lớn, làm cho lực cản chuyển động giảm.

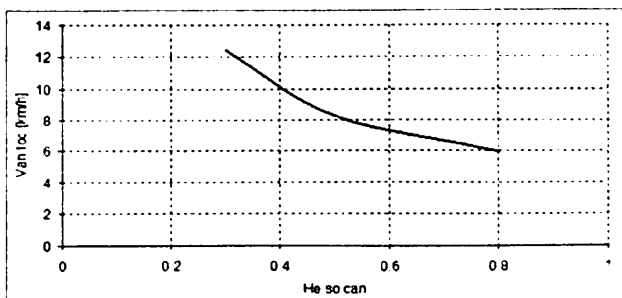
3.3.2.4. Ảnh hưởng của hình dạng của mặt cắt ngang của mũi xuồng đến vận tốc của xuồng

Khi xuồng di chuyển trên kênh có bèo

tây, hình dạng của mũi xuồng sẽ ảnh hưởng rất lớn đến hệ số cản. Theo quan sát thực nghiệm, nếu mũi xuồng có dạng hình nêm thì có tác dụng rẽ bèo sang hai bên mạn xuồng, từ đó giảm ma sát giữa bề mặt đáy xuồng với bèo tây, ngược lại nếu hình dạng mũi xuồng có dạng hình elip thì toàn bộ phần mặt đáy xuồng sẽ trượt trên bèo, từ đó làm tăng hệ số cản chuyển động của xuồng, dẫn đến vận tốc xuồng bị giảm đi rất nhiều. Để khảo sát ảnh hưởng của hình dạng mặt cắt ngang của mũi xuồng đến vận tốc, chúng tôi tiến hành thay đổi hệ số cản tổng hợp k ứng với các biên dạng mũi xuồng khác nhau, từ kết quả nghiên cứu thực nghiệm ngoài hiện trường, chúng tôi xác định được hệ số cản k ứng với các biên dạng mũi xuồng như sau:

- Biên dạng mũi xuồng hình nêm: $k = 0.3$;
- Biên dạng mũi xuồng hình elip: $k = 0.5$;
- Biên dạng mũi xuồng hình thang: $k = 0.8$.

Kết quả khảo sát được thể hiện trên hình 6:

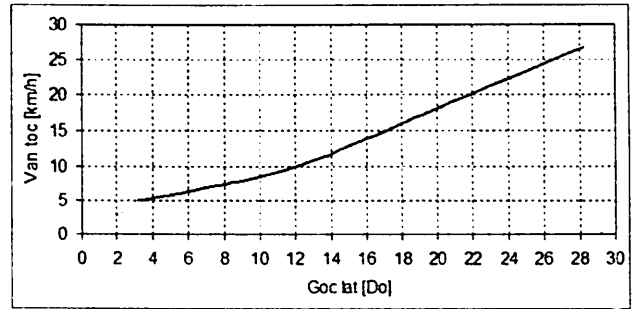


Hình 7. Vận tốc xuồng ứng với các hình dạng mặt cắt ngang khác nhau

Nhận xét: Từ kết quả khảo sát, chúng tôi nhận thấy biên dạng hình nêm cho hệ số cản thấp, từ đó dẫn đến vận tốc của xuồng lớn. Nguyên nhân, do phần lớn bèo tây được rẽ sang hai bên mạn xuồng nên lực cản giảm đi.

3.3.2.5. Ảnh hưởng của vận tốc chuyển động của xuồng đến góc lật của xuồng khi quay vòng rẽ sang kênh vuông góc

Bài toán khảo sát được tiến hành như sau: Thay đổi vận tốc chuyển động của xuồng, góc lái lấy ở giá trị lớn nhất, đầu ra của bài toán khảo sát là góc lật của xuồng. Kết quả khảo sát được thể hiện trên hình 8.

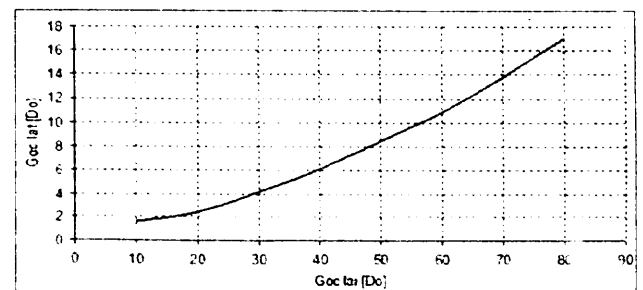


Hình 8. Góc lật của xuồng ứng với các vận tốc khác nhau.

Nhận xét: Khi vận tốc xuồng nhỏ hơn 15km/h, xuồng vẫn còn ổn định. Khi vận tốc xuồng lớn hơn 30 km/h, thì xuồng mất ổn định (bị lật).

3.3.2.6. Ảnh hưởng của góc lái của xuồng đến ổn định chống lật của xuồng

Bài toán khảo sát được tiến hành như sau: Đầu vào là thay đổi góc đánh lái, vận tốc lấy ở một giá trị nhất định $v = 15\text{km/h}$, đầu ra là góc lật của xuồng. Kết quả khảo sát được thể hiện trên hình 9.



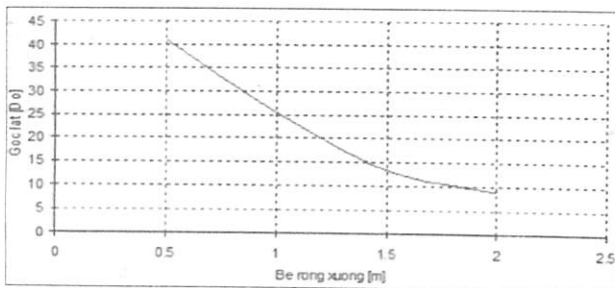
Hình 9. Góc lật của xuồng ứng với các góc lái khác nhau.

Nhận xét: Góc lái càng lớn thì góc lật càng lớn. Đối với xuồng chữa cháy rừng được

khảo sát, khi chạy ở vận tốc $v = 15\text{km/h}$, góc đánh lái $\theta_{30} = 80^\circ$ thì xuồng vẫn ổn định, góc lật $\psi < \psi_{\max}$ (ψ_{\max} góc lật giới hạn).

3.3.2.7. Ảnh hưởng của tiết diện ngang S_n đến ổn định chống lật

Bài toán khảo sát khi thay đổi tiết diện ngang bằng cách thay đổi bề rộng của xuồng, giữ nguyên chiều cao tọa độ trọng tâm của xuồng, góc lái lấy ở một giá trị cố định.

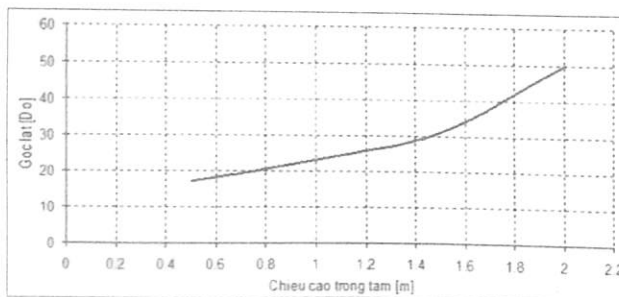


Hình 10. Góc lật của xuồng ứng với các tiết diện mặt cắt ngang khác nhau.

Nhận xét: Khi bề rộng của xuồng càng nhỏ, góc lật của xuồng càng lớn. Để xuồng ổn định, bề rộng tối thiểu của xuồng $B \geq 1,5\text{m}$.

3.3.2.8. Ảnh hưởng của chiều cao tọa độ trọng tâm đến ổn định chống lật

Bài toán khảo sát được tiến hành như sau: Thay đổi chiều cao tọa độ trọng tâm của xuồng, các thông số khác lấy ở một giá trị nhất định. Kết quả khảo sát được thể hiện trên hình 11.



Hình 11. Góc lật của xuồng ứng với các chiều cao trọng tâm khác nhau

Nhận xét: Chiều cao tọa độ trọng tâm càng lớn thì góc nghiêng của xuồng càng lớn, từ đó khả năng ổn định chống lật càng kém. Vì vậy, để đảm bảo ổn định chống lật cho xuồng chữa cháy, chiều cao tọa độ trọng tâm của xuồng nhỏ hơn 0,5m.

4. KẾT LUẬN

Từ cấu tạo và điều kiện hoạt động của xuồng chữa cháy rừng trầm, đã xây dựng mô hình động lực học chuyển động của xuồng, từ đó đã thiết lập được hệ phương trình vi phân động lực học chuyển động của xuồng (phương trình (1) và (2)). Đã sử dụng phần mềm Matlab – Simulink để khảo sát các yếu tố ảnh hưởng đến vận tốc và khả năng ổn định lật của xuồng khi hoạt động. Kết quả khảo sát đã xác định được qui luật ảnh hưởng của các yếu tố đến hàm mục tiêu khảo sát (từ hình 4 đến hình 11), những kết quả nghiên cứu này là cơ sở khoa học cho việc hoàn thiện xuồng chữa cháy rừng trầm. ❖

Ngày nhận bài: 06/6/2019

Ngày phản biện: 10/6/2019

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Nguyễn Văn Khang (2007); *Cơ học hệ nhiều vật*, NXB. Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
- [2]. Lê Thanh Tùng, Lương Ngọc Lợi; "*Lý thuyết tàu thủy*", NXB. Bách Khoa, Hà Nội.
- [3]. Dương Văn Tài (2010); Báo cáo kết quả đề tài trọng điểm cấp nhà nước, "*Nghiên cứu công nghệ và thiết kế chế tạo các thiết bị chuyên dụng chữa cháy rừng*", mã số KC07.13/06-10, Cục Thông tin Khoa học & Công nghệ Quốc gia, Hà Nội.
- [4]. Nguyễn Hữu Tình, Lê Tấn Hùng, Phạm Thị Ngọc Yến, Nguyễn Thị Lan Hương (1999); *Cơ sở Matlab và ứng dụng*, NXB. Khoa học Kỹ thuật.