

## MÔ HÌNH TOÁN CHUYỂN ĐỘNG CỦA TÀU TRÊN LUỒNG MATHEMATICAL MODEL OF SHIP MOTION IN CHANNEL

TS. NGUYỄN KIM PHƯƠNG  
Khoa Điều khiển tàu biển, Trường ĐHHH

### Tóm tắt:

Bài báo giới thiệu mô hình toán chuyển động của tàu trên luồng trong điều kiện khi chưa tính đến ảnh hưởng của các yếu tố ngoại cảnh cũng như tương tác thủy động học. Mô hình này sẽ là cơ sở để xây dựng mô-đun mô phỏng chuyển động của tàu trên luồng dưới dạng chương trình máy tính.

### Abstract:

This article presents mathematical model of ship motion in channel in condition without influence of external factors and hydrodynamics interaction. This model is the ground to build up computer program which simulating the motion of ship in channel.

### 1. Đặt vấn đề

Xu hướng đào tạo thông qua mô phỏng đang được rất nhiều cơ sở đào tạo Hàng hải quan tâm. Khoa Điều khiển tàu biển thuộc Trường Đại học Hàng hải Việt Nam làm nhiệm vụ đào tạo những kỹ sư điều khiển tàu biển cho ngành Hàng hải quốc gia. Hiện nay trong Trường đã có hai trung tâm mô phỏng phục vụ cho việc đào tạo cũng như huấn luyện thuyền viên. Các sinh viên của khoa có điều kiện tiếp cận các trung tâm này qua nhưng buổi học thực hành một số môn học, trong đó có môn học Điều động tàu. Tuy nhiên, với thời lượng hết sức ngắn ngủi cùng với số lượng sinh viên rất đông, những buổi học đó khó có thể mang lại hiệu quả học tập cho sinh viên. Do vậy, nếu như xây dựng được các mô-đun mô phỏng từng phần những tình huống điều động tàu cung cấp cho giảng viên cũng như sinh viên dưới dạng chương trình máy tính sẽ hỗ trợ rất đặc lực cho công tác dạy và học môn Điều động tàu. Theo cách thức tương tự có thể áp dụng cho các môn học chuyên ngành khác.

Nằm trong số những nội dung cần chuyển tải cho sinh viên trong môn học Điều động tàu đó là tình huống điều động tàu trong luồng hẹp. Đây là một nội dung khá trừu tượng. Để giúp cho giảng viên thuận lợi trong việc chuyển tải kiến thức cho sinh viên, cũng như sinh viên dễ dàng hơn trong việc tiếp thu và vận dụng kiến thức nhận được từ giảng viên. Mô-đun mô phỏng chuyển động của tàu trên luồng là một công cụ hữu ích. Cơ sở để xây dựng mô-đun này là mô hình toán chuyển động của tàu.

Khi hành trình trong luồng hẹp con tàu sẽ chịu ảnh hưởng bởi các yếu tố hạn chế của luồng, đó là: bề ngang hành hải và độ sâu của luồng. Những yếu tố này ảnh hưởng trực tiếp đến tính năng điều động của tàu như: vòng quay trở, quán tính và tốc độ của tàu. Ngoài ra, khi tàu chuyển động trong luồng hẹp còn xuất hiện các hiện tượng vật lý như: hiệu ứng bờ, squat (hiện tượng gia tăng mớn nước của tàu) và tương tác thủy động học.

Xây dựng một mô hình toán chứa đựng được đầy đủ các yếu tố nêu trên là một công việc hết sức phức tạp. Trong phạm vi giới hạn của bài báo này, tác giả giới thiệu mô hình toán chuyển động của tàu trong điều kiện nước tĩnh, không có ảnh hưởng của gió, dòng chảy và chưa tính đến những ảnh hưởng tương tác thủy động học.

### 2. Xây dựng mô hình

Để thiết lập mô hình toán chuyển động của tàu trên luồng trên cơ sở đó xây dựng chương trình mô phỏng chuyển động của tàu trên luồng, ta đặt ra hai tình huống chuyển động của tàu:

1. Tàu chuyển động đơn nhất trên luồng
2. Hai tàu gặp nhau trên luồng

Ở tình huống thứ nhất có thể xem tàu như một vật thể thực hiện hai chuyển động là chuyển động thẳng và chuyển động theo quỹ đạo cong.

Ở chuyển động thẳng, mô hình toán của tàu có thể được biểu diễn bằng phương trình chuyển động thẳng của tàu trên một hướng đi nhất định:

$$M \cdot \frac{dv}{dt} + R = \pm P_e, \quad (1)$$

trong đó: M - khối lượng của tàu bao gồm cả khối lượng nước kèm;

v - vận tốc chuyển động thẳng của tàu;

t - thời gian;

R - lực cản tổng hợp;

Pe - lực đẩy của chân vịt;

dấu  $\pm$  tương ứng với trường hợp tàu chuyển động tới và lùi.

Giải phương trình vi phân trên sẽ cho ta xác định hàm quan hệ của vận tốc theo thời gian như sau:

1. Tới – dừng máy (hãm tự do)

$$v_n = \frac{v_0}{\frac{k v_0 n \Delta t}{m_e} + 1}; \quad (2)$$

2. Tới – Lùi máy (hãm cưỡng bức)

$$v_n = \sqrt{\frac{P_e}{k}} \operatorname{tg} \left( \operatorname{arctg} \frac{\sqrt{k} v_0}{\sqrt{P_e}} - \frac{\sqrt{k P_e}}{m_e} n \Delta t \right); \quad (3)$$

3. Giảm tốc độ

$$v_n = \sqrt{\frac{P_e}{k}} \operatorname{cth} \left( \operatorname{arth} \frac{\sqrt{k} v_0}{\sqrt{P_e}} + \frac{\sqrt{k P_e}}{m_e} n \Delta t \right); \quad (4)$$

4. Tăng tốc độ

$$v_n = \sqrt{\frac{P_e}{k}} \operatorname{th} \left( \operatorname{arth} \frac{\sqrt{k} v_0}{\sqrt{P_e}} + \frac{\sqrt{k P_e}}{m_e} n \Delta t \right); \quad (5)$$

$$m_e = \frac{112.D.1000}{9,81}; \quad (6)$$

$$k = D^{\frac{2}{3}}, \quad (7)$$

trong đó: D – lượng giãn nước của tàu;  $\Delta t$  – khoảng thời gian; n – số nguyên.

Khi tàu thay đổi sang một hướng đi mới nó sẽ thực hiện một chuyển động cong dưới tác động của bánh lái ở một tốc độ chuyển động thẳng nhất định. Quỹ đạo chuyển động này phụ thuộc vào đặc tính quay trở của tàu, hay nói cụ thể hơn là phụ thuộc vào các thông số: tốc độ thẳng ban đầu, góc bẻ lái, tốc độ góc quay, góc dạt và thời gian quay trở. Nếu tàu thực hiện một vòng quay trở thì quá trình này bao gồm 3 giai đoạn: giai đoạn bẻ lái, giai đoạn phát triển và giai đoạn quay trở ổn định.

Các yếu tố như tốc độ chuyển động thẳng (v), tốc độ góc quay ( $\omega$ ), góc dạt ( $\beta$ ) khi tàu quay trở có thể biểu diễn bởi hàm của thời gian ở một giá trị xác định của góc bẻ lái ( $\alpha$ ) và tốc độ thẳng ban đầu ( $v_0$ ).

$$v = v_0 - (v_0 - v_c) e^{-\frac{(t_c - t)}{t}},$$

$$\omega = \omega_0 - (\omega_0 - \omega_c).e^{-\frac{(t_c-t)}{t}},$$

$$\beta = \beta_0 - (\beta_0 - \beta_c).e^{-\frac{(t_c-t)}{t}},$$

trong đó:  $v_0, \omega_0, \beta_0$  là các giá trị ban đầu của tốc độ thẳng, tốc độ góc và góc dạt ứng với một giá trị xác định của góc bề lái;  $v_c, \omega_c, \beta_c$  là các giá trị của tốc độ thẳng, tốc độ góc và góc dạt khi tàu quay trở ổn định ứng với một giá trị xác định của góc bề lái;  $t_c$  – thời gian kể từ khi bề lái đến khi tàu bắt đầu vào giai đoạn quay trở ổn định;  $t$  – thời gian quay trở của tàu.

Việc thay đổi góc bề lái và tốc độ thẳng ban đầu sẽ xác định hình dạng quỹ đạo chuyển động của tàu mà đặc trưng cho quỹ đạo này là các giá trị tốc độ góc, tốc độ thẳng, góc dạt và thời gian.

Ở tình huống thứ hai, khi hai tàu chuyển động trên luồng, lúc đó có thể sẽ xuất hiện tình huống đi qua nhau hoặc vượt nhau. Khi đó ta cần quan tâm đến thời điểm hay khoảng cách giữa hai tàu mà tại đó một hoặc cả hai tàu phải điều động để đi qua nhau ở khoảng cách an toàn. Khoảng cách đi qua nhau an toàn ở đây phụ thuộc vào nhiều yếu tố như: tốc độ tiếp cận của hai tàu, bề ngang hành hải của luồng, gió, dòng chảy,... trong đó phải lưu ý đến ảnh hưởng của tương tác thủy động học giữa hai tàu. Theo kinh nghiệm giá trị khoảng cách đi qua giữa hai tàu tối thiểu để có thể hạn chế lực tương tác thủy động học là chiều rộng của tàu lớn hơn.

Khoảng cách giữa hai tàu mà tại đó một hoặc cả hai tàu phải điều động để đi qua nhau ở khoảng cách an toàn phụ thuộc vào kích thước của tàu, đặc tính quán tính – quay trở của tàu.

Tọa độ vị trí hiện thời của hai tàu có thể mô tả bằng phương trình:

$$\begin{cases} x(i) = x_0 + \sum_{i=1}^n v(i). \sin(C(i) - \beta(i)), \\ y(i) = y_0 + \sum_{i=1}^n v(i). \cos(C(i) - \beta(i)), \\ C(i) = C_0 + \sum_{i=1}^n \omega(i); \end{cases}$$

trong đó:  $C$  – hướng hiện thời của tàu;  $C_0$  – hướng ban đầu của tàu;  $x_0, y_0$  – tọa độ vị trí ban đầu của tàu;  $x, y$  – tọa độ vị trí hiện thời của tàu.

Dựa vào phương trình này ta có thể xác định được khoảng cách tức thời giữa hai tàu. Từ đó có thể xác định được thời điểm hay khoảng cách bắt đầu điều động của một hoặc cả hai tàu để đi qua nhau ở khoảng cách an toàn.

### 3. Kết luận

Bằng việc mô tả toán học chuyển động của tàu, ta có thể tiến hành mô hình hóa trên máy tính để mô phỏng một cách khá chính xác chuyển động của tàu khi chưa có tác động của các yếu tố gió, dòng chảy và tương tác thủy động học.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO:

- [1] *Лихачев А.В.* Управление судном.. Учебник для морских вузов. СПб.: Изд-во Политехнического университета, 2004. 504 с. Likhachev A.V. Điều động tàu. Sách giáo khoa cho các trường Hàng hải. Xanh-Petecbua: NXB Đại học Bách khoa, 2004. 504 tr.
- [2] *Снопков В.И.* Управление судном: Учебник для вузов. 3-е издание переработанное и дополненное. СПб.: АНО НПО «Профессионал», 2004. 536 с. Snopkov V.I. Điều động tàu. Sách giáo khoa dành cho các trường Hàng hải. Xuất bản lần thứ 3. Xanh-Petecbua: ANO NPO “Professional”, 2004. 536 tr.

**Người phản biện: TS. Nguyễn Việt Thành**