

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA SÓNG ĐẾN ĐỘNG LỰC HỌC CHUYỂN ĐỘNG BƠI THẲNG CỦA XE TĂNG PT-76

RESEARCH ON EFFECTS OF WAVES ON STRAIGHT-LINE SWIMMING DYNAMICS OF THE PT-76 TANK

TÔ VIỆT THÀNH

Viện Cơ khí động lực, Học viện Kỹ thuật quân sự

Email: tovietthanh179@gmail.com

Tóm tắt

Xe tăng PT-76 là xe bơi tự hành khi chuyển động sẽ chịu tác động của các yếu tố môi trường trên cạn và dưới nước. Khi hoạt động ở dưới nước, sóng nước ảnh hưởng trực tiếp đến các thuộc tính của phương tiện bơi, trong đó có tính kéo. Đây là một thuộc tính quan trọng đánh giá khả năng bơi của xe trong môi trường nước và ảnh hưởng trực tiếp đến đặc tính động lực học chuyển động bơi. Do đó, nội dung bài báo trình bày ảnh hưởng của sóng đến thông số động lực học khi xe chuyển động bơi thẳng. Kết quả nghiên cứu làm cơ sở để khuyến cáo khi vận hành xe TP-76 thực hiện chuyển động bơi vượt qua chướng ngại nước.

Từ khóa: Xe bơi tự hành, động lực học, chuyển động bơi thẳng, sóng nước.

Abstract

The PT-76 tank is an amphibious combat vehicle whose motion dynamics are influenced by environmental conditions both on land and in water. When operating in aquatic environments, surface waves play a critical role in modifying the dynamic characteristics of the vehicle, particularly its drag force, which is a key determinant of swimming efficiency. Understanding the impact of wave-induced disturbances on the vehicle motion is essential for assessing its operational performance and maneuverability. This study systematically examines the influence of surface waves on the dynamic parameters governing the straight-line swimming motion of the PT-76. The findings contribute to a more comprehensive understanding of the vehicle dynamic behavior and serve as a theoretical basis for optimizing its performance in amphibious operations, particularly in overcoming water obstacles.

Keywords: Amphibious vehicle, dynamics, straight-line swimming motion, wave.

1. Mở đầu

Xe tăng PT-76 là loại xe chiến đấu bọc thép chạy bằng xích, được trang bị vũ khí, có khả năng di chuyển trên cạn và bơi trong môi trường nước [1]. Chuyển động bơi của xe được thực hiện trong các trường hợp vượt qua chướng ngại nước của sông ngòi trên đất liền hoặc bơi từ bờ đến các tàu vận tải và ngược lại để thực hiện nhiệm vụ đổ bộ bờ biển. Đây là một dạng chuyển động rất phổ biến khi khai thác xe PT-76 tại Việt Nam bởi vì địa hình nước ta chia cắt bởi hệ thống sông ngòi dày đặc và có bờ biển trải dài từ phía bắc và đến phía nam, cũng như theo yêu cầu tác chiến để phát huy hết công dụng, tính năng chiến kỹ thuật của xe.

Một chỉ số quan trọng đánh giá hiệu suất của xe lội nước là khả năng di chuyển trong môi trường nước của xe. Đã có nhiều công trình nghiên cứu về khả năng di chuyển của xe lội nước khi di chuyển trong môi trường nước [2, 3, 4, 5, 6]. Khả năng di chuyển của xe lội nước trên mặt nước phụ thuộc vào nhiều yếu tố như lực cản của xe, hiệu suất đẩy của cơ cấu bơi và công suất của động cơ [7]. Lực cản của xe lội nước khi di chuyển trong nước bao gồm lực cản ma sát, lực cản hình dạng và lực cản sóng tác động đến thân xe [8]. Lực cản ma sát chiếm tỷ lệ tương đối nhỏ, chủ yếu là lực cản hình dạng và lực cản sóng [9]. Sóng nước được hình thành theo tự nhiên do lực hút của trái đất và gió gây ra, nhưng cũng có thể hình thành theo tự tạo do các xe chuyển động đồng thời trong cùng một vị trí của môi trường nước. Sóng nước tác động trực tiếp đến các thuộc tính chuyển động bơi cơ bản của xe như tính nổi, tính ổn định, tính kéo, tính không chìm, tính điều khiển. Mặt khác, tính kéo là một trong các thuộc tính quan trọng ảnh hưởng trực tiếp đến động lực học chuyển động bơi của xe, trong đó có chuyển động bơi thẳng.

Hiện nay, đã có nhiều công trình nghiên cứu đối xe thiết giáp nói chung và xe tăng PT-76 nói riêng như nghiên cứu về động lực học chuyển động thẳng trên cạn, về dao động của xe chuyển động trên cạn chịu ảnh hưởng của biên dạng mặt đường, về động lực học của cơ cấu bơi dạng bơm luồng phụt hoặc

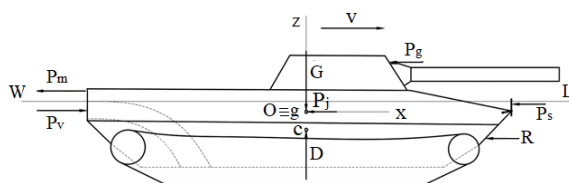
chân vịt, chưa có nhiều công trình nghiên cứu về chuyển động bơi của xe PT-76, nhất là khi chịu tác động của sóng nước. Do vậy, phạm vi nội dung bài báo chỉ tập trung nghiên cứu ảnh hưởng của sóng đến động lực học chuyển động thẳng của xe thông qua thuộc tính kéo nhằm đánh giá khả năng bơi được của xe trong chương ngại nước.

2. Xây dựng mô hình tính toán động lực học chuyển động bơi thẳng xe PT-76

Để xây dựng mô hình tính toán thì cần một số giả thiết sau:

- Xe đảm bảo điều kiện cân bằng nổi;
- Môi trường nước có sóng biển, phương và chiều của sóng tác dụng ngược với phương và chiều chuyển động của xe;
- Lực cản của nước được qui dẫn về một điểm nằm ở phía phần mũi phương tiện và gây ra mô men dương, làm nâng phần mũi xe;
- Độ sâu của nước lớn hơn độ sâu chìm nước cho phép nhỏ nhất của xe nên không xét đến trường hợp mắc cạn do chạm xích vào đáy nền;
- Xét mô hình phẳng, coi các lực tác dụng vào phương tiện nằm trong mặt phẳng đối xứng theo phương dọc của xe.

Khi xe vào nước với đường môn nước là WL, đặt vào trọng tâm G của xe hệ trục tọa độ Oxz , mô hình tính toán động lực học chuyển động thẳng của xe cho theo Hình 1.



Hình 1. Mô hình tính toán động lực học chuyển động thẳng của xe PT-76

Theo Hình 1, tổng lực cản P_c tác dụng lên xe là:

$$\begin{aligned} \vec{P}_c &= \vec{R} + \vec{P}_s + \vec{P}_g + \vec{P}_m + \vec{P}_j \\ P_c &= R + P_s + P_g + P_m + P_j \end{aligned} \quad (1)$$

Xe chuyển động bơi được nhờ lực đẩy P_v do cơ cấu bơm luồng phụt tạo ra. Khi đó, điều kiện cân bằng để xe chuyển động bơi ổn định được xác định như sau:

$$\begin{cases} x = x_0 + \dot{x}t + \frac{\ddot{x}t^2}{2} \\ G = D \\ P_v - R - P_s - P_g - P_m - P_j = 0 \end{cases} \quad (2)$$

Trong đó:

- x là quãng đường bơi được trong thời gian t , (m);
- x_0 là quãng đường ban đầu tính điểm xuất phát đến gốc tọa độ Oxz , (m);
- $\dot{x}$, $\ddot{x}$ là vận tốc và gia tốc trong chuyển động bơi (m/s , m/s^2);
- G là trọng lượng toàn bộ phương tiện, (N);
- D là lực đẩy nổi của phương tiện, (N);
- P_v là lực đẩy (kéo) của cơ cấu bơi, (N);
- R là lực cản nước tác động đến phần vỏ chìm nước của phương tiện, (N);
- P_g là lực cản của gió tác động đến phần vỏ khô của phương tiện, (N);
- P_s là lực cản do sóng nước tự nhiên gây ra đối với phương tiện, (N);
- P_j là lực quán tính trong chuyển động của phương tiện, (N);
- P_m là lực cản do phương tiện kéo phương tiện khác;

Khi đó, phương trình mô tả động lực học chuyển động bơi thẳng ổn định của xe là:

$$\begin{cases} x = x_0 + \dot{x}t + \frac{\ddot{x}t^2}{2} \\ P_v - R - P_s - P_g - P_j - P_m = 0 \end{cases} \quad (3)$$

* Xác định thành phần lực cản nước R

Theo [10, 11], lực cản của nước tác động lên phần ngâm nước của vỏ phương tiện bao gồm ba thành phần là lực cản ma sát, lực cản sóng do bản thân xe tạo ra và lực cản hình dáng. Lực cản nước R được xác định như sau:

$$R = \xi \rho \frac{v^2}{2} S \quad (4)$$

Trong đó:

- ρ là khối lượng riêng của nước, (kg/m^3);
- ξ là hệ số cản tổng cộng;
- v là vận tốc chuyển động bơi của xe, (m/s);
- S là phần diện tích ngâm nước của vỏ xe, (m^2);

* Xác định thành phần lực cản gió P_g

Lực cản gió P_g được xác định như sau:

$$P_g = \rho_k C A v^2 = K A v^2 \quad (5)$$

Trong đó:

- ρ_k là khối lượng riêng không khí, (kg/m^3);
- C là hệ hình dạng khí động học phần vỏ khô của phương tiện;
- $K = C \rho_k$ là hệ số cản không khí;

- A là tiết diện cân chỉnh diện phần vỏ khô của xe, (m^2);

- v là vận tốc chuyển động bơi của phương tiện, (m/s).

* Xác định thành phần lực cản sóng P_s

Theo [12], để xe chuyển động bơi được trên sông, hồ hoặc biển, sóng thường là loại sóng phẳng biên độ thấp, có qui luật điều hòa hình sin (hoặc cos) biểu diễn sóng điều hòa chuyển động theo trục OX như sau:

$$\begin{aligned} f(x)_s &= A \cos \varphi = A \cos(kx_s - \omega t) \\ &= A \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda} x_s - \frac{2\pi}{T} t\right) \end{aligned} \quad (6)$$

Trong đó:

- A là biên độ của sóng (m);
- φ là pha của sóng (rad);
- k là số sóng: $k = 2\pi / \lambda$;
- λ là bước sóng (m);
- ω là tần số sóng: $\omega = 2\pi / T$;
- T là chu kỳ sóng;
- x_s là tọa độ trên hướng truyền sóng theo trục OX, (m);
- t là thời gian chuyển động của sóng, (s).

Để xác định lực của sóng tác động vào phương tiện, trước tiên ta xét phương tiện chuyển động bơi với vận tốc v tạo với phương của sóng một góc β (góc cắt sóng β). Khi đó, hàm thế vận tốc được biểu diễn tổng quát dưới dạng hàm của góc cắt sóng β khi bỏ qua ảnh hưởng của vận tốc bơi phương tiện được xác định theo hàm số phức như sau như sau:

$$\Phi_s = \Phi_1 e^{i\omega t} \quad (7)$$

Trong đó: Φ_1 là biên độ của hàm thế vận tốc của sóng xét trong trường hợp tổng quát khi kể đến ảnh hưởng của góc β , được xác định theo hàm số phức là:

$$\Phi_1 = \frac{igA}{\omega} e^{[-ik(x_s \cos \beta + y \sin \beta) + kz]} \quad (8)$$

Với g là gia tốc trọng trường; i là đơn vị ảo.

Khi giả thiết sóng chỉ tác động vào phương tiện theo hướng chuyển động dọc phương tiện (hướng trục x), các hướng còn lại không tác dụng ($\beta=180^\circ$) thì hàm thế vận tốc của sóng là:

$$\Phi_{1x} = \frac{igA}{\omega} e^{-ikx_s \cos \beta + kz} = \frac{igA}{\omega} e^{ikx_s + kz} \quad (9)$$

Và hàm thế vận tốc của sóng theo phương x được xác định là:

$$\Phi_{sx} = \frac{igA}{\omega} e^{ikx_s + kz} e^{i\omega t} \quad (10)$$

Đạo hàm riêng hàm thế vận tốc của sóng theo phương x là:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \Phi_{sx}}{\partial x} &= k \frac{i^2 gA}{\omega} e^{ikx_s + kz} e^{i\omega t} \\ &= -k \frac{gA}{\omega} e^{ikx_s + kz} e^{i\omega t} \end{aligned} \quad (11)$$

Khi đó lực tác động của sóng theo phương x là:

$$P_{sx} = -\rho \int_{S_x} \frac{\partial \Phi_{sx}}{\partial x} dS_x \quad (12)$$

Với S_x là diện tích phần vỏ chìm chịu tác động của sóng theo phương x;

$$\begin{aligned} \Rightarrow P_{sx} &= -\rho \int_{S_x} -k \frac{gA}{\omega} e^{ikx_s + kz} e^{i\omega t} dS_x \\ &= \rho Bh \frac{kgA}{\omega} e^{ikx_s + kz} e^{i\omega t} \\ &= \rho Bh \frac{kgA}{\omega} e^{kz} (e^{ikx_s} e^{i\omega t}) \end{aligned} \quad (13)$$

Áp dụng công thức Ôle, ta có:

$$\begin{aligned} e^{ikx_s} e^{i\omega t} &= [\cos(kx_s) + i \sin(kx_s)][\cos(\omega t) + i \sin(\omega t)] \\ &= \cos(kx_s) \cos(\omega t) - \sin(kx_s) \sin(\omega t) + i[\cos(kx_s) \sin(\omega t) + \sin(kx_s) \cos(\omega t)] \end{aligned} \quad (14)$$

Mặt khác khi tính toán lực ta chỉ quan tâm đến phần thực, không lấy phần ảo vì lực cản sóng có dạng phi tuyến phụ thuộc vào cấp sóng. Giá trị của lực cản sóng lấy dấu dương để thuận tiện cho quá trình vẽ đồ thị, do đó lực cản của sóng theo phương x là:

$$P_{sx} = \rho Bh \frac{kgA}{\omega} e^{kz} \left| \cos(kx_s) \cos(\omega t) - \sin(kx_s) \sin(\omega t) \right| \quad (15)$$

Với B , h là chiều rộng và chiều cao sóng tác động vào xe, lấy B chính bằng chiều rộng của xe, (m);

* Xác định thành phần lực cản kéo móc P_m

Xe PT-76 khi bơi thường không kéo móc nên lực kéo móc $P_m=0$.

* Xác định thành phần lực quán tính P_j

Nếu coi xe PT-76 là một vật rắn đồng nhất và chuyển động tịnh tiến thì lực quán tính P_j được xác định là:

$$P_j = m \frac{dv}{dt} = \frac{G}{g} a = m\ddot{x} \quad (16)$$

* Xác định thành phần lực đẩy của cơ cấu bơi P_v

Xe PT-76 trang bị hai bơm luồng phụt, theo [10, 11], lực đẩy của cơ cấu bơi bơm luồng phụt được xác định là:

$$P_v = zK_b \rho n_b^2 D_b^4 = zK_1 (1 + t_b) \rho n_b^2 D_b^4 \quad (17)$$

Trong đó:

- z là số bơm luồng phụt bố trí trên xe;
- K_b là hệ số lực đẩy của bơm;
- K_1 là hệ số lực đẩy của tuốc bin;
- t_b là hệ số hút của bơm luồng phụt;
- n_b là tốc độ quay của trục tuốc bin trong bơm luồng phụt (vòng/giây) và được xác định: $n_b = n_e / i$ (với: n_e là tốc độ quay trục động cơ; i là tỷ số truyền từ trục động cơ đến trục tuốc bin);
- D_b là đường kính tuốc bin, (m).

Điều kiện để đảm bảo chuyển động bơi thẳng ổn định phải thỏa mãn thuộc tính kéo của xe, nghĩa là:

$$P_v \geq P_c \quad (18)$$

Nếu không thỏa mãn điều kiện theo công thức 18 thì xe sẽ chuyển động bơi ở trạng thái neo.

3. Kết quả tính toán

a. Bộ thông số tính toán

Thông số về xe: Trọng lượng xe $G=146000\text{N}$; Chiều dài $L=7,2\text{m}$; Chiều rộng $B=3,15\text{m}$; Độ sâu chìm nước $T=1,2\text{m}$; Diện tích cản gió $A=3,15\text{m}^2$; Hệ số cản tổng cộng $\xi=0,9$;

Thông số về bơm luồng phụt: Số lượng bơm $z=2$; Hệ số lực đẩy của bơm $K_b=0,40$; Hệ số hút của bơm $t_b=0,15$; Tốc độ quay của trục tuốc bin $n_b=16$ vòng/giây; Đường kính tuốc bin $D_b=0,5\text{m}$;

Thông số về sóng: Chọn 4 loại sóng điều hòa, biên độ thấp từ cấp 1 đến cấp 4 với các thông số cụ thể là: Chiều cao sóng: $h=0,2; 0,5, 0,9$ và $1,5\text{m}$; Bước sóng: $\lambda=4; 12, 20$ và 35m ; Chu kỳ sóng: $T=1,5; 2,5, 3,5$ và $4,5$ giây;

Khối lượng riêng của nước $\rho=102\text{ kg.s}^{-2}/\text{m}^4$; Khối lượng riêng của không khí $\rho_k=0,123\text{ kg.s}^{-2}/\text{m}^4$

b. Kết quả tính toán

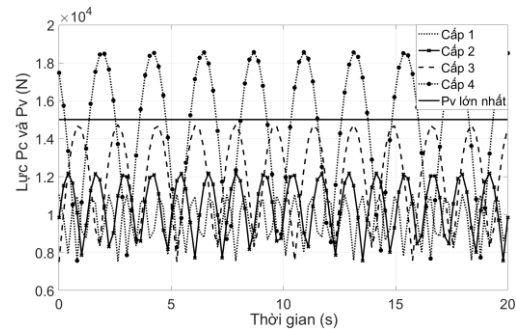
* Khảo sát khả năng bơi theo các cấp sóng

Để đánh giá khả năng bơi của xe theo cấp sóng, tiến hành tính toán tổng lực cản từ cấp sóng 1 đến cấp sóng 4 theo công thức (1) và lực đẩy lớn nhất của xe theo công thức (17). Kết quả tính toán được thể hiện trong Hình 2.

Nhận xét:

- Về quy luật: khi cấp sóng càng tăng thì tổng lực cản tăng lên, điều này phù hợp với qui luật vì năng lượng của sóng tác dụng vào xe tăng lên theo cấp sóng, nghĩa là tăng sự cản trở chuyển động của xe. Mặt khác, lực đẩy cơ cấu bơi của xe phụ thuộc vào nguồn động lực, hệ thống truyền lực, các thông số kết cấu và làm việc của cơ cấu bơi. Khi cho trước các thông số này thì sẽ xác định được lực đẩy lớn nhất của cơ cấu bơi xe PT-76.

- Về giá trị: từ đồ thị Hình 2 cho thấy nếu xét theo tiêu chí thuộc tính kéo phải thỏa mãn điều kiện theo phương trình (18) thì xe PT-76 chỉ bơi được ở môi trường đến sóng cấp 3 khi sóng tác dụng trực tiếp vào mũi xe và có phương theo trục dọc của xe. Mặt khác, theo phương trình mô men do lực sóng gây ra ở hệ phương trình (2) thì mô men có tác dụng nâng mũi xe lên, điều này rất có lợi khi xe chuyển động bơi bởi vì phần phía đuôi xe luôn được làm kín đến tháp pháo nên sẽ có góc nghiêng dọc lớn mà vẫn hạn chế được nước tràn vào từ phần đuôi. Do phạm vi bài báo không đề cập đến thuộc tính ổn định nên nhận xét này chỉ thể hiện định tính, còn nhận xét định lượng chỉ dựa vào kết quả tính toán theo thuộc tính kéo.

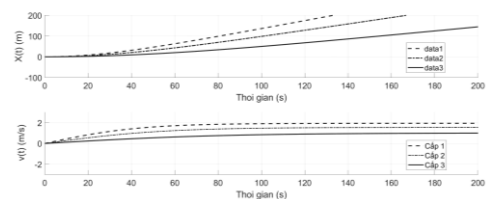


Hình 2. Đồ thị biểu diễn sự thay đổi tổng lực cản theo cấp sóng và lực đẩy lớn nhất của cơ cấu bơi

* Khảo sát sự ảnh hưởng của các cấp sóng đến thông số động lực học chuyển động bơi thẳng

Giải hệ phương trình (3) theo sóng từ cấp 1 đến cấp 3, với điều kiện đầu tại $t_0=0$ thì $x(t_0)=0$; $\dot{x}(t_0)=0$; $\ddot{x}(t_0)=0$.

Khi đó, kết quả tính toán cho như Hình 3.



Hình 3. Đồ thị biểu diễn sự thay đổi thông số động lực học chuyển động bơi thẳng theo cấp sóng

Nhận xét:

- Về quy luật: Ứng với các cấp sóng khác nhau, sự thay đổi theo thời gian của các thông số động lực học tăng dần từ chuyển động không ổn định (tăng dần đều) với thời gian 60 giây đến chuyển ổn định (đều) từ 60 giây trở đi. Điều này phù hợp với qui luật điều khiển cơ cấu bơi khi tăng dần tải động cơ (tăng vị trí chân ga) cho đến khi duy trì ở mức tải lớn nhất để tạo ra lực đẩy cho cơ cấu bơi là lớn nhất.

- Về giá trị: Lực cản tổng cộng bằng lực cản nước tĩnh cộng lực cản sóng. Như vậy, ứng với cấp sóng càng lớn thì lực cản sóng càng lớn dẫn đến làm cho vận tốc bơi giảm khi cấp sóng tăng, cũng như quãng đường bơi giảm khi cùng một thời gian bơi hoặc thời gian bơi phải tăng khi bơi cùng một quãng đường. Cụ thể:

+ Xét ở một thời điểm chuyển động ổn định ở 100 giây, quãng đường đi được ứng với sóng cấp 1 đến cấp 3 lần lượt là: 135m, 100m và 65m; vận tốc bơi tương ứng là: 1,9m/s, 1,5m/s và 0,98m/s.

+ Nếu quãng đường bơi là 100m thì thời gian bơi ứng với sóng cấp 1 đến cấp 3 lần lượt là: 80 giây, 100 giây và 160 giây.

Như vậy, khi xe bơi ở các cấp sóng cụ thể cho phép xác định được vận tốc bơi và thời gian bơi. Đây là cơ sở khoa học quan trọng để tính toán tốc độ vượt sóng, cũng như thời gian di chuyển từ bờ biển lên tàu đổ bộ hoặc ngược lại nhằm đáp ứng yêu cầu triển khai đội hình tác chiến trong thực tế.

4. Kết luận

Bài báo đã xây dựng được mô hình tính toán động lực học chuyển động bơi thẳng của xe tăng hạng nhẹ PT-76 trong môi trường nước có sóng nhằm mô tả hoạt động của xe sát phù hợp với thực tế khai thác. Kết quả đạt được đã chỉ rõ khả năng bơi của xe chỉ hoạt động được đến sóng cấp 3, đồng thời chỉ ra được vận tốc và thời gian bơi ứng với sóng từ cấp 1 đến cấp 3, đây là cơ sở quan trọng giúp cho người chỉ huy tổ chức đội hình vượt sóng, cũng như đội hình đổ bộ bờ biển hợp lý mà ít có tài liệu nào đề cập đến.

Ngoài ra, kết quả của bài báo đã xây dựng được phương pháp nghiên cứu để phục vụ cho việc xác định các thông số động lực học chuyển động bơi thẳng có kể đến ảnh hưởng của sóng nước khi tính toán thiết kế, chế tạo các mẫu xe bơi tự hành tại Việt Nam.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Võ Văn Trung (2004), *Cấu tạo xe tăng, phần 3: Cấu tạo xe tăng hạng nhẹ*, Nhà xuất bản Học viện Kỹ thuật quân sự, Hà Nội.

- [2] Kaczmarczyk, S.T., Kulczyk, J., Zaradny, Z., (1996), *Effect of the form parameters of a tracked APC on its swimming resistance*, Journal of Terramechanics, Vol.33(4), pp.173-183.
- [3] Sebnem Helvacioglu, Ismail Hakki Helvacioglu, Burak Tuncer, (2011), *Improving the river crossing capability of an amphibious vehicle*, Ocean Engineering, Vol.38, pp.2201-2207.
- [4] Sun, C.L., Xu, X.J., Tang, Y.J., Hao, J., (2022), *Experimental and numerical simulation of reducing resistance and increasing speed for a segmented-track amphibious vehicle*, Journal of National University of Defense Science and Technology, Vol.44, pp.201-208.
- [5] Duan, L., Yao, K., Pan, X., Hou, Z., Zhao, X., Tian, X., (2015), *Study on force characteristics and resistance for water by amphibious vehicle*, 2015 3rd International Conference on Mechanical Engineering and Intelligent Systems, Yinchuan, China.
- [6] Bolong Liu, Xiaojun Xu, Dibo Pan, (2023), *Research on launching, water exiting, and river crossing of an amphibious vehicle*, Physics of Fluids, Vol.35, 113328.
- [7] Hu, H.K., Zhang, S.T., Xiong, K.F., (2006), *Study and experiment on improving the speed by resistance reduction*, Vehicle & Power Technology, Vol.101, pp.5-10.
- [8] Ma, F., Li, J., Zeng, Z., Gao, Y., (2018), *Structural, mechanical and tribocorrosion behaviour in artificial seawater of crn/aln nano-multilayer coatings on f690 steel substrates*, Appl. Surf. Sci. Vol.428, pp.404-414.
- [9] Zhou, Y., Xiao, Q., Peyrard, C., Pan, G., (2021), *Assessing focused wave applicability on a coupled aero-hydro-mooring FOWT system using CFD approach*, Ocean Engineering, Vol.240.
- [10] Nguyễn Viết Tân (2011), *Xe máy vượt sóng*, Nhà xuất bản Quân đội nhân dân, Hà Nội.
- [11] Д.Г. Егоров, Л.Е. Ходонович (1963), *Самоходные переправочные средства и средства моторизации переправ*, Издание виа, Москва.
- [12] Trần Công Nghị (2008), *Sổ tay thiết kế tàu thủy*, Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội.

Ngày nhận bài:	04/03/2025
Ngày nhận bản sửa:	01/04/2025
Ngày duyệt đăng:	04/04/2025