

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA DIỆN TÍCH LỖ TRÍCH KHÍ ĐẾN TỐC ĐỘ BỆ KHÓA CỦA SÚNG TIỂU LIÊN AKM KHI BẮN Ở HAI MÔI TRƯỜNG

STUDY EFFECTS OF GAS PORT AREA TO VELOCITY OF THE AKM GUN'S BOLT
CARRIER WHEN SHOT IN TWO ENVIRONMENTS

KS. Lê Xuân Long, ThS. Nguyễn Văn Hưng

Học viện Kỹ thuật Quân sự

TÓM TẮT

Bài báo xây dựng mô hình tính toán và tiến hành giải bài toán động lực học máy tự động, từ đó nghiên cứu các ảnh hưởng của các tham số thiết bị trích khí đến hoạt động của máy tự động súng tiểu liên AKM khi bắn dưới nước. Trong các tham số kết cấu thì diện tích lỗ trích khí có ảnh hưởng lớn nhất, vì vậy, bài báo chỉ tập trung khảo sát tham số này đến hoạt động của máy tự động, mà cụ thể là đến hai thông số quan trọng nhất là vận tốc lớn nhất của bộ khóa và vận tốc bộ khóa tại thời điểm va chạm sau cùng với hộp súng. Kết quả bài toán là cơ sở khoa học để thiết kế và chế tạo súng tiểu liên thanh bắn dưới nước.

Từ khóa: Dưới nước; Cơ cấu trích khí; Tốc độ bộ khóa; Diện tích lỗ trích khí; Máy tự động.

ABSTRACT

The paper builds model and solves the automatic machine dynamics problem, thereby studying the effects of the parameters of gas-operation on the operation of AKM automatic machine when shot under water. In structural parameters, the gas port area has the greatest effect, so the article only focus on studying the effect of this parameter to the operation of automatic machine, namely to the two most important parameters. They are the maximum velocity of bolt carrier and the velocity of bolt carrier at the time of collision with the gun case. The result of the problem is a scientific basis for designing and manufacturing underwater automatic guns

Keywords: Under water, gas-operation, velocity of bolt carrier, gas port area, automatic machine.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

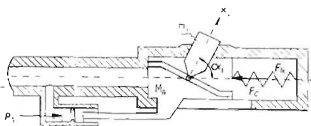
Súng bắn dưới nước là loại vũ khí trang bị cho các lực lượng đặc biệt chuyên hoạt động dưới mặt nước. Hiện nay, trên thế giới chỉ có một vài nước nghiên cứu và áp dụng thành công loại vũ khí này vào thực tế. Ở trong nước, hiện nay mới có đề tài trong nước đã nghiên cứu, chế tạo thành công súng bắn hai môi trường nhưng chỉ có khả năng bắn phát một. Việc tính toán, thiết kế một khẩu súng bắn hai môi trường có khả năng bắn liên thanh có ý nghĩa quan trọng và cấp thiết.

Để có cơ sở lý thuyết, thực nghiệm tin cậy trong thiết kế, chế tạo súng bắn dưới nước thì việc nghiên cứu bài toán xác định ảnh hưởng của các tham số thiết bị trích khí đến hoạt động của máy tự động súng tiểu liên AKM khi bắn dưới nước là bài toán đầu tiên cần phải giải quyết.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

2.1. Mô hình tính toán và các giả thiết

Mô hình tính toán tổng quát của vũ khí tự động trích khí được thể hiện ở hình 1.



Hình 1. Mô hình giải bài toán trích khí máy tự động khí bắn dưới nước.

Trong đó:

- P_A : Lực áp suất khí thuốc trong buồng khí tác dụng lên piston;
- F_N : Lực cản của bộ phận đẩy về;

- F_C : Lực cản bộ phận bệ khóa nòng do nước gây ra;
- M_A : Khối lượng khâu cơ sở (bệ khóa và piston);
- m : Khối lượng khâu thứ i ;
- α_i : Góc nghiêng của khâu thứ i ;

Ở mô hình trên, ngoài lực tác dụng do áp suất khí thuốc trong buồng khí, lực cản do máy tự động, bệ khóa còn chịu tác dụng của lực cản của nước, lực cản này được tính theo công thức [2]:

$$F_c = \frac{1}{2} \rho v^2 C_D A \quad (1)$$

Trong đó: A là diện tích tiết diện cản; là trọng lượng riêng của chất lỏng; v là vận tốc chuyển động của bệ khóa; CD là hệ số cản phụ thuộc vào biên dạng của bệ khóa.

Các giả thiết khi tính toán:

- Các giả thiết thuật phóng trong: Thuốc phóng cháy theo quy luật cháy hình học; Toàn bộ liều thuốc cháy trong điều kiện môi trường có áp suất như nhau và bằng áp suất thuật phóng p ; Quy luật tốc độ cháy của thuốc được biểu diễn theo công thức $u = u_1 \cdot p$; Khối lượng của đầu đạn tính bằng khối lượng thực của đầu đạn và khối lượng nước trong nòng phía trước đạn;
- Không tính đến tổn thất nhiệt trong nòng;
- Coi nước là chất lỏng không nén được;
- Coi nước ở trong buồng khí đã được đẩy hết ra khi khí thuốc chảy vào buồng khí;
- Chỉ xét hàm lực cản nhớt của nước đối với bệ khóa khi máy tự động làm việc.

2.2. Hệ phương trình vi phân giải chuyển động của máy tự động

- Hệ phương trình chuyển động của máy tự động.

Để giải chuyển động của máy tự động, tiến hành giải đồng thời 6 phương trình thuật phóng trong, 3 phương trình nhiệt động buồng khí và 2 phương trình chuyển động của bộ khóa.

- Hệ phương trình thuật phóng trong.

Theo tài liệu [2] ta có được hệ phương trình vi phân thuật phóng cho đạn bắn dưới nước như sau:

$$\begin{cases} \frac{dz}{dt} = \frac{p}{I_x} \\ \frac{d\psi}{dt} = (\chi + 2\chi z) \frac{dz}{dt} \\ \frac{dv}{dt} = (Sp - F_c) \\ \frac{dW}{dt} = \left[\frac{gQ}{g} + (1 - k_s) Sp(l_s - l) \right] \\ \frac{dW}{dt} = \omega \left(\frac{1}{\delta} - \alpha \right) \frac{d\psi}{dt} + S \frac{dI}{dt} \\ \frac{dp}{dt} = \frac{1}{W} \left[f \omega \frac{d\psi}{dt} - \rho \frac{dW}{dt} + \left(\frac{2Bk_s \rho l S}{C_1^2} - \frac{gQ}{g} - k_s \rho S l - \frac{2Bk_s \rho l S}{C_1^2} \right) \frac{8v \psi v}{dt} + \right. \\ \left. \frac{8Q\psi(1 - k_s) Sp v^2}{2} - 8Sv^2 p_s + \frac{1}{2} k_s \rho v^2 \right] - \frac{Bk_s 8Sv^3}{C_1^2} - \frac{Bk_s 8\psi C V^2}{C_1^2} \end{cases} \quad (2)$$

- Hệ phương trình nhiệt động buồng khí.

Khi bắn dưới nước với kết cấu của súng tiêu liên AKM, thì lượng nước ở trong buồng khí là rất nhỏ. Do đó, có thể giả thiết khí khí thuộc trích vào buồng khí sẽ đẩy toàn bộ lượng nước này qua khe hở giữa pittong - buồng khí và điền đầy thể tích tự do của buồng khí. Quá trình khí giãn nở sinh công cũng tương tự như khí bắn trong không khí, từ đó hệ phương trình nhiệt động buồng khí [4]:

$$\begin{cases} \frac{d\omega_n}{dt} = \xi_n (G_n - G_{n1}) \\ \frac{dW_n}{dt} = \xi_n (\chi S \omega_n) \\ \frac{dp_n}{dt} = \frac{1}{\omega_n} \left[k G_n \frac{p_n W_n}{\omega_n} - k G_{n1} \frac{p_n W_n}{\omega_n} - k p_n - k_{s2} p_n \frac{dW_n}{dt} \right] \xi_n \end{cases} \quad (3)$$

Hoạt động của máy tự động khi bắn dưới nước hoàn toàn không khác so với khi bắn trong không khí. Tuy nhiên, các bộ phận của máy tự động khi bắn dưới nước sẽ chịu lực cản của nước, lực cản này lớn hơn nhiều so với lực cản của không khí, lực cản này được xác định theo (1). Do vậy, ta sẽ khảo sát hoạt động của máy tự động của súng khí bắn dưới nước như ở trên cạn nhưng có xét đến ảnh hưởng của hàm lực cản đến các bộ phận của máy tự động khi làm việc.

Hệ phương trình chuyển động của bộ khóa (khâu cơ sò) theo [4]:

$$\begin{cases} \frac{dX}{dt} = V \\ \frac{dV}{dt} = \frac{1}{M_{11}} (P_s - C_0 X - F_c) \end{cases} \quad (4)$$

3. KHẢO SÁT ẢNH HƯỞNG CỦA ĐƯỜNG KÍNH LỖ TRÍCH KHÍ ĐẾN HOẠT ĐỘNG CỦA MÁY TỰ ĐỘNG

Hoạt động của máy tự động phụ thuộc vào rất nhiều tham số kết cấu của thiết bị trích khí: Vị trí lỗ trích khí; diện tích lỗ trích khí; thể tích ban đầu của buồng khí; diện tích bề mặt piston; diện tích khe hở giữa piston và thành buồng khí. Trong đó, tham số diện tích lỗ trích khí là quan trọng nhất và có ảnh hưởng lớn nhất. Do đó, bản chất vấn đề là khảo sát ảnh hưởng của đường kính lỗ trích khí đến hai thông số cần quan tâm nhất là vận tốc cuối hành trình lùi (vận tốc va chạm sau cùng) và vận tốc lớn nhất của bộ khóa.

Các thông số đầu vào:

- Thông số thuật phóng trong [2];
- Thông số bài toán nhiệt động buồng khí;

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

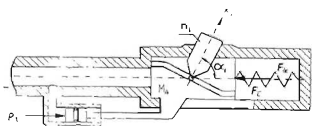
Súng bắn dưới nước là loại vũ khí trang bị cho các lực lượng đặc biệt chuyên hoạt động dưới mặt nước. Hiện nay, trên thế giới chỉ có một vài nước nghiên cứu và áp dụng thành công loại vũ khí này vào thực tế. Ở trong nước, hiện nay một số đề tài trong nước đã nghiên cứu, chế tạo thành công súng bắn hai môi trường nhưng chỉ có khả năng bắn phát một. Việc tính toán, thiết kế một khâu súng bắn hai môi trường có khả năng bắn liên thanh có ý nghĩa quan trọng và cấp thiết.

Để có cơ sở lý thuyết, thực nghiệm tìm tòi trong thiết kế, chế tạo súng bắn dưới nước thì việc nghiên cứu bài toán xác định ảnh hưởng của các tham số thiết bị trích khí đến hoạt động của máy tự động súng tiểu liên AKM khi bắn dưới nước là bài toán đầu tiên cần phải giải quyết.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

2.1. Mô hình tính toán và các giả thiết

Mô hình tính toán tổng quát của vũ khí tự động trích khí được thể hiện ở hình 1.



Hình 1. Mô hình giải bài toán trích khí máy tự động khí bắn dưới nước.

Trong đó:

- P_A : Lực áp suất khí thuốc trong buồng khí tác dụng lên piston;
- F_C : Lực cản của bộ phận đẩy về;

- F_C : Lực cản bộ phận bệ khóa nòng do nước gây ra;
- M_A : Khối lượng khâu cơ sở (bệ khóa và piston);
- m : Khối lượng khâu thứ i ;
- α_i : Góc nghiêng của khâu thứ i ;

Ở mô hình trên, ngoài lực tác dụng do áp suất khí thuốc trong buồng khí, lực cản do máy tự động, bệ khóa còn chịu tác dụng của lực cản của nước, lực cản này được tính theo công thức [2]:

$$F_c = \frac{1}{2} \rho v^2 C_D A \quad (1)$$

Trong đó: A là diện tích tiết diện cản; là trọng lượng riêng của chất lỏng; v là vận tốc chuyển động của bệ khóa; CD là hệ số cản phụ thuộc vào biên dạng của bệ khóa.

Các giả thiết khi tính toán:

- Các giả thiết thuật phóng trong: Thuốc phóng cháy theo quy luật cháy hình học; Toàn bộ liều thuốc cháy trong điều kiện môi trường có áp suất như nhau và bằng áp suất thuật phóng p ; Quy luật tốc độ cháy của thuốc được biểu diễn theo công thức $u = u_1 \cdot p$; Khối lượng của đầu đạn tính bằng khối lượng thực của đầu đạn và khối lượng nước trong nòng phía trước đạn;

- Không tính đến tổn thất nhiệt trong nòng;

- Coi nước là chất lỏng không nén được;

- Coi nước ở trong buồng khí đã được đẩy hết ra khi khí thuốc chảy vào buồng khí;

- Chỉ xét hàm lực cản nhớt của nước đối với bệ khóa khi máy tự động làm việc.

2.2. Hệ phương trình vi phân giải chuyển động của máy tự động

Để giải chuyển động của máy tự động, tiến hành giải đồng thời 6 phương trình thuật phóng trong, 3 phương trình nhiệt động buồng khí và 2 phương trình chuyển động của bộ khóa.

- Hệ phương trình thuật phóng trong.

Theo tài liệu [2] ta có được hệ phương trình vi phân thuật phóng cho đạn bắn dưới nước như sau:

$$\begin{cases} \frac{dz}{dt} = \frac{p}{f_k} \\ \frac{d\psi}{dt} = (\chi + 2\chi z) \frac{dz}{dt} \\ \frac{dv}{dt} = \frac{(Sp - F_c)}{\left[\frac{\rho v^2}{g} + (1 - k_2) Sp(l_2 - l) \right]} \\ \frac{dl}{dt} = v \\ \frac{dW}{dt} = \omega \left(\frac{1}{\delta} - \alpha \right) \frac{d\psi}{dt} + S \frac{dl}{dt} \\ \frac{dp}{dt} = \frac{1}{W} \left[f \omega \frac{d\psi}{dt} - p \frac{dW}{dt} + \frac{2Bk_1 \rho l S_1}{C_1^2} \frac{\rho Q}{g} - k_2 \rho S l - \frac{2Bk_2 \rho l S_2}{C_2^2} \frac{\rho v dv}{dt} + \frac{\rho \omega (1 - k_2) S p v^2 - 3Sv(\rho_1 + \frac{1}{2} k_2 \rho v^2) - Bk_3 \rho S_1 v^2 - Bk_4 \rho \omega l C_1^2}{C_1^2} \right] \end{cases} \quad (2)$$

- Hệ phương trình nhiệt động buồng khí.

Khi bắn dưới nước với kết cấu của súng tiểu liên AKM, thì lượng nước ở trong buồng khí là rất nhỏ. Do đó, có thể giả thiết khi khí thuốc trích vào buồng khí sẽ đẩy toàn bộ lượng nước này qua khe hở giữa pittong - buồng khí và điện đẩy thể tích tự do của buồng khí. Quá trình khí giãn nở sinh công cũng tương tự như khí bắn trong không khí, từ đó hệ phương trình nhiệt động buồng khí [4]:

$$\begin{cases} \frac{d\omega_b}{dt} = \xi (G_{\omega} - G_{\omega}) \\ \frac{dW_{\omega}}{dt} = \xi (\chi S_{\omega}) \\ \frac{dp_{\omega}}{dt} = \frac{1}{\omega_b} \left[k G_{\omega} \frac{p_{\omega} W_{\omega}}{\omega_b} - k G_{\omega} \frac{p_{\omega} W_{\omega}}{\omega_b} - k p_{\omega} - k_{\omega} p_{\omega} \frac{dW_{\omega}}{dt} \right] \xi \end{cases} \quad (3)$$

- Hệ phương trình chuyển động của máy tự động.

Hoạt động của máy tự động khi bắn dưới nước hoàn toàn không khác so với khi bắn trong không khí. Tuy nhiên, các bộ phận của máy tự động khi bắn dưới nước sẽ chịu lực cản của nước, lực cản này lớn hơn nhiều so với lực cản của không khí, lực cản này được xác định theo (1). Do vậy, ta sẽ khảo sát hoạt động của máy tự động của súng khí bắn dưới nước như ở trên cạn nhưng có xét đến ảnh hưởng của hàm lực cản đến các bộ phận của máy tự động khi làm việc.

Hệ phương trình chuyển động của bộ khóa (khâu cơ sở) theo [4]:

$$\begin{cases} \frac{dX}{dt} = V \\ \frac{dV}{dt} = \frac{1}{M_{11}} (P_A - C_0 X - F_c) \end{cases} \quad (4)$$

3. KHẢO SÁT ẢNH HƯỞNG CỦA ĐƯỜNG KÍNH LỖ TRÍCH KHÍ ĐẾN HOẠT ĐỘNG CỦA MÁY TỰ ĐỘNG

Hoạt động của máy tự động phụ thuộc vào rất nhiều tham số kết cấu của thiết bị trích khí: Vị trí lỗ trích khí; diện tích lỗ trích khí; thể tích ban đầu của buồng khí; diện tích bề mặt piston; diện tích khe hở giữa piston và thành buồng khí. Trong đó, tham số diện tích lỗ trích khí là quan trọng nhất và có ảnh hưởng lớn nhất. Do đó, bản chất vấn đề là khảo sát ảnh hưởng của đường kính lỗ trích khí đến hai thông số cần quan tâm nhất là vận tốc cuối hành trình lùi (vận tốc va chạm sau cùng) và vận tốc lớn nhất của bộ khóa.

Các thông số đầu vào:

- Thông số thuật phóng trong [2];
- Thông số bài toán nhiệt động buồng khí;

| TT | Tên thông số | Kí hiệu | Giá trị | Đơn vị |
|----|--|------------|---------|--------------------|
| 1 | Khối lượng khâu cơ sở | M_A | 0.43 | kg |
| 2 | Khối lượng khoá nông và kim hoa | m_{kn} | 0.1 | kg |
| 3 | Khối lượng lò xo dây vè | m_{lx} | 0.1 | kg |
| 4 | Khối lượng viên đạn | m_d | 0.00538 | kg |
| 5 | Mômen quán tính của khoá nông | J_{kn} | 631e-8 | KG.dm ² |
| 6 | Độ cứng lò xo dây vè | C | 3 | KG/dm |
| 7 | Độ nén ban đầu của lò xo dây vè | | 3 | KG |
| 8 | Góc biên dạng cam khoá nông | α_1 | 45 | độ |
| 9 | Hiệu suất truyền động giữa KN và bộ khoá | η_1 | 0.69 | |

- Các thông số khác: Trọng lượng riêng của nước: $\rho = 1 \text{ KG} / \text{dm}^3$; hệ số cản: $CD = 1,05$; diện tích tiết diện cản của bộ khóa: $A = 0,0393 \text{ dm}^2$.

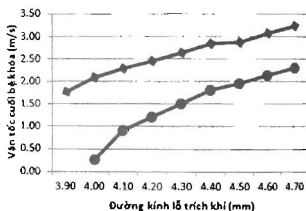
Giải hệ phương trình vi phân (2), (3), (4) với các thông số ban đầu như trên và thay đổi diện tích lỗ trích khí thu được kết quả hình 2 và hình 3 thể hiện sự phụ thuộc của tốc độ bộ khóa theo diện tích lỗ trích khí.

Từ đồ thị hình 2 thấy rằng:

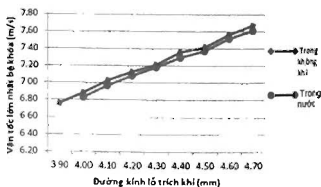
Khí tăng đường kính lỗ trích khí thì vận tốc cuối của bộ khóa tăng, dẫn đến máy tự động hoạt động tin cậy hơn. Tuy nhiên, khi đó nếu bắn trên không khí, vận tốc va chạm lớn, xạ thủ khó giữ chắc súng khi bắn, làm giảm độ chính xác bắn. Ngược lại nếu đường kính lỗ trích khí quá nhỏ thì có thể máy tự động không hoạt động ($d = 3.9 \text{ mm}$) hoặc hoạt động không tin cậy.

Với cùng đường kính lỗ trích khí $d = 4.5 \text{ mm}$ thì vận tốc bộ khóa cuối hành trình lùi khí lần lượt bắn trong 2 môi trường nước và không khí là: $V_{bc} = 1.95 \text{ m/s}$ và $V_{bc} = 2.86 \text{ m/s}$. Tốc độ này đảm bảo cho máy tự động hoạt

động tin cậy ở cả hai môi trường.



Hình 2. Ảnh hưởng của diện tích lỗ trích khí đến vận tốc cuối của bộ khóa



Hình 3. Ảnh hưởng của diện tích lỗ trích khí đến vận tốc lớn nhất của bộ khóa.

Từ đồ thị hình 3 thấy rằng khi tăng diện tích lỗ trích khí thì vận tốc lớn nhất của bộ khóa tăng dần. Sự khác nhau ở cả hai trường hợp là không nhiều, điều này được giải thích do vận tốc bộ khóa đạt giá trị lớn nhất gần với thời điểm kết thúc hành trình lùi tự do, khi đó bộ khóa mới lùi được một khoảng $x_{\text{td}} = 9$ mm.

Kết hợp với nhận xét ở hình 2 ta thấy, máy tự động súng AKM có thể hoạt động tốt trong cả hai môi trường nước và không khí khi diện tích lỗ trích khí nhỏ nhất khi đạt 4.5 mm.

4. NHẬN XÉT

Từ các kết quả tính toán cho thấy, diện tích lỗ trích khí ảnh hưởng rất lớn đến hoạt động của máy tự. Quy luật sự phụ thuộc tốc độ bộ khóa vào đường kính lỗ trích khí tương tự nhau khi bắn ở cả hai môi trường.

Việc xây dựng mô hình và giải quyết bài toán có ý nghĩa hết sức quan trọng. Kết quả bài toán cho thấy, tính đúng đắn của mô hình và phương pháp tính toán, bảo đảm độ tin cậy cho việc thiết kế, chế tạo súng tiểu liên khi bắn dưới nước. Bài báo là cơ sở khoa học tin cậy cho việc tính toán các thông số khác trong quá trình thiết kế súng liên thanh bắn hai môi trường. ❖

Ngày nhận bài: 06/01/2019

Ngày phản biện: 15/02/2019

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Nghiên cứu, thiết kế, chế thử đồng bộ súng và đạn bắn dưới nước trang bị cho bộ đội đặc công nước, Báo cáo tổng hợp kết quả đề tài tiềm năng cấp nhà nước, 2013.
- [2]. Đào Văn Đoàn, Nguyễn Văn Hưng; *Xây dựng mô hình tính toán thuật phóng trong của súng bắn dưới nước và đánh giá kết quả bằng thực nghiệm*, Tạp chí Khoa học và Kỹ thuật (Học viện Kỹ thuật Quân sự), số 159(02-2014)
- [3]. Nguyễn Ngọc Du, Đỗ Văn Thọ; *Thuật phóng trong của súng pháo*, Trường Đại học Kỹ thuật Quân sự, 1976.
- [4]. PGS, TS. Phạm Huy Chương; *Giáo trình cơ sở kết cấu và tính toán thiết kế máy tự động*, NXB. Học viện Kỹ thuật Quân sự, Hà Nội 1998.
- [5]. Nguyễn Hữu Hồ, Lê Băng Dương dịch; *Cơ học chất lỏng*, NXB. Giáo dục.
- [6]. Phạm Ngọc Hùng, *Bài giảng Thủy lực và máy thủy lực*, Học viện Kỹ thuật Quân sự, 2000.