

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

BỘ QUỐC PHÒNG

HỌC VIỆN KỸ THUẬT QUÂN SỰ

Nguyễn Đức Tiến

**NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA MỘT SỐ THÔNG SỐ KẾT
CẤU CỦA ĐẠN XUYÊN DƯỚI CỖ BẮN TRÊN SÚNG TỰ ĐỘNG
THEO NGUYÊN LÝ TRÍCH KHÍ ĐẾN CHỨC NĂNG HOẠT
ĐỘNG CỦA HỆ SÚNG ĐẠN**

TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ KỸ THUẬT

Chuyên ngành: Cơ kỹ thuật

Mã số: 9.52.01.01

Hà Nội - 2020

CÔNG TRÌNH ĐƯỢC HOÀN THÀNH TẠI
HỌC VIỆN KỸ THUẬT QUÂN SỰ - BỘ QUỐC PHÒNG

Người hướng dẫn khoa học: PGS.TS Nguyễn Ngọc Du
TS Trần Văn Doanh

Phản biện 1: GS.TS Nguyễn Hồng Lanh

Phản biện 2: PGS.TS Bùi Ngọc Hồi

Phản biện 3: TS Nguyễn Văn Thủy

Luận án sẽ được bảo vệ tại Hội đồng đánh giá luận án cấp Học viện theo quyết định số /QĐ-HV, ngày tháng năm 2020 của Giám đốc Học viện Kỹ thuật Quân sự, họp tại Học viện Kỹ thuật Quân sự vào hồi giờ ngày tháng năm 2020

Có thể tìm hiểu luận án tại:

- Thư viện Học viện Kỹ thuật Quân sự
- Thư viện Quốc gia

MỞ ĐẦU

1. Tính cấp thiết đề tài

Hiện nay, các loại trang bị phòng hộ nói chung và cho người lính nói riêng được nghiên cứu, phát triển rất mạnh. Để tăng sức mạnh chiến đấu của quân đội nói chung và tăng uy lực của súng bộ binh nói riêng, cần thiết phải nghiên cứu một cách có hệ thống đạn súng xuyên dưới cỡ, có uy lực xuyên thép tốt hơn so với đạn xuyên lõi thép. Các loại đầu đạn xuyên dưới cỡ thường có khối lượng nhỏ hơn các loại đầu đạn trong trang bị, dẫn tới giảm xung lực áp suất trong buồng khí tác động lên pít tông khi bắn trên súng tự động hoạt động theo nguyên lý trích khí, có thể làm các cơ cấu này hoạt động không bình thường. Ngoài ra, kết cấu của đạn thay đổi ảnh hưởng đến ổn định và uy lực xuyên thép của đạn. Xuất phát từ thực tế trên đề tài: *“Nghiên cứu ảnh hưởng của một số thông số kết cấu của đạn xuyên dưới cỡ bắn trên súng tự động theo nguyên lý trích khí đến chức năng hoạt động của hệ súng đạn”* nhằm xây dựng cơ sở khoa học cho việc thiết kế, chế tạo đạn xuyên dưới cỡ bắn trên súng tự động kiểu trích khí hiện có trong trang bị.

2. Mục đích nghiên cứu của luận án.

Xây dựng cơ sở khoa học tính toán, khảo sát, lựa chọn hợp lý một số thông số kết cấu của đạn xuyên dưới cỡ bắn trên súng tự động theo nguyên lý trích khí sẵn có trong trang bị đảm bảo các điều kiện: khả năng làm việc của máy tự động; ổn định của đạn trên đường bay; tăng khả năng xuyên thép so với đạn xuyên thông thường.

3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu: Hệ súng – đạn: đạn súng xuyên dưới cỡ bắn trên súng tự động theo nguyên lý trích khí.

Phạm vi nghiên cứu: Việc nghiên cứu được giới hạn trong phạm vi một số tham số chủ yếu của đạn súng xuyên dưới cỡ khi bắn trên súng tự động kiểu trích khí có sẵn trong trang bị ảnh hưởng đến: hoạt động của máy tự động kiểu trích khí (đánh giá thông qua xung lực của áp suất khí thuốc tác động lên pít tông và vận tốc lớn nhất của pít tông – bộ khóa); ổn định con quay và uy lực xuyên thép của đạn.

4. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của đề tài

Ý nghĩa khoa học:

- Các mô hình tính toán cho phép xác định các điều kiện cần thiết để sử dụng một loại đạn xuyên nhỏ hơn cỡ trên súng tự động theo nguyên lý trích khí hiện có trong trang bị dựa trên các thông số kết cấu cơ bản của đạn; xác định điều kiện ổn định con quay của đạn sau khi điều kiện sử dụng súng được thỏa mãn; đánh giá uy lực xuyên thép của đạn này thông qua việc so sánh với đạn xuyên thép hiện có trong trang bị;

- Đưa ra quy luật ảnh hưởng của một số thông số kết cấu cơ bản của đạn xuyên dưới cỡ bắn trên súng tự động theo nguyên lý trích khí hiện có đến hoạt động của súng tự động kiểu trích khí, ổn định của đạn trên đường bay và uy lực xuyên thép của loại đạn này;

- Kết quả nghiên cứu của luận án góp phần bổ sung vào cơ sở thiết kế đạn xuyên dưới cỡ bắn trên các súng hiện có.

Ý nghĩa thực tiễn:

- Kết quả nghiên cứu cho phép đánh giá khả năng ứng dụng vào thực tiễn đạn xuyên dưới cỡ trên những vũ khí tự động theo nguyên lý trích khí hiện có, cải tiến thiết kế vũ khí mới;

- Đề xuất một số thông số kết cấu của đạn xuyên nhỏ hơn cỡ đảm bảo các điều kiện sử dụng và uy lực xuyên thép lớn so với đạn trong trang bị;

- Luận án có thể được dùng làm tài liệu tham khảo trong đào tạo học viên hệ đại học, sau đại học của các chuyên ngành Vũ khí, Đạn.

5. Nội dung nghiên cứu của luận án

Nghiên cứu được giới hạn trong phạm vi một số tham số chủ yếu của đạn súng xuyên dưới cỡ khi bắn trên súng tự động kiểu trích khí có sẵn trong trang bị ảnh hưởng đến: hoạt động của máy tự động kiểu trích khí (đánh giá thông qua xung lực của áp suất khí thuốc tác động lên pít tông và vận tốc lớn nhất của pít tông – bệ khóa); ổn định con quay và uy lực xuyên thép của đạn.

6. Phương pháp nghiên cứu.

Sử dụng phương pháp kết hợp nghiên cứu lý thuyết với thực nghiệm.

Nghiên cứu lý thuyết: Tiến hành thiết lập mô hình xác định mối tương quan định lượng giữa các tham số kết cấu của đạn súng xuyên dưới cỡ và một số đặc trưng chất lượng của phát bắn khi bắn trên súng tự động kiểu trích khí. Trên cơ sở đó, phân tích, làm rõ ảnh hưởng của một số thông số kết cấu chủ yếu của đạn xuyên dưới cỡ nhằm định hướng cho việc thiết kế loại đạn này.

Nghiên cứu thực nghiệm: Thực hiện một số thực nghiệm để kiểm chứng các kết quả nghiên cứu lý thuyết.

7. Cấu trúc của luận án

Luận án gồm: phần mở đầu, bốn chương và phần kết luận, tài liệu tham khảo và phụ lục. Trong đó có 134 trang thuyết minh, 41 bảng, 71 hình vẽ và đồ thị, 61 tài liệu tham khảo và 7 trang phụ lục.

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN VỀ VẤN ĐỀ NGHIÊN CỨU

Cùng với sự phát triển của mục tiêu, đạn súng cũng được nghiên cứu và phát triển nhằm đáp ứng được yêu cầu chiến đấu đặt ra. Thống kê về các loại đạn xuyên thép đã được phát triển trên thế giới cho thấy: uy lực xuyên thép của các loại đạn xuyên nhỏ hơn cỡ tăng lên 30÷100% so với đạn xuyên thép thông thường. Do vậy, nghiên cứu sử dụng các loại đạn xuyên dưới cỡ bắn trên súng tự động theo nguyên lý trích khí trong trang bị có ý nghĩa lớn trong việc nâng cao sức chiến đấu của Quân đội.

Đạn xuyên nhỏ hơn cỡ phải đảm bảo các điều kiện cơ bản sử dụng trên vũ khí tự động kiểu trích khí có sẵn trong trang bị: điều kiện bền nòng, hoạt động máy tự động, ổn định con quay và uy lực xuyên thép. Sự thay đổi vật liệu sử dụng đạn dẫn đến khối lượng và sự phân bố mật độ trên đầu đạn thay đổi. Cần phải nghiên cứu các thông số kích thước đầu đạn, thuật phóng đảm bảo các yêu cầu sử dụng cho đạn và tăng uy lực xuyên thép.

Mô hình truyền thống tính toán thời kỳ tác dụng sau cùng của khí thuốc dựa trên giả thiết khí thuốc phụt qua tiết diện tới hạn bằng diện tích mặt cắt miệng nòng. Trong trường hợp khối lượng đầu đạn giảm, sơ tốc của đầu đạn có thể đạt trên 1000 m/s, tốc độ phụt khí dựa trên giả thiết trên nhỏ hơn tốc độ của đạn. Cần xây dựng mô hình tính toán phù hợp hơn với một dải rộng của vận tốc đầu đạn tại miệng nòng.

Từ những yêu cầu trên, luận án sẽ tập trung nghiên cứu và giải quyết những vấn đề sau:

- Xây dựng mô hình toán mô tả những quá trình xảy ra trên súng tự động theo nguyên lý trích khí khi bắn đạn xuyên nhỏ hơn cỡ trong đó có sự thay đổi quy luật phụt khí tự do qua miệng nòng, áp suất tại vị trí lỗ trích khí là áp suất phân bố theo chiều dài nòng.
- Nghiên cứu giải bài toán thuật phóng trong của súng tự động theo nguyên lý trích khí đến hết thời kì tác dụng sau cùng của khí thuốc khi thay

đổi khối lượng đầu đạn, có kể đến các trường hợp điều chỉnh áp suất buồng khí và thoát khí qua khe hở giữa pít tông và xi lanh khi bắn trên súng tự động.

- Nghiên cứu ảnh hưởng của một số thông số kết cấu đầu đạn tới hệ số ổn định con quay, chiều sâu xuyên thép của đạn và xung lực của khí thuốc tác dụng lên pít tông của máy tự động.

- Chỉ ra khả năng sử dụng đạn xuyên dưới cỡ cho các súng tự động theo nguyên lý trích khí.

CHƯƠNG 2: MÔ HÌNH TOÁN HỌC KHẢO SÁT ẢNH HƯỞNG CỦA MỘT SỐ THÔNG SỐ KẾT CẤU CƠ BẢN CỦA ĐẠN XUYỀN DƯỚI CỖ BẮN TRÊN SÚNG TỰ ĐỘNG THEO NGUYÊN LÝ TRÍCH KHÍ

2.1. Mô hình vật lý

Mô tả quá trình bắt đầu từ khi đạn bắn đến thời điểm đạn dừng tại mục tiêu:

- Thuốc phóng cháy tạo áp suất đẩy đạn chuyển động;
- Máy tự động hoạt động nhờ áp suất khí thuốc từ nòng vào buồng khí đến hết thời kỳ tác dụng sau cùng của khí thuốc;
- Đầu đạn ổn định trong không khí bằng phương pháp quay;
- Đầu đạn va xuyên vào bản thép.

2.2. Mô hình toán học

Mô hình toán được thiết lập theo các giai đoạn nối tiếp nhau của quá trình chuyển động của đạn, từ khi đạn bắt đầu chuyển động trong nòng đến khi va chạm và tác động tại mục tiêu.

2.2.1. Các giả thiết

a. Các giả thiết của bài toán thuật phóng trong

- Thuốc phóng cháy tuân theo quy luật cháy hình học, tốc độ cháy tuân theo quy luật tuyến tính;
- Nhiệt độ cháy của thuốc phóng coi như không đổi trong quá trình cháy;
- Chỉ số mũ đoạn nhiệt là hằng số và bằng giá trị trung bình trong khoảng thay đổi nhiệt độ khí thuốc;
- Các công thức yếu được tính qua hệ số tăng nặng;
- Khí thuốc truyền qua lỗ trích khí tuân theo quy luật chảy khí khi truyền qua khe hở nhỏ;
- Nòng súng là một ống trụ có tiết diện ngang không đổi;
- Các tham số khí ở tất cả các điểm trên một tiết diện ngang là như nhau;

- Mật độ khí thuốc tại thời điểm đạn bay ra khỏi nòng phân bố đều;
- Áp suất tại lỗ trích khí sát với bề mặt hình ống trụ của nòng có giá trị bằng áp suất của phần tử khí tại lỗ trích khí;
- Vận tốc dòng khí trong nòng khi đạn chuyển động trong nòng là tuyến tính từ đáy nòng ($v_{dn} = 0$) đến đáy đạn ($v_{dd} = v_d$);
- Thuốc phóng cháy hết trong nòng;
- Không có ma sát và trao đổi nhiệt của khí thuốc với môi trường xung quanh.

b. Các giả thiết tính toán thuật phóng ngoài và điều kiện ổn định trên đường bay của đạn

- Sự thoát và ma sát của vỏ đầu đạn không ảnh hưởng đến ổn định con quay của phần tích cực, tốc độ quay của phần tích cực bằng tốc độ quay của đầu đạn;
- Bề dày tương đối thành thân vỏ đạn $\bar{\delta}$ và đáy cốc nhôm $\bar{h}_c$ của đạn xuyên dưới cỡ kiểu lưu tuyến là không thay đổi trên các cỡ đạn khác nhau;
- Lõi xuyên được định vị chắc chắn bằng cốc nhôm và bề mặt trong của thân vỏ đầu đạn. Tốc độ quay của các chi tiết của đầu đạn là như nhau;
- Mật độ được phân bố đồng đều trên một chi tiết cấu thành đầu đạn.

c. Các giả thiết trong tính toán xuyên thép của đạn xuyên nhỏ hơn cỡ

- Chỉ có phần tích cực (lõi xuyên) xuyên vào bản thép, các chi tiết của đầu đạn không tham gia và không ảnh hưởng đến quá trình xuyên vào bản thép của phần tích cực (lõi xuyên);
- Bỏ qua ảnh hưởng của hình dáng mũi phần tích cực (lõi xuyên) trong quá trình tính toán va xuyên;
- Hệ số K trong biểu thức Gia cấp đơ ma là một hằng số trong các điều kiện va chạm khác nhau;
- Góc chạm được tạo bởi trục đạn và pháp tuyến bề mặt bản thép bằng 0° .

2.2.2. Hệ phương trình vi phân tính toán đạn xuyên dưới cỡ bắn trên súng tự động theo nguyên lý trích khí

- Khi đạn ở trong nòng:

$$\left\{ \begin{aligned}
\frac{dz}{dt} &= \zeta_1 \cdot \frac{p}{I_k} \\
\frac{d\psi}{dt} &= \chi \cdot (1 + 2\lambda \cdot z + 3\mu \cdot z^2) \\
\frac{dv}{dt} &= \zeta_2 \cdot \frac{S \cdot p}{\varphi \cdot m} \\
\frac{dl}{dt} &= v \\
\frac{dn_p}{dt} &= \zeta_5 \cdot \zeta_6 \cdot \left(\zeta_3 \cdot K_0 \cdot \varphi_2 \cdot S_{tk} \frac{p_{tk}}{\omega \sqrt{\tau \cdot f \cdot \varphi_f}} + (1 - \zeta_3) \sqrt{\frac{2k}{k-1}} \cdot \varphi_2 \cdot S_{tk} \frac{p_{tk}}{\omega \sqrt{\tau \cdot f \cdot \varphi_f}} \cdot \sqrt{\left(\frac{p_p}{p_{tk}}\right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{p_p}{p_{tk}}\right)^{\frac{k+1}{k}}} \right) \\
\frac{dn_p}{dt} &= \zeta_5 \cdot (1 - \zeta_6) \cdot \left(-\zeta_4 \cdot K_0 \cdot \varphi_{2n} \cdot S_{tk} \frac{p_p}{\omega \sqrt{\tau_p \cdot f \cdot \varphi_f}} - (1 - \zeta_4) \cdot \sqrt{\frac{2k}{k-1}} \cdot \varphi_{2n} \cdot S_{tk} \frac{p_p}{\omega \sqrt{\tau_p \cdot f \cdot \varphi_f}} \cdot \sqrt{\left(\frac{p_{tk}}{p_p}\right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{p_{tk}}{p_p}\right)^{\frac{k+1}{k}}} \right) \\
\frac{dn_h}{dt} &= \frac{K_0 \cdot (\varphi_{2h} \cdot S_h + n_l \cdot \varphi_{21} \cdot S_l) \cdot p_p}{\omega \sqrt{\tau_p \cdot \varphi_f \cdot f}} \\
\frac{d\tau}{dt} &= \frac{1}{\psi - \eta_p} \left[(1 - \tau) \cdot \frac{d\psi}{dt} - \frac{k-1}{k} \cdot \varphi \frac{m \cdot v}{\varphi_f \cdot f \cdot \omega} \cdot \frac{dv}{dt} \right] \\
\frac{d\tau_p}{dt} &= \frac{1}{(\eta_p - \eta_h)} \cdot \left[(\tau - \tau_p) \cdot \frac{d\eta}{dt} - \frac{k-1}{k \cdot \varphi_f \cdot f \cdot \omega} \cdot \left(\varphi_p \cdot m_{11} \cdot v_p \cdot \frac{dv_p}{dt} + k_{lx} \cdot v_p \right) \right] \\
\frac{dv_p}{dt} &= \frac{F_A - m_{12} \cdot v_p^2}{m_{11}} \\
\frac{dl_p}{dt} &= v_p \\
p &= \frac{f \cdot \varphi_f \cdot \tau \cdot \omega \cdot (\psi - \eta_p)}{W_0 - (1 - \psi) \frac{\omega}{\delta} - \alpha \cdot \omega \cdot (\psi - \eta_p) + S \cdot l} \\
p_p &= \frac{f \cdot \varphi_f \cdot \tau_p \cdot \omega \cdot (\eta_p - \eta_h)}{W_{0p} - \alpha \cdot \omega \cdot (\eta_p - \eta_h) + S_{xl} \cdot l_p} \\
p_{tk} &= p_{dn} - \frac{\rho}{2} \cdot \frac{l_{tk}^2}{l} \cdot \frac{S \cdot p_{dd}}{\varphi_1 \cdot m}
\end{aligned} \right. \quad (2.1)$$

Các phương trình bổ sung cho hệ phương trình 2.1:

$$p_{dn} = \frac{p \cdot k_{dn}}{k_{dd}}; \quad p_{dd} = \frac{p}{k_{dd}}; \quad k_{dn} = 1 + \frac{1}{2} \cdot \frac{\omega}{\varphi_1 \cdot m}; \quad k_{dd} = 1 + \frac{1}{3} \cdot \frac{\omega}{\varphi_1 \cdot m}.$$

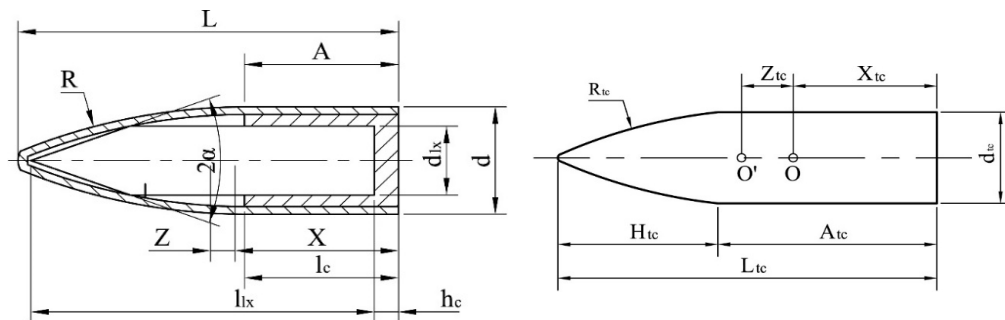
- Khi đạn chuyển động ra khỏi miệng nòng:

$$\begin{cases}
\frac{d\eta_p}{dt} = \zeta_5 \cdot \zeta_6 \cdot \left(\zeta_3 \cdot K_0 \cdot \varphi_2 \cdot S_{tk} \frac{p_{tk}}{\omega \cdot \sqrt{\tau \cdot f \cdot \varphi_f}} + (1 - \zeta_3) \sqrt{\frac{2k}{k-1}} \cdot \varphi_2 \cdot S_{tk} \frac{p_{tk}}{\omega \cdot \sqrt{\tau \cdot f \cdot \varphi_f}} \cdot \sqrt{\left(\frac{p_p}{p_{tk}}\right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{p_p}{p_{tk}}\right)^{\frac{k+1}{k}}} \right) \\
\frac{d\eta_p}{dt} = \zeta_5 \cdot (1 - \zeta_6) \cdot \left(-\zeta_4 \cdot K_0 \cdot \varphi_{2n} \cdot S_{tk} \frac{p_p}{\omega \cdot \sqrt{\tau_p \cdot f \cdot \varphi_f}} - (1 - \zeta_4) \cdot \sqrt{\frac{2k}{k-1}} \cdot \varphi_{2n} \cdot S_{tk} \frac{p_p}{\omega \cdot \sqrt{\tau_p \cdot f \cdot \varphi_f}} \cdot \sqrt{\left(\frac{p_{tk}}{p_p}\right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{p_{tk}}{p_p}\right)^{\frac{k+1}{k}}} \right) \\
\frac{d\eta_h}{dt} = \frac{K_0 \cdot (\varphi_{2h} \cdot S_h + \varphi_{2l} \cdot n_l \cdot S_l) \cdot p_p}{\omega \cdot \sqrt{\tau_p \cdot \varphi_f \cdot f}} \\
\frac{d\tau_p}{dt} = \frac{1}{(\eta_p - \eta_h)} \cdot \left[(\tau - \tau_p) \cdot \frac{d\eta}{dt} - \frac{k-1}{k \cdot \varphi_f \cdot f \cdot \omega} \cdot \left(\varphi_p \cdot m_{11} \cdot v_p \cdot \frac{dv_p}{dt} + k_{lx} \cdot v_p \right) \right] \\
\frac{dv_p}{dt} = \frac{F_A - m_{12} \cdot v_p^2}{m_{11}} \\
\frac{dl_p}{dt} = v_p \\
p_p = \frac{f \cdot \varphi_f \cdot \tau_p \cdot \omega \cdot (\eta - \eta_p)}{W_{0p} - \alpha \cdot \omega \cdot (\eta - \eta_p) + S_{xl} \cdot l_p}
\end{cases} \quad (2.2)$$

$$\begin{cases}
\frac{\partial v_x}{\partial t} + \frac{1}{\rho_x} \cdot \frac{\partial p_x}{\partial x} = 0 \\
\frac{d\rho_x}{dt} + \rho_x \cdot \frac{\partial v_x}{\partial x} = 0 \\
\frac{dp_x}{d\rho_x} = k \cdot \frac{p_x}{\rho_x}
\end{cases} \quad (2.3)$$

Các hệ phương trình trên được giải liên tiếp, kết quả của việc giải hệ phương trình (2.1) bằng phương pháp Runghe-Kutta là điều kiện đầu vào để giải hệ phương trình (2.2), (2.3). Hệ (2.2) và (2.3) được giải đồng thời bằng hai phương pháp khác nhau là Runghe-Kutta và sai phân hữu hạn.

2.2.3. Xác định hệ số ổn định con quay và tính toán thuật phóng ngoài của đạn



Hình 2.1. Sơ đồ tính toán độ ổn định của đạn trên cơ sở kích thước đường kính d của đạn

Công thức xác định hệ số ổn định con quay σ_{tc} của đạn xuyên dưới cỡ kiểu thoát vỏ:

$$\sigma_{tc} = \sqrt{1 - \frac{\overline{B}_{vtc}}{\overline{A}_{vtc}^2} \cdot \frac{1}{\pi^2} \cdot \overline{Z}_{tc} \cdot \frac{K_M}{\gamma_{tc}} \cdot \left(\frac{\eta}{\overline{d}}\right)^2 \cdot i_{43}} \quad (2.4)$$

Sử dụng các đặc trưng tương đối của phần tích cực theo cỡ đạn: γ_{tc} - Khối lượng riêng của phần tích cực; $\overline{Z}_{tc}$ - Khoảng cách từ tâm cản đến trọng tâm; $\overline{A}_{vtc}$ - Mô men quán tính cực; $\overline{B}_{vtc}$ - Mô men quán tính xích đạo; K_M - hệ số đặc trưng cho lực cản không khí; η – bước xoắn rãnh nòng; i_{43} – hệ số hình dạng đạn theo quy luật lực cản 1943; $G(v_\tau)$ – hàm lực cản không khí.

Đạn xuyên thoát vỏ ổn định con quay chỉ có phần tích cực có đường kính d_{tc} , khối lượng m_{tc} bay đến mục tiêu. Đặt $x = \overline{x} \cdot d$ ta có $dx = \overline{dx} \cdot d$:

$$\frac{dv}{dx} = - \frac{i_{tc43} \cdot d_{tc}^2 \cdot d}{m_{tc}} \cdot 10^3 \cdot G(v_\tau) = - \frac{i_{tc43}}{C_{mtc} \cdot \overline{d}} \cdot 10^3 \cdot G(v_\tau) \quad (2.5)$$

Công thức xác định hệ số ổn định con quay của đạn xuyên dưới cỡ kiểu lưu tuyến:

$$\sigma = \sqrt{1 - \frac{(\overline{B}_{vvd} \cdot \gamma_{vd} + \overline{B}_{vc} \cdot \gamma_c + \overline{B}_{vix} \cdot \gamma_{ix})}{(\overline{A}_{vvd} \cdot \gamma_{vd} + \overline{A}_{vc} \cdot \gamma_c + \overline{A}_{vix} \cdot \gamma_{ix})^2} \cdot \overline{Z} \cdot K_M \cdot \frac{\eta^2}{\pi^2} \cdot i_{43}} \quad (2.6)$$

Đạn xuyên dưới cỡ kiểu lưu tuyến có toàn bộ đầu đạn bay đến mục tiêu. Đạo hàm vận tốc v của đạn theo quãng đường x phụ thuộc vào hàm lực cản $G(v_t)$, khối lượng tương đối C_m và hệ số hình dạng i_{43} .

$$\frac{dv}{dx} = - \frac{i_{43} \cdot d^3}{m} \cdot 10^3 \cdot G(v_\tau) = - \frac{i_{43}}{C_m} \cdot 10^3 \cdot G(v_\tau) \quad (2.7)$$

2.2.4. Tính toán uy lực xuyên thép của đạn

Mục đích khảo sát và so sánh khả năng xuyên của đạn, sử dụng công thức Gia cấp đơ ma chưa hiệu chỉnh, công thức tính toán va xuyên viết cho phần tích cực, góc chạm $\theta_c = 0^\circ$:

$$\overline{b} = \frac{b}{d} = \left(\frac{C_{mtc}^{0,5} \cdot v_c}{\overline{d}^{0,75} \cdot K} \right)^{\frac{1}{0,75}} \quad (2.8)$$

Trong đó: $\bar{b}$ - bề dày tương đối của bản thép bị phá hủy tính theo lần cỡ đạn; C_{mtc} - khối lượng tương đối của phần tích cực (lõi xuyên đối với đầu đạn xuyên lưu tuyến) so với cỡ đạn.

2.2.5. Các điều kiện phải thỏa mãn khi bắn đạn xuyên dưới cỡ trên súng tự động theo nguyên lý trích khí hiện có trong trang bị

a. Điều kiện bền nòng và hoạt động của máy tự động.

$$\text{Điều kiện bền nòng:} \quad p_{\max} \leq p_{cp} \quad (2.9)$$

Trong đó $p_{\max}$ là áp suất lớn nhất khi bắn, p_{cp} là áp suất cho phép khi bắn của vũ khí có trong trang bị.

Điều kiện để máy tự động hoạt động được bình thường là vận tốc của pít tông khi chuyển động hết chu trình lùi $v_{p.L_p}$ phải lớn hơn 0, hoặc:

$$Q_p = \int_0^t p_p \cdot S_p \cdot dt \geq \sum_i Q_i \quad (2.10)$$

Trong đó: Q_p là tổng xung lực áp suất khí thuốc tác dụng lên bề mặt pít tông, Q_i là xung lực cần thiết để thực hiện các quá trình hoạt động của máy tự động; p_p – áp suất khí thuốc trong buồng khí; S_p – diện tích bề mặt pít tông.

b. Điều kiện ổn định quay của đạn

Hệ số ổn định con quay của đạn súng nằm trong khoảng $0,48 \div 0,86$, một số vũ khí sử dụng bằng cách không ngắm bắn trực tiếp có thể sử dụng đạn có hệ số ổn định thấp hơn. Trong khảo sát tính toán, lựa chọn điều kiện ổn định của đạn $\sigma \geq 0,30$.

c. Điều kiện về uy lực xuyên thép của đạn

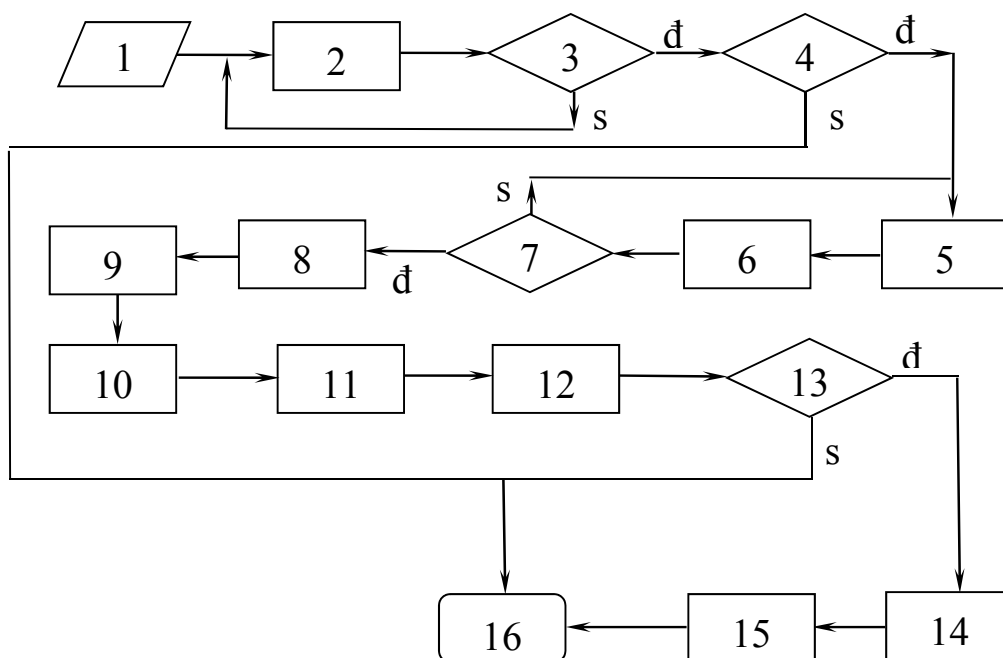
Đây là điều kiện cơ bản để sử dụng đạn xuyên dưới cỡ, yêu cầu đặt ra đối với loại đạn này phải có uy lực xuyên thép lớn hơn đạn trong trang bị.

2.3. Phương pháp tính toán đạn xuyên dưới cỡ trên súng tự động theo nguyên lý trích khí

Bài toán xác định các tham số của đạn xuyên dưới cỡ bắn trên súng tự động theo nguyên lý trích khí được giải theo tuần tự các bước như sau, sơ đồ khối được trình bày trên hình 3.1:

- Đặt bài toán và các giả thiết;

- Tính toán thuật phóng trong thỏa mãn điều kiện bên nòng, hoạt động của máy tự động;
- Tính toán thuật phóng ngoài, uy lực xuyên thép thỏa mãn điều kiện ổn định trên đường bay, uy lực xuyên thép so với đạn trong trang bị.



Hình 2.2. Sơ đồ tính toán khi bắn đạn xuyên dưới cỡ trên súng tự động theo nguyên lý trích khí có sẵn trong trang bị

Bảng 2.1. Các bước tính toán ảnh hưởng một số thông số khi bắn đạn xuyên dưới cỡ trên súng tự động theo nguyên lý trích khí.

TT	Nội dung	Ghi chú
1	Các thông số đầu vào thuật phóng trong	
2	Hệ phương trình vi phân (2.1) khi đạn chuyển động trong nòng	
3	Kiểm tra điều kiện $l > L_d$	
4	Kiểm tra điều kiện $p_{\max} \approx p_{cp}$	
5	Hệ phương trình vi phân (2.2) giải bằng Runge-Kutta	
6	Hệ phương trình vi phân (2.3) giải bằng sai phân hữu hạn	
7	Kiểm tra điều kiện $p_p < p_n$ hoặc $L_p \geq L_{p.cp}$ (pít tông chuyển dịch đến vị trí lỗ xả khí)	
8	Kết thúc tính toán thuật phóng trong	
9	Lưu kết quả tính toán thuật phóng trong	

TT	Nội dung	Ghi chú
10	Các thông số đầu vào thuật phóng ngoài và tính toán ổn định	
11	Xác định các kích thước và đặc trưng cấu tạo của đầu đạn	
12	Tính toán hệ số ổn định con quay	
13	Kiểm tra điều kiện ổn định con quay của đạn	
14	Tính toán uy lực xuyên thép $\bar{b}$ của đạn	
15	So sánh với uy lực xuyên thép của đạn có trong trang bị	
16	Lưu số liệu	

2.4. Tính toán thuật phóng trong và hoạt động của máy tự động khi bắn đạn xuyên lõi thép 7,62mm×54R bắn trên súng PKMS

Sử dụng sơ đồ thuật toán và phương pháp giải đã trình bày ở trên để tính toán thuật phóng trong khi bắn đạn 7,62mm×54R lõi thép trên súng PKMS, nhận được kết quả trên bảng 2.2 và 2.3.

Bảng 2.2. So sánh kết quả tính toán thuật phóng trong so với các thông số kỹ thuật theo tài liệu [2], [4]

Thông số	$p_{\max.tb}$ (MPa)	$p_{\max.tb}^*$	v_0 (m/s)	v_{25} (m/s)	v_0 (m/s)
Kết quả	(Crusher)	(Piezo)	$L_d=0,73m$	$L_d=0,73m$	$L_d=0,558m$
Tính toán lý thuyết	-	325,6	881,6	864,6	841,5
Theo quy định	284,4	323,1	-	840÷890	-

Kết quả ở bảng 2.2, các giá trị tính toán nằm sát giá trị cho phép của trang bị theo tài liệu kỹ thuật. Từ bảng 2.3, trong các trường hợp bắn đạn có khối lượng khác nhau hoặc súng bị mòn với mức độ khác nhau, áp suất buồng khí thay đổi, ta có thể điều chỉnh áp suất buồng khí để có tốc độ bắn phù hợp thông qua vòng điều chỉnh khí thuốc.

Bảng 2.3. Một số kết quả tính toán cho đạn 7,62mm×54R thường lõi thép

TT	Thông số tính toán	Kí hiệu	$n_l = 0$	$n_l = 1$	$n_l = 2$	Đơn vị
1	Áp suất lớn nhất trong nòng	$p_{\max}$	325,6	325,6	325,6	MPa
2	Áp suất lớn nhất trong buồng khí	$p_{p\max}$	52,8	48,8	45,1	MPa
3	Vận tốc của đạn tại miệng nòng	v_0	841,5	841,5	841,5	m/s
4	Vận tốc lớn nhất của pít tông	$v_{p\max}$	8,02	7,37	6,64	m/s
5	Xung lực tác dụng lên súng	Q_s	12,39	12,39	12,39	N.s
6	Xung lực tác dụng lên pít tông	Q_p	8,41	7,84	7,08	N.s

Kết luận chương 2

Chương 2 đã xây dựng mô hình tính toán xác định các điều kiện đảm bảo khả năng sử dụng một loại đạn mới trên cơ sở vũ khí hiện có. Trong đó:

- Xây dựng mô hình tính toán mô tả quá trình bắn đạn xuyên nhỏ hơn cỡ bắn trên súng tự động theo nguyên lý trích khí có sẵn trong trang bị đảm bảo điều kiện bền nòng, hoạt động của súng tự động theo nguyên lý trích khí, ổn định trên đường bay và uy lực xuyên thép của đạn. Tiến hành giải bài toán này là thực hiện giải liên tiếp các bài toán nhỏ theo các điều kiện sử dụng, kết quả của bài toán trước là thông số đầu vào tính toán cho bài toán sau.

- Giải bài toán thuật phóng trong của súng tự động theo nguyên lý trích khí được chia thành hai giai đoạn: giai đoạn đạn chuyển động trong nòng được giải theo phương pháp truyền thống; giai đoạn đạn chuyển động ra khỏi nòng (thời kỳ tác dụng sau cùng của khí thuốc) sử dụng các giả thiết về phân bố mật độ và áp suất khí thuốc trong lòng nòng là điều kiện đầu vào để tính toán. Coi dòng khí ở thời kỳ tác dụng sau cùng là dòng khí chuyển động một chiều không dừng, tốc độ dòng khí tại miệng nòng thay đổi theo áp suất và thời gian. Giải trực tiếp hệ phương trình các phương trình vi phân mô tả các thông số của dòng khí bằng phương pháp sai phân hữu hạn với lưới Lagrang được kết quả: áp suất tại lỗ trích khí là áp suất phân bố theo chiều dài nòng, tốc độ phụt khí tại miệng nòng lớn hơn tốc độ độ phụt khí khi coi miệng nòng là tiết diện giới hạn.

- Điều kiện bền nòng được đánh giá sau khi giải bài toán thuật phóng trong của súng pháo thông thường, điều kiện hoạt động của máy tự động được xây dựng trên cơ sở chuyển động của pít tông – bộ khóa là khâu cơ sở của máy tự động.

- Đạn xuyên dưới cỡ có kích thước đường kính phân xuyên giảm so với cỡ đạn. Hệ số ổn định con quay của loại đạn này suy giảm theo tỷ lệ đường kính phân xuyên so với đường kính đạn $\bar{d}$, giá trị của $\bar{d}$ càng nhỏ, hệ số ổn định con quay của đạn càng thấp.

- Kết quả bài toán thuật phóng trong khi bắn đạn 7,62mm×54R thường lõi thép trên súng PKMS giải bằng mô hình tính toán đã thiết lập cho thấy, tốc độ lớn nhất của pít tông khi bắn ở điều kiện tiêu chuẩn mở 2 lỗ điều chỉnh áp suất khí thuốc là 6,64m/s, xung lực tác dụng lên pít tông 7,08N.s. Các thông số về áp suất lớn nhất trong nòng $p_{\max}$, vận tốc của đầu đạn v_{25} phù hợp với điều kiện kỹ thuật cho phép của đạn.

CHƯƠNG 3: NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA MỘT SỐ THÔNG SỐ KẾT CẤU ĐẠN SÚNG XUYỀN DƯỚI CỠ ĐẾN HOẠT ĐỘNG CỦA MÁY TỰ ĐỘNG, ỔN ĐỊNH VÀ UY LỰC CỦA ĐẠN

3.1. Lựa chọn các thông số khảo sát, điều kiện và các thông số đầu vào

3.1.1. Các thông số khảo sát

Các thông số cần khảo sát:

- Khối lượng đạn tương đối của đầu đạn: $C_m = 9000 \div 27000 \text{ kg/m}^3$;
- Thể tích buồng đốt ban đầu $W_0 = 3,4 \cdot 10^{-6} \div 3,9 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$;
- Kích thước đường kính tương đối lõi xuyên: $\bar{d} = 0,4 \div 0,8$.

Các tham số thay đổi tương ứng với các thông số khảo sát: khối lượng thuốc phóng ω , xung lượng thuốc phóng I_k , chiều dài lõi xuyên $\bar{L}_{lx}$ (hoặc L_{lx}) (chiều dài phần tích cực $\bar{L}_{lx}$ (hoặc L_{tc})) và một số kích thước của đầu đạn.

Kết quả nhận được: áp suất lớn nhất khi bắn $p_{\max}$, vận tốc lớn nhất của pít tông $v_{p\max}$ tương ứng với tổng xung lượng áp suất khí thuốc tác dụng lên pít tông Q_p ; xung lực tác dụng lên súng Q ; sơ tốc của đầu đạn v_0 và tốc độ đầu đạn ở các cự ly khác nhau; hệ số ổn định con quay của đầu đạn σ ; bề dày bản thép tương đối đạn có thể xuyên thủng $\bar{b}$.

3.1.2. Các thông số đầu vào

Các thông số đầu vào để giải bài toán bao gồm: Các thông số đầu vào bài toán thuật phóng trong, các thông số về kích thước cơ bản của đạn.

- Các thông số đầu vào của bài toán thuật phóng sử dụng số liệu của súng PKMS và đạn 7,62mm×54R, thay đổi khối lượng đầu đạn hoặc thể tích buồng đốt ban đầu để khảo sát.

- Các thông số đầu vào của bài toán điều kiện ổn định con quay và uy lực xuyên thép của đạn được xác định từ:

+ Kết quả của bài toán thuật phóng trong: mỗi khối lượng tương đối C_m tương ứng với sơ tốc v_0 lớn nhất thỏa mãn điều kiện bền nòng và điều kiện hoạt động của máy tự động;

+ Mỗi khối lượng tương đối C_m và kích thước tương đối của đường kính $\bar{d}$ của lõi xuyên (phần tích cực), xác định được các thông số khác của kích thước đầu đạn. Từ đó, xác định được các thông số đầu vào của bài toán;

+ Sau khi xác định được các thông số kích thước của đầu đạn, lõi xuyên (phần tích cực), cùng với sơ tốc và khối lượng của đạn. Đây là các thông số đầu vào cho tính toán thuật phóng ngoài và uy lực xuyên thép của đạn.

3.1.4. Điều kiện đảm bảo khả năng sử dụng đạn xuyên dưới cỡ bắn trên súng tự động theo nguyên lý trích khí

Áp suất trung bình lớn nhất có giá trị 323,1 MPa là điều kiện bền nòng trong tính toán, $p_{cp} = 323,1$ MPa.

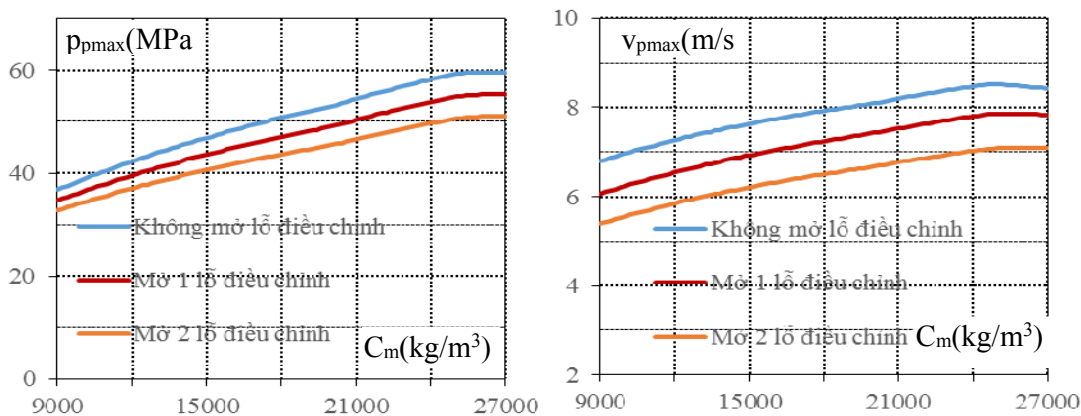
Từ kết quả tính toán với súng PKMS, điều kiện cần và đủ để máy tự động hoạt động lấy bằng giá trị khi bắn đạn lõi thép $Q_p \geq 7,08$ N.s, $v_{pmax} = 6,50$ m/s.

Điều kiện ổn định con quay của đạn cho phép đạn có tầm bắn lớn, trong điều kiện tính toán, có thể sử dụng hệ số ổn định con quay nhỏ hơn đạn trong trang bị, $\sigma \geq 0,3$.

Uy lực xuyên thép của đạn được so sánh từ kết quả tính toán và kết quả thử nghiệm. Yêu cầu uy lực xuyên thép của đạn phải lớn hơn so với đạn trong trang bị.

3.2. Khảo sát ảnh hưởng của khối lượng đạn đến các thông số cơ bản của quá trình bắn trên súng tự động theo nguyên lý trích khí

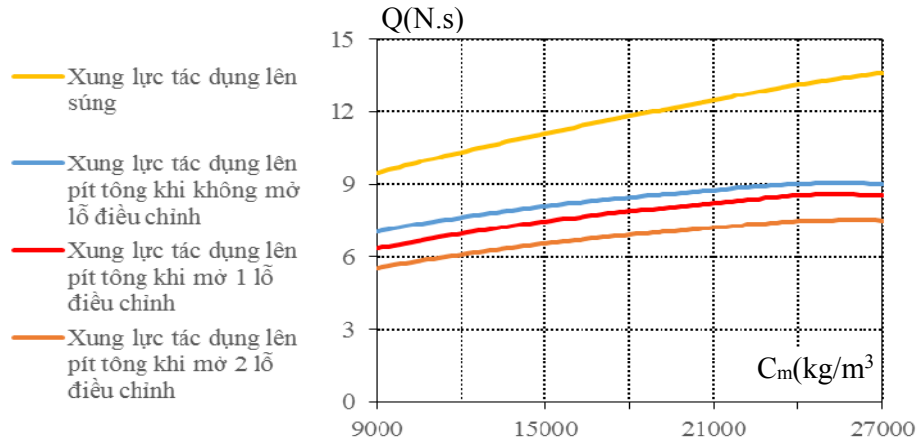
Thay đổi khối lượng tương đối của đầu đạn $C_m = 9000 \div 27000$ kg/m³; $W_0 = 3,8 \cdot 10^{-6}$ m³; xung lượng thuốc phóng I_k và khối lượng thuốc phóng ω được thay đổi phù hợp với C_m , $\omega \leq 0,0033$ kg (hay $C_\omega \leq 7458$ kg/m³ theo điều kiện nhồi $\Delta = 0,87$ là mật độ nhồi đo thực tế tương ứng với $W_0 = 3,8 \cdot 10^{-6}$ m³); $p_{max} \approx p_{cp}$. Kết quả khảo sát được thể hiện trên hình 3.1, 3.2.



Hình 3.1. Mối quan hệ giữa áp suất lớn nhất trong buồng khí p_{pmax} và vận tốc lớn nhất v_{pmax} của pít tông với khối lượng đầu đạn trong các trường hợp điều chỉnh áp suất khí thuốc

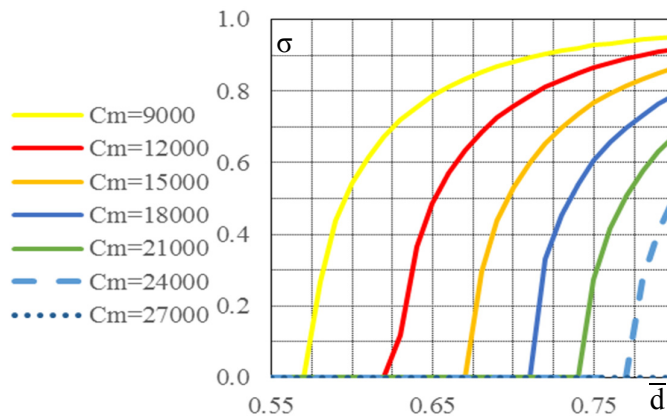
Kết quả này cho thấy, khối lượng đầu đạn giảm xuống 9000 kg/m³, giảm bằng 41,7% khối lượng viên đạn thường, trong trường hợp đóng hết các lỗ điều chỉnh áp suất khí thuốc, vận tốc lớn nhất của pít tông – bộ khóa có giá trị lớn hơn vận tốc lớn nhất của pít tông khi bắn đạn trong trang bị mở hai lỗ điều chỉnh áp suất khí thuốc.

Dựa vào kết quả khảo sát trên đồ thị hình 3.1, hình 3.2: khối lượng tương đối của đầu đạn giảm còn $C_m = 15000 \text{ kg/m}^3$, giảm bằng 68,8% khối lượng viên đạn thường, tăng thể tích buồng đốt lên $3,80 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$, tốc độ lớn nhất của pít tông và xung lực tác dụng lên pít tông bằng có giá trị tương đương như bắn đạn thường lõi thép có thể tích buồng đốt ban đầu $3,62 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$.



Hình 3.2. Mối quan hệ giữa tổng xung lực tác dụng lên súng và pít tông khi thay đổi khối lượng đầu đạn trong các trường hợp điều chỉnh áp suất khí thuốc

3.3. Ảnh hưởng của một số thông số kết cấu đến ổn định của đạn trên đường bay và uy lực xuyên thép của đạn xuyên thoát vỏ ổn định con quay

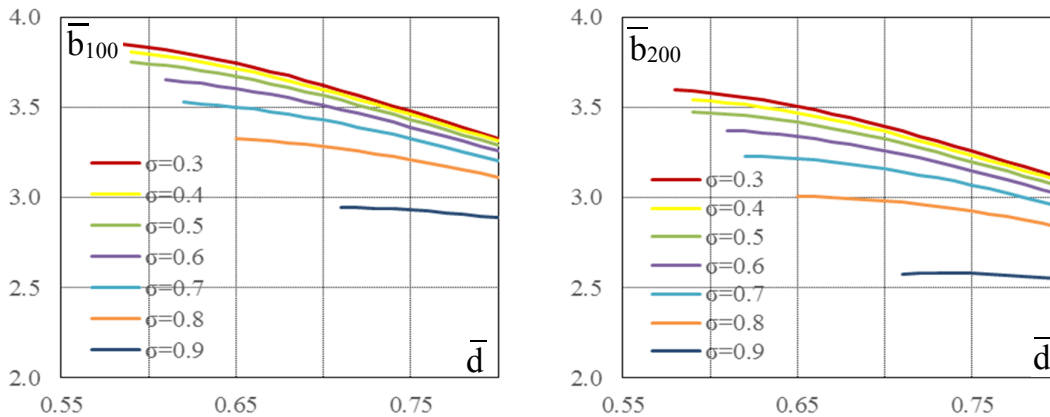


Hình 3.3. Mối quan hệ giữa hệ số ổn định con quay và đường kính phân tích cực khi khối lượng tương đối của đầu đạn khác nhau

Điều kiện khảo sát được xác định như sau: chiều dài tương đối mũi đầu đạn được chọn $\bar{H} = 2$; khối lượng tương đối phần vỏ thoát $C_{mv} = 1600 \text{ kg/m}^3$ (tham khảo từ đạn $7,62 \times 51 \text{ mm M948}$ và đạn 100 mm BM-8); mật độ vật liệu phân tích cực $\gamma_{tc} = 14700 \text{ kg/m}^3$; $K = 1800$; v_0 tương ứng với C_m thỏa mãn điều kiện bền nòng, hoạt động của máy tự động. Khoảng khảo sát: khối lượng tương đối của đầu đạn $C_m = 9 \cdot 10^3 \div 27 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$; $\bar{d} = 0,4..0,8$

Từ kết quả này cho thấy: khối lượng tương đối của đạn tăng lên dẫn đến hệ số ổn định con quay của phần tích cực bị giảm. Để đảm bảo điều kiện ổn định, khối lượng tương đối chọn dưới 18.10^3 kg/m^3 .

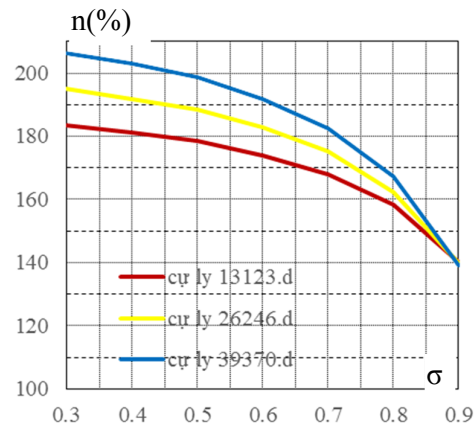
Chọn điều kiện ổn định con quay $\sigma \geq 0,3$, biểu diễn uy lực xuyên thép của đạn theo hệ số ổn định con quay. Kết quả được thể hiện như trên hình 3.4. Kết quả đồ thị này cho thấy, uy lực xuyên thép của đạn ở mỗi giá trị của hệ số ổn định con quay ở các cự ly khác nhau có xu hướng đạt cực trị.



Hình 3.4. Mối quan hệ giữa uy lực xuyên thép và đường kính d của phần tích cực theo hệ số ổn định con quay tại các cự ly bắn 100m và 200m

Để đảm bảo hệ số ổn định con quay cao và uy lực xuyên thép tốt ở các cự ly, đường kính $\bar{d}$ nên được lựa chọn trong khoảng $0,55 \div 0,75$, khi yêu cầu hệ số ổn định thấp thì lựa chọn đường kính lõi xuyên nhỏ, chọn hệ số ổn định cao chọn đường kính lõi xuyên lớn.

Hình 3.5. So sánh khả năng xuyên của đạn xuyên thoát vỏ ổn định quay với đạn xuyên lõi thép khi thay đổi hệ số ổn định ở các cự ly n – tỷ số giữa chiều sâu xuyên thép của đạn xuyên dưới cỡ so với đạn xuyên lõi thép.



Lựa chọn thông số kết cấu của đạn theo khả năng xuyên lớn nhất ở các hệ số ổn định khác nhau. So sánh kết quả tính toán với đạn xuyên $7,62\text{mm} \times 54\text{R}$ xuyên lõi thép do nhà máy Z113 sản xuất và thử nghiệm, kết quả thể hiện trên hình 3.5. Kết quả này cho thấy: tùy thuộc vào việc lựa chọn

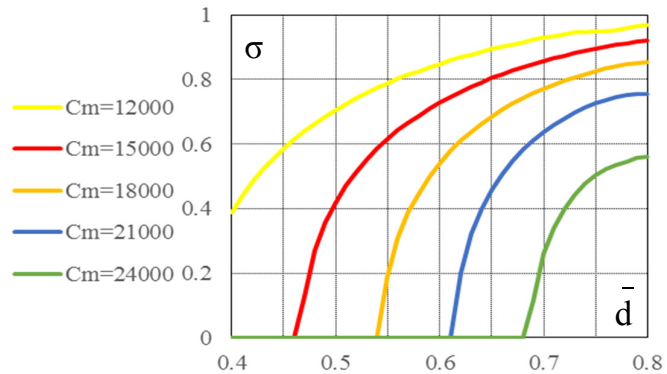
hệ số ổn định con quay, đạn xuyên thoát vỏ ổn định quay có khả năng xuyên tăng từ 39÷106% so với đạn xuyên thường ở cự ly 300m (39370.d), ở cự ly 100m và 200m (13123.d và 26246.d), khả năng xuyên có thể tăng 40%÷95%.

3.4. Ảnh hưởng của một số thông số kết cấu đến ổn định và uy lực của đạn xuyên dưới cỡ kiểu lưu tuyến

Khảo sát tương tự như mục 3.3 với các thông số đầu vào: $\bar{A} = 1,21$; bề dày vỏ đầu đạn $\delta = 0,07.d$ (tham khảo [5]); mật độ của: vỏ đầu đạn $\gamma_{vd} = 7900 \text{ kg/m}^3$; lõi xuyên $\gamma_{lx} = 14700 \text{ kg/m}^3$; cốc chứa lõi xuyên $\gamma_c = 2700 \text{ kg/m}^3$; $K = 1800$; bề dày đáy cốc nhôm chứa lõi xuyên $h_c = 0,20$.

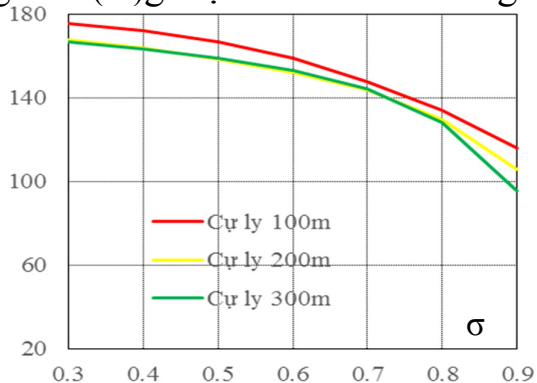
Khoảng khảo sát: kích thước của lõi xuyên $\bar{d} = 0,4..0,8$; khối lượng tương đối của đầu đạn $12.10^3 \text{ kg/m}^3 \leq C_m \leq 27.10^3 \text{ kg/m}^3$; v_0 tương ứng với C_m thỏa mãn điều kiện bền nóng, hoạt động của máy tự động.

Hình 3.6. *Mối quan hệ giữa hệ số ổn định con quay với đường kính lõi xuyên theo khối lượng tương đối của đầu đạn C_m*



Trên đồ thị hình 3.6 thể hiện kết quả khảo sát trong một số trường hợp khối lượng tương đối của đạn khác nhau: khối lượng tương đối của đạn tăng lên, hệ số ổn định con quay giảm xuống trên cùng một kích thước đường kính.

Hình 3.7. *So sánh uy lực xuyên thép của đạn xuyên kiểu lưu tuyến với đạn xuyên lõi thép hiện có trong trang bị theo các hệ số ổn định khác nhau*



Để có được hệ số ổn định cao, nên giảm khối lượng đầu đạn xuống dưới 21.10^3 kg/m^3 hoặc thấp hơn. Như vậy, kích thước đường kính lõi xuyên có giá trị nằm trong khoảng $d_{lx} = (0,55..0,75).d$.

Tính toán chiều sâu xuyên thép của đạn ở các cự ly 13123.d, 26246.d và 39370.d ở các hệ số ổn định khác nhau. Chọn uy lực xuyên thép lớn nhất ở mỗi hệ số ổn định, kết quả thể hiện trên hình 3.7.

Trong đó: $n = \bar{b}_{xlt} / \bar{b}_{tb}$ - bề dày xuyên tương đối của đạn xuyên nhỏ hơn cỡ kiểu lưu tuyến so với đạn xuyên lõi thép; $\bar{b}_{xlt}$ - bề dày tương đối của bản thép đạn xuyên dưới cỡ kiểu lưu tuyến xuyên được; $\bar{b}_{tb}$ - bề dày tương đối của bản thép đạn xuyên lõi thép xuyên được.

Theo kết trên, chọn hệ số ổn định con quay lớn thì việc sử dụng vật liệu có mật độ lớn không hiệu quả đối với đạn xuyên dưới cỡ kiểu lưu tuyến. Khi thiết kế đạn xuyên dưới cỡ kiểu lưu tuyến, nên lựa chọn khối lượng tương đối của đầu đạn trong khoảng 18000 kg/m³ nhằm đạt được yêu cầu ổn định và uy lực xuyên thép của đạn.

Kết luận chương 3

Trong chương 3 đã tính toán khảo sát theo mô hình toán xây dựng từ chương 2 trên một bộ số liệu súng bắn tự động kiểu trích khí điển hình. Một số kết quả thu được:

- Khối lượng đầu đạn giảm, phải tăng khối lượng thuốc phóng hoặc giảm xung lượng thuốc phóng I_k để đưa áp suất $p_{\max} \approx p_{cp}$, tận dụng tối đa điều kiện bền nòng cho phép nhằm đạt sơ tốc đầu đạn lớn nhất và đảm bảo điều kiện hoạt động của máy tự động. Trường hợp áp suất trong buồng khí giảm thấp do khối lượng đạn nhỏ, xung lực áp suất khí thuốc tác động vào pít tông không đủ duy trì hoạt động bình thường của máy tự động, có thể sử dụng bộ phận điều chỉnh để điều chỉnh áp suất khí trong buồng khí. Kết quả tính toán trên súng PKMS cho thấy, khi khối lượng đầu đạn giảm bằng 41,7% khối lượng đầu đạn thông thường, khối lượng thuốc phóng lớn nhất trong cùng điều kiện nhồi, I_k đảm bảo để $p_{\max} \approx p_{cp}$, máy tự động có thể hoạt động khi không mở các lỗ điều chỉnh áp suất khí thuốc trong buồng khí.

- Tăng W_0 đồng thời tăng khối lượng thuốc phóng đến mật độ nhồi cho phép, thay đổi I_k để $p_{\max} \approx p_{cp}$ là một biện pháp cải thiện các thông số thuật phóng của máy tự động do giảm khối lượng đầu đạn. Đồng thời, tăng W_0 cũng làm tăng các thông số thuật phóng của đầu đạn.

- Tăng khối lượng thuốc phóng đến giới hạn về mật độ nhồi, xung lượng I_k thay đổi để đảm bảo áp suất $p_{\max} \approx p_{cp}$, năng lượng toàn phần của phát bắn E_{tp} là một đại lượng ít thay đổi trong những trường hợp khối lượng của đầu

đạn thay đổi. Có thể sử dụng đại lượng này để xác định sơ bộ sơ tốc đầu đạn khi biết khối lượng của nó.

- Đạn xuyên thoát vỏ ổn định con quay có uy lực xuyên rất lớn. Khi thay đổi kích thước đường kính tương đối phần tích cực, ở mỗi một hệ số ổn định con quay lựa chọn, uy lực xuyên thép đạt giá trị lớn nhất ở một giá trị đường kính phần tích cực xác định. Giá trị này phụ thuộc vào $\bar{d}_{b.max} = f(\gamma_{tc}, \sigma, \bar{X})$. Trong trường hợp sử dụng vật liệu cho phần tích cực có mật độ $\gamma = 14700 \text{ kg/m}^3$, uy lực xuyên thép có thể đạt giá trị lớn nhất khi đường kính tương đối phần tích cực $\bar{d}$ có giá trị trong khoảng 0,55..0,75 lần cỡ đạn. Các thông số về kích thước, khối lượng, sơ tốc đầu đạn phù hợp với các loại đạn xuyên thoát vỏ đã được sản xuất trên thế giới.

- Đạn xuyên dưới cỡ kiểu lưu tuyến có khả năng xuyên thấp hơn đạn xuyên thoát vỏ ổn định quay do phần vỏ ảnh hưởng lớn đến sơ tốc và khối lượng lõi xuyên. Tùy thuộc vào yêu cầu hệ số ổn định con quay, cự ly tiêu diệt mục tiêu mà lựa chọn các thông số thiết kế phù hợp, thông thường kích thước đường kính lõi xuyên trong khoảng 0,60÷0,75 lần cỡ đạn.

- Mật độ vật liệu làm lõi xuyên tăng, bề dày xuyên thép đạt lớn nhất có xu hướng chuyển dịch về phía có đường kính lõi xuyên nhỏ, khả năng xuyên thép của đạn xuyên dưới cỡ tăng lên trong cùng một điều kiện ổn định. Ở mật độ lõi xuyên 14700 kg/m^3 , đạn xuyên thoát vỏ có thể tăng bề dày xuyên thép đến 106% ở cự ly 39370.d, đạn xuyên dạng lưu tuyến có thể tăng đến 75% ở cự ly 13123.d so với đạn xuyên lõi thép có trong trang bị.

- Thông số cơ bản ảnh hưởng nhiều đến hoạt động của máy tự động, ổn định và khả năng xuyên thép của đạn là: xung lượng toàn phần của thuốc phóng I_k ; chiều dài tương đối lõi xuyên $\bar{L}_{lx}$ và đường kính tương đối lõi xuyên $\bar{d}$.

CHƯƠNG 4: NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM

4.1. Mục đích nghiên cứu thực nghiệm

- Kiểm tra mô hình tính toán thuật phóng trong và đánh giá hoạt động của máy tự động của súng PKMS khi sử dụng đầu đạn có khối lượng nhỏ hơn đạn trong trang bị;

- Đánh giá độ ổn định của đạn súng thông qua độ chụm của đầu đạn khi bắn;
- Đánh giá khả năng xuyên của đầu đạn xuyên dưới cỡ kiểu lưu tuyến so với đạn xuyên lõi thép.

4.2. Đối tượng và nội dung thử nghiệm

Đạn thử nghiệm: đạn 7,62mm×54R lõi thép, đạn 7,62×39mm lõi hợp kim cứng (đạn K56 xuyên áo giáp hay còn gọi là đạn xuyên 7,62×39mm dưới cỡ kiểu lưu tuyến):

- Thử nghiệm đo áp suất, sơ tốc của đạn và vận tốc lùi của bộ khóa: tính toán cho 3 trường hợp trong bảng 4.1

Bảng 4.1. Các phương án đạn thử nghiệm thuật phóng trong.

Loại đạn thử nghiệm	Khối lượng đầu đạn (kg)	Định lượng thuốc phóng (kg)	
		Thuốc phóng VT	Thuốc phóng VUPL
Đạn ruột thép	$9,6 \cdot 10^{-3}$	$3,13 \cdot 10^{-3}$	0
Đạn phương án 1	$7,9 \cdot 10^{-3}$	$2,50 \cdot 10^{-3}$	$0,68 \cdot 10^{-3}$
Đạn phương án 2	$7,9 \cdot 10^{-3}$	0	$2,56 \cdot 10^{-3}$

- Thử nghiệm đo độ chụm của đạn xuyên dưới cỡ kiểu lưu tuyến;
- Thử nghiệm đo khả năng xuyên: đo uy lực xuyên của đạn xuyên dưới cỡ kiểu lưu tuyến (đạn K56 xuyên áo giáp);

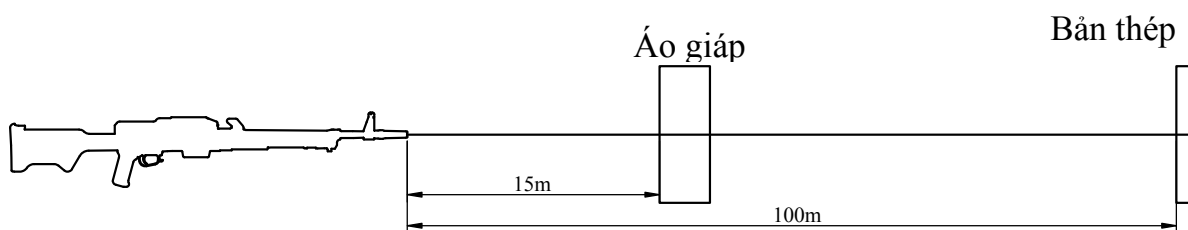
Thử nghiệm đo áp suất, sơ tốc, tốc độ lùi của pít tông – bộ khóa được tiến hành tại hầm bắn của Trung tâm thử nghiệm Vũ khí – Học viện Kỹ thuật Quân sự. Các thông số môi trường: nhiệt độ 27,3..28,1°C, độ ẩm 70..73%.

Thử nghiệm đo độ chụm, uy lực xuyên thép được tiến hành tại nhà máy Z113, Tổng cục Công nghiệp Quốc phòng. Điều kiện thử nghiệm khi bắn quy về nhiệt độ tiêu chuẩn 20°C.

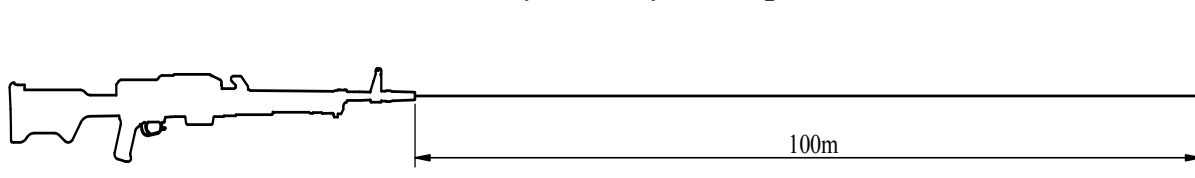
4.3. Bố trí thử nghiệm



Hình 4.1: Bố trí thử nghiệm đo áp suất trong nòng, dịch chuyển của pít tông bộ khóa, sơ tốc đầu đạn



Hình 4.2. Đo uy lực xuyên thép của đạn



Hình 4.3. Đo độ chụm của đạn

4.4. Tính toán các phương án và kết quả thử nghiệm thuật phóng

4.4.1. So sánh vận tốc đầu đạn tính toán lý thuyết và thử nghiệm

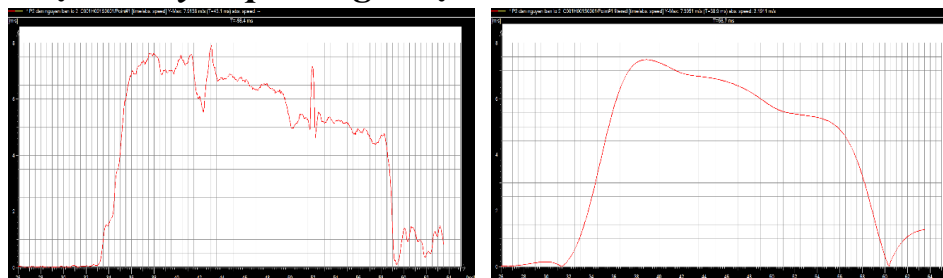
Bảng 4.2. So sánh vận tốc đầu đạn tính toán lý thuyết và thử nghiệm khi bắn trên súng PKMS

Các phương án bắn	$v_{0.LT}(m/s)$	$v_{3.TN}(m/s)$	$v_{0.TN}(m/s)$	$\Delta v_0(\%)$
Đạn 7,62mm×54R lõi thép	822,7	823,4	825,7	0,36
Đạn phương án 1	921,9	913,4	916,1	0,63
Đạn phương án 2	899,6	881,5	884,2	1,74

Trong đó: $v_{0.LT}$ – sơ tốc đầu đạn tính theo lý thuyết; $v_{3.TN}$ – vận tốc đầu đạn đo ở cự ly 3m; $v_{0.TN}$ – vận tốc đầu đạn v_3 được quy về v_0 .

So sánh tính toán lý thuyết và thực nghiệm về vận tốc đầu đạn, kết quả nhận được: sai lệch trung bình của các phương án so với tính toán lý thuyết có giá trị nhỏ hơn 2%.

4.4.2. Đo dịch chuyển pít tông – bộ khóa



Hình 4.4. Đồ thị vận tốc của bộ khóa và sau khi “làm trơn” các dao động của phát thứ 2, đạn 7,62mm×54R lõi thép mở 2 lỗ điều chỉnh áp suất khí thuốc

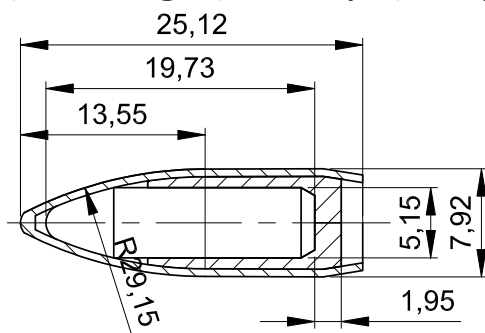
Bảng 4.3. So sánh kết quả tính toán lý thuyết và thực nghiệm vận tốc của pít tông – bộ khóa ở vị trí trước khi va chạm mở khóa

Các phương án bắn	v_p lý thuyết (m/s)			$v_{p.TN}$ thực nghiệm (m/s)		
	$n_l = 0$	$n_l = 1$	$n_l = 2$	$n_l = 0$	$n_l = 1$	$n_l = 2$
Đạn 7,62mm×54R lõi thép	-	-	6,49	-	-	6,81
Đạn phương án 1	7,64	6,99	6,26	7,69	6,77	6,53
Đạn phương án 2	6,39	5,93	5,35	5,75	-	5,28

Bảng 4.4. Sai lệch tính toán lý thuyết và thực nghiệm vận tốc của pít tông – bộ khóa ở vị trí trước khi va chạm mở khóa

Các phương án bắn	Sai số giữa lý thuyết và thực nghiệm (%)		
	$n_l = 0$	$n_l = 1$	$n_l = 2$
Đạn 7,62mm×54R lõi thép	-	-	4,70
Đạn phương án 1	0,65	3,25	4,13
Đạn phương án 2	11,13	-	1,33

4.5. Kết quả thử nghiệm thử nghiệm đo uy lực xuyên, độ chum của đạn



Hình 4.5. Một số kích thước cơ bản của đầu đạn K56 xuyên giáp

Các kích thước cơ bản của đầu đạn được thể hiện trên hình 4.5. Đầu đạn bao gồm: vỏ đầu đạn có $\gamma_v = 7900 \text{ kg/m}^3$, cốt nhôm chứa lõi xuyên $\gamma_c = 2700 \text{ kg/m}^3$, lõi xuyên được chế tạo từ các bit vonfram $\gamma_{lx} = 14700 \text{ kg/m}^3$.

Theo kết quả thử nghiệm [4], đầu đạn 7,62×39mm xuyên lõi thép: khối lượng $7,87 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$; sơ tốc 738,0 m/s, chiều sâu xuyên thép đạt 12,0 mm bản thép CT-3. Theo công thức Gia cố đơn ma, xác định được hệ số $K = 1430$.

Tính toán uy lực xuyên thép đối với đạn xuyên kiểu lưu tuyến với các thông số trên hình 4.5, hệ số $K = 1430$. Xác định được chiều sâu xuyên thép đạt 17,7 mm thép CT-3.

Bắn thử nghiệm độ chum của đạn được tiến hành trên: áo giáp bảo vệ mức III+ ở cự ly 15m, bản thép CT-3 dày 18mm ở cự ly 100m. Kết quả: Bắn kiểm tra độ chum, yêu cầu $R_{50TB} \leq 3,5 \text{ cm}$, kết quả $R_{50TB} = 2,9 \text{ cm}$; Bắn

kiểm tra xuyên áo giáp, yêu cầu xuyên thùng áo giáp với số lượng không nhỏ hơn 05 viên, kết quả xuyên thùng áo giáp 05/06 viên; Kiểm tra xuyên thép $\delta = 18$ mm, yêu cầu xuyên thùng bia thép với số lượng không nhỏ hơn 8 viên, kết quả xuyên thùng bia thép 10/10 viên

So sánh với kết quả tính toán ở trên, sai số của tính toán uy lực xuyên thép của đạn là 1,8%, uy lực xuyên thép của đạn tăng 50% so với đạn xuyên lõi thép.

Sự tương đồng giữa độ chụm với hệ số ổn định con quay tính toán và kết quả thực nghiệm [4], [3]: đạn $7,62 \times 39$ mm đầu lõi thép có hệ số ổn định con quay $\sigma = 0,81$, độ chụm $R_{50TB} = 2,43$ cm, $R_{100.TB} = 6,30$ cm; đạn $7,62\text{mm} \times 54R$ có hệ số ổn định con quay $\sigma = 0,75$, $R_{50TB} = 3,03$ cm, $R_{100.TB} = 8,50$ cm; đạn K56 xuyên giáp có $\sigma = 0,78$, $R_{50TB} = 2,90$ cm. Rõ ràng, hệ số ổn định con quay càng cao thì $R_{50.TB}$ càng nhỏ, đầu đạn có độ chụm càng cao.

Sử dụng đầu đạn K56 xuyên giáp bắn trên súng PKMS với phương pháp đã được trình bày ở chương 3 và các thông số ở trên: sơ tốc của đạn đạt 925,1 m/s; hệ số ổn định con quay đạt 0,79; vận tốc chạm của đầu đạn tại mục tiêu 815,4 m/s; xuyên thép đạt 25,3 mm, tăng 58,1% so với đạn xuyên lõi thép thông thường [4].

Kết luận chương 4

- Tiến hành đo đặc thử nghiệm, phân tích và xử lý kết quả theo đúng quy trình, số lượng mẫu thử đủ theo quy định;

- Kết quả đo thuật phóng ở 3 loại đạn thử nghiệm cho thấy: Đạn có khối lượng nhỏ, vận tốc lớn nhất của pít tông bị suy giảm; sử dụng thuốc phóng có xung lượng I_k nhỏ, sơ tốc và áp suất có thể đạt yêu cầu nhưng không đảm bảo yêu cầu hoạt động của máy tự động. Kết quả tính toán sát với thực nghiệm đo được trong các trường hợp điều chỉnh áp suất buồng khí.

- Tăng mật độ và giảm kích thước lõi xuyên, chiều sâu xuyên vào bản thép tăng lên. Chiều sâu xuyên bản thép so sánh giữa hai loại đạn xuyên lõi thép và đạn xuyên lưu tuyến cho thấy kết quả khảo sát trong chương 3 là phù hợp. Độ chụm của đạn tương đồng với hệ số ổn định con quay: hệ số ổn định con quay lớn, đạn có độ chụm cao và ngược lại.

Kết quả này cũng cho phép mở rộng phạm vi ứng dụng của đạn trên súng có lỗ điều chỉnh áp suất khí thuốc hoặc cải tiến nâng cao hiệu quả sử dụng vũ khí cho các loại đạn mới.

KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN

Luận án đã xây dựng được mô hình toán mô tả quá trình bắn đạn xuyên nhỏ hơn cỡ bắn trên súng tự động theo nguyên lý trích khí có sẵn trong trang bị từ khi bắn đến thời điểm ngừng tác dụng tại mục tiêu, có tính đến các điều kiện: bền nòng; hoạt động của máy tự động; ổn định trên đường bay; uy lực xuyên thép của đạn. Thiết lập hệ phương trình vi phân và tiến hành giải mô hình toán đã xây dựng bằng phương pháp số, viết chương trình trên máy tính. Các tính toán với bộ số liệu của hệ súng đạn kiểu trích khí đặc trưng PKMS cho kết quả phù hợp với thực nghiệm. Điều đó khẳng định tính đúng đắn của mô hình toán đã được xây dựng.

Những đóng góp mới của luận án:

Xây dựng phương pháp đánh giá các phương án khi lựa chọn các tham số thiết kế đối với đạn xuyên dưới cỡ bắn trên súng tự động kiểu trích khí có trong trang bị, cụ thể:

- Xây dựng được mô hình toán học mô tả quá trình hoạt động đạn xuyên nhỏ hơn cỡ bắn trên súng tự động theo nguyên lý trích khí từ khi bắn đến khi tác dụng hoàn toàn tại mục tiêu;

- Sử dụng các phương trình cơ bản của dòng khí để tính toán thời kỳ tác dụng sau cùng của khí thuốc đáp ứng được điều kiện tính toán cho đạn có sơ tốc lớn;

- Luận án đã xây dựng được biểu thức tính toán hệ số ổn định con quay và uy lực theo mô hình đồng dạng cho đạn xuyên dưới cỡ kiểu lưu tuyến và kiểu thoát vỏ.

Hướng nghiên cứu tiếp theo của luận án:

1. Chính xác hóa mô hình phụt khí sau khi đạn rời khỏi nòng, cụ thể là xác định giá trị áp suất tại mặt cắt miệng nòng;

2. Nghiên cứu quá trình sau khi đạn rời khỏi nòng, thuốc phóng vẫn tiếp tục cháy trong nòng và trong buồng khí, tăng xung lực và áp suất khí thuốc trong buồng khí, tăng vận tốc pít tông – bộ khóa, giảm sai số khi tính toán máy tự động;

3. Ứng dụng kết quả nghiên cứu vào thực tế thiết kế các loại đạn xuyên nhỏ hơn cỡ trên cơ sở vũ khí hiện có trong trang bị.

NHỮNG CÔNG TRÌNH KHOA HỌC ĐÃ CÔNG BỐ

1. Trần Văn Doanh, Nguyễn Đức Tiến, Nguyễn Quang Dũng, *Nghiên cứu định hướng phát triển và giải pháp nâng cao uy lực xuyên cho súng bộ binh theo yêu cầu mới* – Tạp chí khoa học và kỹ thuật số 155 (ISSN 1859 - 0209) tháng 6.2013.
2. Trần Văn Doanh, Nguyễn Đức Tiến, *Ảnh hưởng của một số đặc trưng kết cấu của đạn và súng đến ổn định của đạn xuyên thoát vỏ ổn định con quay* – Tạp chí cơ khí (ISSN 0866 - 7056), số 5.2016.
3. Trần Văn Doanh, Nguyễn Đức Tiến, *Ảnh hưởng của một số thông số kết cấu của đạn xuyên dưới cỡ kiểu lưu tuyến và súng đến ổn định của nó trên quỹ đạo* – Tạp chí cơ khí (ISSN 0866 - 7056), số 6.2016.
4. Nguyễn Đức Tiến, Trần Văn Doanh, Bùi Thị Lộc, *Nghiên cứu ảnh hưởng của một số thông số kết cấu đến uy lực xuyên thép của đạn súng xuyên dưới cỡ kiểu lưu tuyến* - Tạp chí cơ khí (ISSN 0866 - 7056), số 2.2019.
5. Nguyễn Đức Tiến, Trần Văn Doanh, Bùi Thị Lộc, *Nghiên cứu ảnh hưởng của một số thông số kết cấu đến uy lực của đạn xuyên thoát vỏ ổn định con quay* – Tạp chí nghiên cứu khoa học và công nghệ quân sự (ISSN 1859 - 1043), số tháng 2.2019.
6. Nguyễn Đức Tiến, Nguyễn Ngọc Du, Trần Văn Doanh, Nguyễn Thị Lan, *Một phương pháp tính toán các thông số khí thuốc trong lòng nòng súng pháo ở thời kì tác dụng sau cùng* - Tạp chí cơ khí (ISSN 0866 - 7056), số 3.2019