

XÂY DỰNG MÔ HÌNH TÍNH TOÁN THUẬT PHÓNG TRONG CỦA SÚNG VÀ ĐẠN NHIỆT ÁP CỠ 93MM

THE BUILD AN INTERIOR BALLISTIC MODEL OF A GUN AND A THERMOBARIC
SHELL OF 93MM

Đoàn Minh Kiều^{1,*}, Đào Văn Đoan¹, Lê Minh Đức², Vũ Trọng Thiện²

¹Học viện Kỹ thuật Quân sự

²Viện Vũ khí, Tổng cục Công nghiệp Quốc phòng

TÓM TẮT

Bài báo trình bày phương pháp xây dựng mô hình thuật phóng trong của tổ hợp súng và đạn nhiệt áp cỡ 93 mm. Kết quả của bài báo xác định được quy luật áp suất và vận tốc của đầu đạn chuyển động trong nòng, giá trị áp suất lớn nhất trong buồng cao áp $P_{C_{max}} = 331,88 \text{ kG/cm}^2$, áp suất lớn nhất trong buồng thấp áp $P_{t_{max}} = 68,92 \text{ kG/cm}^2$, sơ tốc lớn nhất $v_{max} = 125,47 \text{ m/s}$. Kết quả này phù hợp với kết quả công bố của nhà sản xuất, chứng tỏ mô hình thuật phóng trong đảm bảo tin cậy, làm cơ sở cho việc nghiên cứu, thiết kế chế tạo các tổ hợp súng và đạn nhiệt áp trong nước.

Từ khóa: Tổ hợp súng và đạn nhiệt áp; Thuật phóng trong; Sơ tốc; Áp suất.

ABSTRACT

The paper presents a method to build an interior ballistic model of a combination of a gun and a thermobaric shell of 93 mm. The results of this research determined the pressure and velocity laws of the bullet in the barrel when moving, maximum pressure value in high pressure chamber $P_{C_{max}} = 331,88 \text{ kG/cm}^2$, maximum pressure in low pressure chamber $P_{t_{max}} = 68,92 \text{ kG/cm}^2$, maximum velocity $v_{max} = 125,47 \text{ m/s}$.

These results compared with the results announced by the manufacture, prove the interior ballistic model is reliable, as a basis for the research, design, and manufacture of a combination of a gun and a thermobaric shell in the country.

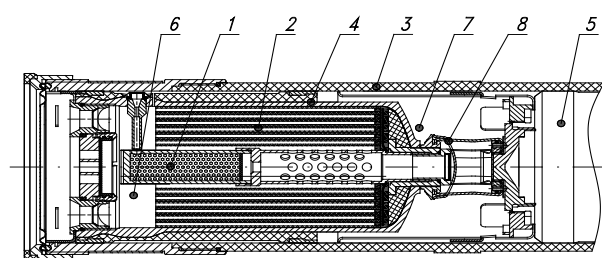
Keywords: A combination of a gun and a thermobaric shell; Interior ballistic; Velocity; Pressure.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Súng và đạn nhiệt áp cỡ 93mm (RPO-A) là tổ hợp vũ khí trang bị cho cá nhân sử dụng thuốc nổ nhiệt áp, đây là loại thuốc nổ có uy lực cao, khi nổ gây ra ảnh hưởng nhiệt và áp suất cao. Loại vũ khí này đặc biệt hiệu quả trong không gian kín như đường hầm, tòa nhà và công sự kiên cố, trong một số trường hợp nó được sử dụng để phá hủy các phương tiện chở quân, chính vì vậy nó rất phù hợp với yêu cầu tác chiến của quân đội các quốc gia trên thế giới. Tổ hợp súng và đạn nhiệt áp sử dụng nguyên lý buồng cao thấp áp, nguyên lý này được sử dụng rất phổ biến trong các loại vũ khí hiện nay. Bài báo tập trung xây dựng mô hình tính toán thuật phóng trong của tổ hợp súng và đạn nhiệt áp 93mm, kết quả tính toán (sơ tốc, áp suất) của mô hình được sử dụng trong quá trình nghiên cứu, thiết kế tổ hợp này.

2. MÔ HÌNH THUẬT PHÓNG

2.1. Nguyên lý hoạt động của súng – đạn nhiệt áp cỡ 93mm (RPO-A)



Hình 1. Kết cấu tổ hợp súng và đạn nhiệt áp cỡ 93mm (RPO-A)

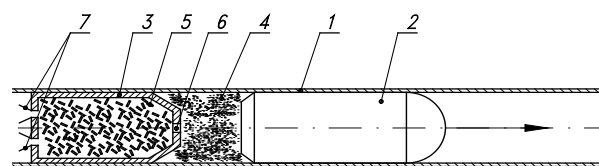
1 - Liều mồi (liều 1); 2 - Liều thuốc phóng (liều 2);
3 - Ống phóng; 4 - Động cơ;
5 - Đầu đạn nhiệt áp; 6 - Buồng cao áp;
7 - Buồng thấp áp; 8 - Cụm nôi.

Khi bắn, thông qua cơ cấu phát hỏa và truyền lửa trên tổ hợp, thuốc đen của liều mồi (1) trong ống thuốc mồi được mồi cháy, khi áp

suất khí thuốc của liều mồi (1) đạt đến một giá trị cho phép sẽ phá vỡ màng bịt kín và đệm các tông trong ống thuốc mồi, khí thuốc sẽ truyền qua các lỗ truyền lửa trên thân ống thuốc mồi, mồi cháy đồng thời và tức thời liều thuốc phóng (2) của động cơ. Thuốc phóng của liều 2 (2) cháy trong buồng cao áp (6), áp suất khí thuốc lúc này tăng lên rất nhanh, tiếp tục giãn nở tạo ra xung lực khí thuốc phá vỡ các đệm bịt kín ở phía trước và nắp đáy loa phụt ở phía sau động cơ (4). Khí thuốc phụt qua miệng động cơ tác dụng vào cụm nôi (8), giải phóng liên kết giữa động cơ và đầu đạn nhiệt áp (5), khí thuốc lúc này tiếp tục cháy và giãn nở trong buồng thấp áp (7), khí thuốc đẩy đạn chuyển động về phía trước, dưới tác dụng của áp suất tổng đạn ban đầu, đầu đạn nhiệt áp chuyển động trong nòng súng, phá vỡ nắp đáy trên miệng nòng súng và chuyển động ra khỏi ống phóng. Một phần khí thuốc phụt qua các lỗ loa phụt ở đáy động cơ tạo ra phản lực đảm bảo súng không bị giật khi bắn.

2.2. Xây dựng mô hình thuật phóng

Tổ hợp súng và đạn nhiệt áp sử dụng nguyên lý buồng cao thấp áp nên các thời kỳ cháy của thuốc phóng tương tự như súng pháo thông thường. Xuất phát từ đặc điểm kết cấu và nguyên lý hoạt động của tổ hợp súng và đạn nhiệt áp cỡ 93mm, bài báo xây dựng mô hình thuật phóng như sau:



Hình 2. Sơ đồ thuật phóng tổ hợp súng và đạn nhiệt áp cỡ 93mm

1 - Ống phóng; 2 - Đầu đạn; 3 - Buồng cao áp (động cơ); 4 - Buồng thấp áp;
5 - Thuốc phóng; 6 - Lỗ phụt khí;
7 - Loa phụt động cơ

2.3. Xây dựng hệ phương trình vi phân mô tả quá trình bắn

Các giả thiết cơ bản để xây dựng hệ phương trình:

- Thuốc phóng cháy theo quy luật hình học (trong đó các tham số như: xung lượng toàn phần áp suất khí thuốc trong thời gian cháy của thuốc phóng I_k , cộng tích khí thuốc α và lực thuốc phóng f được xác định bằng thực nghiệm trong bom đo áp suất theo quy luật vật lý);

- Toàn bộ liều thuốc phóng cháy trong cùng điều kiện môi trường với áp suất thuật phóng và đạn chuyển động dưới tác dụng của áp suất trung bình thuật phóng;

- Lượng cộng tích khí thuốc và chỉ số mũ đoạn nhiệt lấy theo giá trị trung bình;

- Thành phần sản phẩm cháy không thay đổi trong suốt quá trình bắn, lực thuốc phóng f , cộng tích khí thuốc α là hằng số;

- Tồn thất nhiệt trong nòng, ảnh hưởng của ma sát được hiệu chỉnh thông qua hệ số tăng nặng φ ;

- Thuốc phóng liều môi cháy hết và phụt ra ngoài buồng cao áp qua các lỗ truyền lửa tức thời, môi cháy đồng thời và tức thời thuốc phóng;

- Khí thuốc phụt qua các loa phụt về sau và qua lỗ phụt khí vào buồng thấp áp là dòng một chiều ổn định;

- Không có khe hở giữa đầu đạn và ống phóng;

- Mật độ khí trong lòng nòng không đổi

đọc theo lòng nòng tại mỗi thời điểm.

Xuất phát từ các giả thiết nêu trên và tham khảo [1-2], ta xây dựng hệ phương trình vi phân thuật phóng như sau:

$$\left\{ \begin{aligned} \dot{z} &= s_1 \frac{P_c}{I_k}; \\ \dot{\psi} &= \chi(1 + 2\lambda z + 3\mu z^2) \dot{z} \\ \dot{\eta}_1 &= s_{21} \frac{\varphi_{21} K_0 S_1 (P_c - P_t)}{\omega \sqrt{f \tau_c}} \\ \dot{\eta}_2 &= s_{22} \frac{\varphi_{22} K_0 S_2 P_c}{\omega \sqrt{f \tau_c}} \\ \dot{\eta}_3 &= s_{23} \frac{\varphi_{23} K_0 S_3 P_c}{\omega \sqrt{f \tau_c}} \\ \dot{\tau}_c &= \frac{(1 - \tau_c) \dot{\psi} - \tau_c (k - 1) (\dot{\eta}_1 + \dot{\eta}_2 + \dot{\eta}_3)}{\psi - \eta_1 - \eta_2 - \eta_3} \\ \dot{W}_c &= \frac{\omega}{\delta} \dot{\psi} - \alpha \omega (\dot{\psi} - \dot{\eta}_1 - \dot{\eta}_2 - \dot{\eta}_3) \\ \dot{P}_c &= \frac{1}{W_c} \{ f \cdot \omega [\tau_c (\dot{\psi} - \dot{\eta}_1 - \dot{\eta}_2 - \dot{\eta}_3) + (\psi - \eta_1 - \eta_2 - \eta_3) \dot{\tau}_c] - P_c \cdot \dot{W}_c \} \\ \dot{W}_t &= -\alpha \omega \eta_1 + S_n \cdot \dot{L}_t \\ \dot{P}_t &= \frac{1}{W_t} \{ f \cdot \omega [\tau_t \dot{\eta}_1 + \eta_1 \dot{\tau}_t] - P_t \cdot \dot{W}_t \} \\ \dot{\tau}_t &= \frac{(k \tau_c - \tau_t) \dot{\eta}_1 - K_d \varphi_t V_t \dot{J}_t}{\eta_1} \\ \dot{V}_t &= s_3 \frac{S_n P_t g}{\varphi_t m_t} \\ \dot{L}_t &= V_t \end{aligned} \right. \quad (1)$$

Điều kiện để giải hệ phương trình vi phân: Tại thời điểm ban đầu $t = 0$, các thông số của bài toán TPT được tính như sau: $p = p_0; \psi = \psi_0; z = z_0; v = 0; l = 0$.

$$p_0 = \frac{f_0 \cdot \omega_0}{W_0 - \frac{\omega_1}{\delta} - \alpha_0 \omega_0}$$

$$\psi_0 = \frac{p_0 (W_0 - \frac{\omega}{\delta})}{f \cdot \omega - p_0 [\frac{\omega}{\delta} - \alpha \omega (1 - \Delta)]}$$

$$z_0 = \frac{\sigma_0 - 1}{2\lambda} = \frac{2\psi_0}{\chi(\sigma_0 + 1)}$$

$$\sigma_0 = \sqrt{1 + \frac{4\lambda}{\chi}\psi_0}$$

Trong đó:

- ω - Khối lượng thuốc phóng, kg;
- δ - Mật độ thuốc phóng, kg/dm³;
- W_{c0} - Thể tích ban đầu của buồng cao áp, dm³;
- W_c - Thể tích của buồng cao áp, dm³;
- f - Lực thuốc phóng, kG.dm/kg;
- α - Lượng cộng tích, dm³/kg;
- p_c - Áp suất khí thuốc trong buồng cao áp, kG/dm²;
- p_{m0} - Áp suất môi cháy thuốc phóng trong buồng cao áp, kG/dm²;
- τ_c - Nhiệt độ tương đối của khí thuốc trong buồng cao áp; $\tau_{c0} \approx 1$;
- η_1 - Lượng phụt khí từ buồng cao áp sang buồng thấp áp;
- η_2 - Lượng phụt khí từ buồng cao áp ra phía sau qua 8 lỗ loa phụt to;
- η_3 - Lượng phụt khí từ buồng cao áp ra phía sau qua 19 lỗ loa phụt nhỏ;
- z_0 - Bề dày cháy tương đối của thuốc phóng;

$$z_0 = \frac{1 + \xi - \sqrt{\Delta}}{2\xi}$$

ψ - Lượng sinh khí thuốc;

$$s_{21} - \text{Hệ số điều khiển: } s_{21} = \begin{cases} 0 & \text{if } p_c < p_1^{th} \\ 1 & \text{if } p_c \geq p_1^{th} \end{cases}$$

- p_t - Áp suất khí thuốc trong buồng thấp áp, kG/dm²;
- S_1 - Diện tích tiết diện tới hạn lỗ phụt qua buồng thấp áp, dm²;
- φ_{21} - Là hệ số tổn thất lưu lượng phụt khí từ buồng cao áp sang buồng thấp áp phía trước;
- g - Gia tốc trọng trường;
- k - Chỉ số mũ đoạn nhiệt của khí thuốc;

$$s_{22} - \text{Hệ số điều khiển: } s_{22} = \begin{cases} 0 & \text{if } p_c < p_2^{th} \\ 1 & \text{if } p_c \geq p_2^{th} \end{cases}$$

S_2 - Diện tích tiết diện tới hạn 8 lỗ loa phụt màng nhôm, dm²;

φ_{22} - Là hệ số tổn thất lưu lượng phụt khí từ buồng cao áp qua 8 loa phụt;

$$s_{23} - \text{Hệ số điều khiển: } s_{23} = \begin{cases} 0 & \text{if } p_c < p_3^{th} \\ 1 & \text{if } p_c \geq p_3^{th} \end{cases}$$

S_3 - Diện tích tiết diện tới hạn 19 lỗ loa phụt màng đồng, dm²;

φ_{23} - Là hệ số tổn thất lưu lượng phụt khí từ buồng cao áp qua 19 loa phụt;

L_t - Vị trí của đầu đạn trong nòng, dm;

φ_t - Hệ số tăng nặng khối lượng đầu đạn;

τ_t - Nhiệt độ tương đối của khí thuốc trong buồng thấp áp;

m_t - Khối lượng đầu đạn, kg;

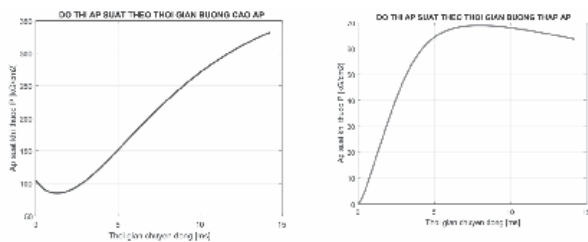
V_t - Vận tốc chuyển động của đầu đạn trong nòng, dm/s.

3. KẾT QUẢ TÍNH TOÁN VÀ THẢO LUẬN

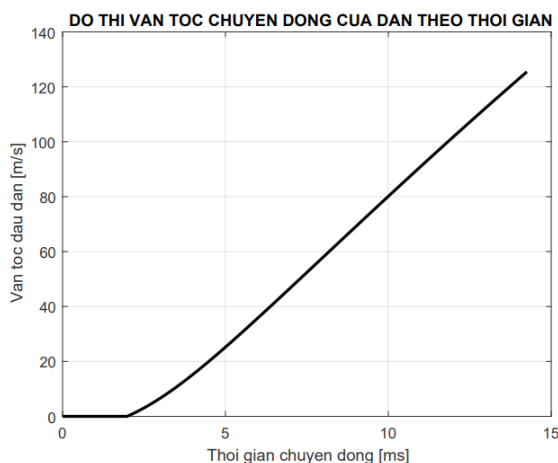
Tiến hành giải hệ phương trình vi phân (1) bằng phương pháp số sử dụng thuật toán Runghen-Kutta trên máy tính với các điều kiện ban đầu như sau: $\omega = 0,38$ kg; $\delta = 1,6$ kg/dm³; $f = 1,06 \cdot 10^6$ kG.dm/kg; $I_k = 610$ kG.s/dm³; $p_{m0} = 5000$ kG/dm²; $W_{c0} = 0,603$ dm³; $p_{td} = 3200$ kG/dm²; $D = 0,93$ dm; $\alpha = 1,0$ dm³/kg; $v = 1,0$; $\xi = 0,00396$; $S_1 = 0,0254$ dm²; $S_2 = 0,0981$ dm²; $S_3 = 0,0437$ dm²; $k = 1,25$; $\varphi_{21} = \varphi_{22} = \varphi_{23} = 0,95$; $W_{t0} = 0,437$ dm³; $m_t = 3,932$ kg; $\chi = 1,0$; $p_1^{th} = 0$ kG/dm²; $p_2^{th} = 22,49$ kG/dm²; $p_3^{th} = 54,66$ kG/dm².

Kết quả tính toán:





Hình 3. Đồ thị quy luật áp suất khí thuốc trong buồng cao áp, thấp áp theo thời gian



Hình 4. Đồ thị quy luật vận tốc chuyển động của đầu đạn theo thời gian

Dựa trên đồ thị quy luật thay đổi áp suất khí thuốc trong buồng cao áp và buồng thấp áp theo thời gian (Hình 3), ta nhận được: giá trị áp suất khí thuốc lớn nhất trong buồng cao áp: $P_{\text{cmax}} = 331,88 \text{ kG/cm}^2$ tại thời điểm $t = 7,978 \text{ ms}$; giá trị áp suất khí thuốc lớn nhất trong buồng thấp áp: $P_{\text{tmax}} = 68,92 \text{ kG/cm}^2$ tại thời điểm $t = 14,256 \text{ ms}$. Theo đồ thị (Hình 4), ta nhận được giá trị sơ tốc đầu đạn $v_{\text{max}} = 125,47 \text{ m/s}$ tại thời điểm đạn chuyển động ra khỏi ống phóng cũng là thời điểm cuối hành trình chuyển động của đầu đạn trong lòng ống phóng.

Các kết quả tính toán cho thấy, áp suất khí thuốc trong buồng cao áp lớn hơn áp suất khí thuốc trong buồng thấp áp gần 5 lần, giá trị sơ tốc đầu đạn $v_{\text{max}} = 125,47 \text{ m/s}$ phù hợp với giá

trị sơ tốc đạn RPO-A của Nga, theo công bố của nhà sản xuất là $125 \pm 5 \text{ m/s}$. Điều này cho thấy, mô hình tính toán của bài báo đảm bảo độ tin cậy, làm cơ sở cho việc nghiên cứu, thiết kế tổ hợp súng và đạn nhiệt áp trong nước.

4. KẾT LUẬN

Mô hình tính toán đã phản ánh khá đầy đủ bản chất vật lý các quá trình xảy ra của hiện tượng bắn gồm: quá trình trao đổi khí giữa 2 buồng cao áp và thấp áp, quá trình trao đổi năng lượng. Mô hình toán học có sự kế thừa các mô hình thuật phóng trong theo nguyên lý buồng cao áp – thấp áp đã nghiên cứu trước đây. Kết quả tính toán khẳng định được độ tin cậy của mô hình toán thuật phóng trong tổ hợp súng và đạn nhiệt áp cỡ 93mm đã được xây dựng phù hợp với kết quả công bố của nhà sản xuất. Trên cơ sở mô hình tính toán, ta có thể tiến hành khảo sát ảnh hưởng của các thông số kết cấu của buồng đốt, của đạn và điều kiện nhồi ảnh hưởng đến đặc trưng thuật phóng của tổ hợp, từ đó lựa chọn phương án thiết kế phù hợp với yêu cầu chiến kỹ thuật đề ra. ♦

Ngày nhận bài: 02/3/2023

Ngày phản biện: 18/4/2023

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Nguyễn Ngọc Du, Đỗ Văn Thọ; “*Thuật phóng trong của súng pháo*”. Trường Đại học Kỹ thuật Quân sự, 1976.
- [2]. Trần Đăng Điện, Nguyễn Quang Lượng, Trần Văn Doanh; “*Bài tập thuật phóng trong*”. Học viện Kỹ thuật Quân sự, 2006.
- [3]. Phạm Thế Phiệt; “*Các cơ sở vật lý của hiện tượng bắn*”. NXB. Quân đội Nhân dân, 2001.
- [4]. A Suprykin, D Itseliev, Yu Kamak, S Kaletnik; “*On the creation of a modern domestic infantry rocket flamethrower*”. Саприкін А.Б, Іцелєв Д.О, Камак Ю.О, Калетнік С.А, 2020, DOI: 10.37701/dndivsovt.5.2020.08.