

# QUAN HỆ GIỮA ÁP SUẤT KHÍ THUỐC TRONG BUỒNG KHÍ VỚI KÍCH THƯỚC LỖ TRÍCH KHÍ CỦA SÚNG RPD

THE RELATIONSHIP BETWEEN GAS PRESSURE WITH DIMENSIONS OF GAS HOLE FOR THE RPD GUN

Trần Quốc Trinh<sup>1,\*</sup>, Vũ Thị Huệ<sup>2</sup>

## TÓM TẮT

Bài báo trình bày mối quan hệ giữa áp suất khí thuốc trong buồng khí với kích thước lỗ trích khí của súng tự động RPD. Ban đầu từ việc tính toán áp suất trong nòng súng RPD dựa trên giá trị áp suất tại vị trí trích khí, tính được áp suất trong buồng khí. Trên thân ống trích khí có ba lỗ trích khí với độ rộng khác nhau là 1,5mm; 2,0mm; 4,0mm, với mỗi lỗ có phân bố áp suất khí khác nhau. Tuy nhiên các đường đặc tính áp suất này có tính đồng dạng với nhau. Bài báo cung cấp một tài liệu tham khảo cho học viên trong quá trình học tập, nghiên cứu.

**Từ khóa:** Thuật phóng trong, vận tốc, đầu đạn, súng tự động, RPD.

## ABSTRACT

The article shows the relationship between gas pressure in the air chamber and the size of the gas hole of the RPD automatic gun. Originally from the calculation of pressure in the barrel of the RPD gun, based on the value pressure at the extracted position the pressure in the air chamber is calculated. There are three air gas holes with different width, they are 1.5mm; 2.0mm; 4.0mm, each hole has a different pressure distribution. However, these pressure characteristics are uniform. The newspapers provide a reference for students in the study, research.

**Keywords:** Interior ballistics, bullet, speed, automatic gun, RPD.

<sup>1</sup>Học viện Kỹ thuật Quân sự

<sup>2</sup>Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

\*Email: tranquoctrinh9981@yahoo.com.vn

Ngày nhận bài: 11/01/2018

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 30/03/2018

Ngày chấp nhận đăng: 25/04/2018

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Quân đội ta và nhiều quân đội trên thế giới được trang bị khá nhiều súng trung liên trong đó có súng trung liên RPD -7,62mm, tính toán thiết kế súng là điều rất cần thiết cho quá trình giảng dạy và nghiên cứu trong nhà trường quân đội. Việc giải bài toán nhiệt động buồng khí là hết sức cần thiết, nó là đầu vào cho việc tính toán thiết kế máy tự động của súng. Trên ống trích khí của súng có ba rãnh trích khí với độ rộng rãnh khác nhau để dùng trong các trạng thái làm việc khác nhau. Trong phạm vi bài báo này sẽ tính toán áp suất trong buồng khí với từng rãnh để từ đó có những khuyến cáo với người sử dụng, nhà thiết kế tình huống khai thác súng phù hợp.



Hình 1. Súng RPD và hộp dây băng

## 2. NỘI DUNG

### 2.1. Tính toán áp suất trong nòng súng

#### 2.1.1. Hệ phương trình vi phân thuật phóng trong

Sử dụng hệ phương trình vi phân thuật phóng trong [3 ÷ 5], ta có:

$$\frac{dv}{dt} = \xi_1 \xi_2 \frac{pS}{\varphi m} \quad (1)$$

$$\frac{dl}{dt} = \xi_1 \xi_3 \cdot v \quad (2)$$

$$\frac{dz}{dt} = \xi_2 \frac{p}{l_k} \quad (3)$$

$$\frac{d\omega_c}{dt} = \xi_2 \cdot \chi \cdot \omega (1 + 2\lambda z) \frac{p}{l_k} - \sum_{i=1}^n \xi_i \cdot G_{bi} - (1 - \xi_3) \cdot G_d \quad (4)$$

$$\frac{dW}{dt} = \xi_2 \frac{1 - \alpha \delta}{\delta} \chi \cdot \omega (1 + 2\lambda z) \frac{p}{l_k} + Sv \xi_3 \quad (5)$$

$$\frac{dP}{dt} = \frac{1}{W} \left\{ \begin{array}{l} \left[ \xi_2 \frac{p \chi \omega}{l_k} \left( f - K_p \frac{1 - \alpha \delta}{\delta} \right) (1 + 2\lambda z) \right] \\ \left[ -K_p Sv \xi_3 \right] \\ \left[ -K_p \left[ \sum_{i=1}^n \xi_i G_{bi} + (1 - \xi_3) G_d \right] - K_T p \right] \end{array} \right\} \quad (6)$$

- Phương trình 1 và 2 mô tả quy luật chuyển động của đầu đạn;

- Phương trình 3 mô tả quy luật tốc độ cháy tuyến tính một số hạng của thuốc phóng;

- Phương trình 4 mô tả quy luật biến thiên khối lượng của thuốc phóng;

- Phương trình 5 mô tả quy luật thay đổi thể tích tự do của buồng đốt;

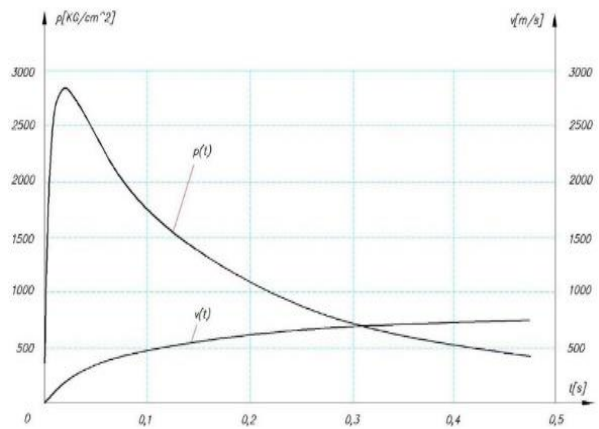
- Phương trình 6 mô tả quy luật thay đổi áp suất khí thuốc trong lòng nòng.

**2.1.2. Các thông số thuật phóng và thông số cấu tạo [1, 2, 4]**

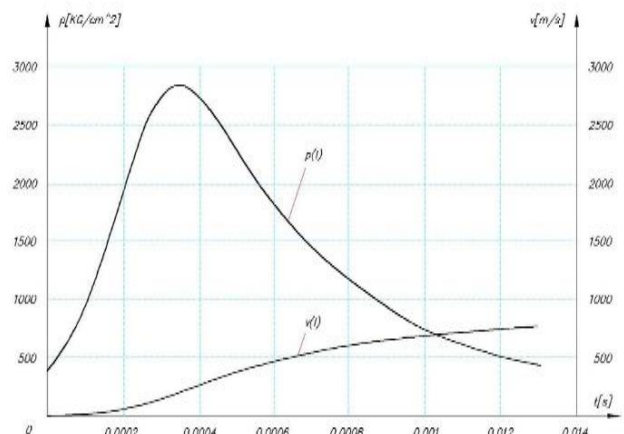
Thông số	Kí hiệu	Giá trị	Đơn vị
Diện tích tiết diện ngang nòng	S	0,00482	(dm <sup>2</sup> )
Thể tích ban đầu của buồng đốt	w <sub>0</sub>	0,00218	(dm <sup>3</sup> )
Trọng lượng đầu đạn	q	0,0079	(kG)
Trọng lượng thuốc phóng	ω	0,00167	(kG)
Lực thuốc phóng	f	980000	-
Trọng lượng riêng thuốc phóng	δ	1,6	(KG/dm <sup>3</sup> )
Cộng tích khí thuốc	α	1,0	(dm <sup>3</sup> /KG)
Xung lượng khí thuốc	l <sub>k</sub>	137,5	(KG.s/dm <sup>2</sup> )
Chỉ số đa biến	K	1,1	
Chiều dài nòng phần có rãnh xoắn	l <sub>d</sub>	4.74	(dm)
Bước tích phân	h	0,0001	
Áp suất cắt đai đạn	p <sub>0</sub>	40000	(kG/dm <sup>2</sup> )
Hệ số công thức thứ yếu	φ	1,171	
Hệ số mở rộng buồng đốt	χ	1,06	
Các đặc trưng hình dạng thuốc phóng (ống)	λ	-0,06	
Cỡ nòng	d	7,62	mm
Áp suất lớn nhất trong nòng	p <sub>max</sub>	2844	kG/cm <sup>2</sup>
Sơ tốc ban đầu	V <sub>0</sub>	726	m/s
Chiều rộng rãnh phay 1	B <sub>1</sub>	1,5	mm
Chiều rộng rãnh phay 2	B <sub>2</sub>	2,0	mm
Chiều rộng rãnh phay 3	B <sub>3</sub>	4,0	mm
Chiều sâu rãnh phay	h	4,0	mm
Chiều dài từ đầu rãnh xoắn đến lỗ trích khí	l <sub>φ</sub>	254	mm
Thời gian đầu đạn chuyển động trong nòng	t <sub>0</sub>	1300.10 <sup>-6</sup>	s
Thời gian đầu đạn chuyển động tới lỗ trích khí	t <sub>φ</sub>	935.10 <sup>-6</sup>	s
Áp suất đầu nòng	p <sub>d</sub>	460	kG/cm <sup>2</sup>
Áp suất khí đầu đạn qua lỗ trích khí	p <sub>φ</sub>	953	kG/cm <sup>2</sup>
Tốc độ đạn chuyển động tại lỗ trích khí	V <sub>φ</sub>	666	m/s
Trọng lượng Piston và bệ khoá	Q <sub>p</sub>	0,81	kG
Đường kính piston	d <sub>p</sub>	17,3	mm
Khe hở giữa piston và buồng khí	Δdp	0,2	mm
Thể tích ban đầu của buồng khí	w <sub>φ</sub>	1,57	cm <sup>3</sup>
Độ dài hành trình chuyển động của piston trong buồng khí	X	21	mm
Hệ số cứng lò xo đẩy về	C	50	kG/m
Lực nén ban đầu của lò xo đẩy về	Π <sub>0</sub>	4	kG
Hệ số ma sát trên đường chuyển động	f	0,1	

**2.1.3. Kết quả tính**

Có nhiều cách tính áp suất trong nòng súng nhưng để cho kết quả nhanh và chính xác ta dùng phần mềm Matlab. Phần mềm chuyên dùng này để tính áp suất trong lòng nòng súng với bộ thông số trên ta thu được kết quả thể hiện trên đồ thị hình 2, 3.



Hình 2. Đường đặc tính áp suất khí thuốc và vận tốc đầu đạn theo quãng đường



Hình 3. Đường đặc tính áp suất khí thuốc và vận tốc đầu đạn theo thời gian

Một số giá trị đặc biệt đó là: P<sub>max</sub> = 2844 kG/cm<sup>2</sup>; p<sub>φ</sub> = 953 kG/cm<sup>2</sup>, v<sub>φ</sub> = 666m/s; P<sub>d</sub> = 436,8 kG/cm<sup>2</sup>; V<sub>d</sub> = 726 m/s; t<sub>d</sub> = 1300.10<sup>-6</sup>s. Nhìn vào đồ thị ta thấy:

- Áp suất lớn nhất p<sub>max</sub> = 2844KG/cm<sup>2</sup> so với áp suất lớn nhất lý thuyết p<sub>maxlt</sub> = 2800KG/cm<sup>2</sup>, sai số 44kG/cm<sup>2</sup> tương đương 1,6%.

- Vận tốc đạn tại miệng nòng V<sub>d</sub> = 726m/s so với sơ tốc đầu nòng V<sub>0</sub> = 735m/s, sai số 9 m/s tương đương 0,98 %.

- Ta thấy sai số trong quá trình tính toán so với lý thuyết là do quá trình chọn tương đối một số thông số đầu vào như K, l<sub>k</sub>, 2e<sub>1</sub>, δ..... kiểu dáng đồ thị đồng dạng với kiểu dáng đồ thị lý thuyết công bố trong [3, 7, 8]..

**2.2. Quan hệ giữa áp suất buồng khí và độ rộng lỗ trích khí**

**2.2.1. Đặc điểm kết cấu buồng khí súng trung liên RPĐ**

Buồng khí súng trung liên RPĐ là loại buồng khí hở, có ống điều chỉnh lượng khí thuốc trích từ lòng nòng thông

qua rãnh phay trên thân ống điều chỉnh có các kích thước khác nhau. Do kết cấu như vậy nên trong việc sử dụng, buồng khí súng trung liên RPD sẽ điều chỉnh được ở các trạng thái làm việc khác nhau. Vì vậy việc giải bài toán nhiệt động buồng khí phải tính ở cả ba trạng thái làm việc ứng với 3 rãnh phay trên thân điều chỉnh.

### 2.2.2. Phương pháp giải [6]

Sử dụng phương pháp Bravin để giải bài toán, phương pháp này tính toán sẽ đơn giản và tương đối chính xác. Tác giả Bravin đã đưa ra biểu thức để xác định quy luật áp suất khí thuốc trong buồng khí có dạng:

$$p_b = p_\phi e^{-\frac{t}{B}} \left( 1 - e^{-\frac{t}{B}} \right)$$

a) Công thức tính:

- Hiệu suất  $\eta = \eta_0 \cdot \gamma_0 \cdot \gamma_q \cdot \gamma_{q_0}$ . Từ đó tính ra hệ số  $\alpha$ :

$$\alpha = \frac{\eta}{1 - \eta}$$

- Tính xung áp khí thuốc trong nòng  $l_0$  và hệ số  $B$

$$l_0 = \frac{p_\phi + p_d}{2} \cdot t_n + \frac{p_d}{A}$$

$$B = \frac{l_0}{p_\phi}$$

- Xác định áp suất khí thuốc trong buồng khí và các thông số chuyển động của piston theo các biểu thức:

$$p_b = p_\phi \cdot K_p \quad \text{và} \quad X = \frac{S_p \cdot l_0}{M} \cdot b \cdot K_x = V \cdot b \cdot \frac{K_x}{K_v}$$

$$V = \frac{S_p \cdot l_0}{M} \cdot K_v$$

Sau đó dựng các đồ thị:  $p_b = f(t)$ ;  $V = f(t)$ ;  $X = f(t)$

b) Trình tự tính:

\* Tính các thông số kết cấu (tính diện tích lỗ trích khí do không phải lỗ tròn nên nhân với hệ số  $\mu = 0,85$ )

- Trường hợp rãnh phay 1,5 mm

$$+ \text{Diện tích lỗ trích khí: } S_\phi = 1,5 \cdot 4 \cdot 0,85 = 0,51 [\text{cm}^2]$$

+ Diện tích bề mặt piston:

$$S_p = \frac{\pi d_p^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 1,73^2}{4} = 2,35 [\text{cm}^2]$$

+ Diện tích khe hở xi lanh và piston:

$$\Delta S_p = \frac{n}{4} [(dp + \Delta dp)^2 - dp^2] = 0,58 [\text{cm}^2]$$

$$+ \text{Diện tích tương đối của piston: } \sigma_p = \frac{S_p}{S_\phi} = \frac{2,35}{0,51} = 4,6$$

+ Diện tích tương đối khe hở hướng tâm:

$$\sigma_\Delta = \frac{\Delta S_p}{S_\phi} = \frac{0,58}{0,51} = 1,13$$

+ Thể tích ban đầu của buồng khí:  $3,07 \text{cm}^3$

+ Trọng lượng tương đối của phần chuyển động

$$\sigma_q = \frac{Q_p}{S_p} = \frac{0,81}{2,35} = 0,34 \left[ \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \right]$$

Dựa vào các thông số trên tra bảng từ bảng (4.1) đến (4.4) trang 101 tài liệu [1] được các hệ số, sau khi nội suy ta có:

$$\eta_0 = f(\sigma_p; \sigma_\Delta) = 0,504 \quad \gamma_q = f(\delta_q; \delta_p) = 1,035$$

$$\gamma_0 = f(\sigma_0; \sigma_p) = 0,989 \quad \gamma_{q_0} = f(\delta_q; \delta_0) = 0,998$$

Hiệu suất xung áp buồng khí:  $\eta = \eta_0 \gamma_0 \gamma_q \gamma_{q_0} = 0,522$

$$\text{Hệ số kết cấu buồng khí: } \alpha = \frac{\eta}{1 - \eta} = \frac{0,522}{1 - 0,522} = 1,09$$

- Trường hợp rãnh phay 2,0 mm

Tương tự như tính toán trên trong trường hợp này ta có:

$$\left\{ \begin{array}{l} S_\phi = 0,68 [\text{cm}^2] \\ S_p = 2,35 [\text{cm}^2] \\ \Delta S_p = 0,58 [\text{cm}^2] \end{array} \right. \quad \text{và} \quad \left\{ \begin{array}{l} \sigma_\Delta = 0,85 \\ \sigma_p = 3,45 \\ \sigma_0 = 2,30 \\ \sigma_q = 0,34 \end{array} \right.$$

$$\text{tra bảng, nội suy được: } \left\{ \begin{array}{l} \eta_0 = 0,582 \\ \lambda_0 = 0,98 \\ \gamma_q = 1,033 \\ \gamma_{q_0} = 0,99 \end{array} \right.$$

Hiệu suất xung áp và hệ số kết cấu buồng khí

$$\eta = \eta_0 \cdot \gamma_0 \cdot \gamma_q \cdot \gamma_{q_0} = 0,590$$

$$\alpha = 1,44$$

- Trường hợp rãnh phay 4,0 mm

Tương tự trên ta có:

$$\left\{ \begin{array}{l} S_\phi = 1,35 [\text{cm}^2] \\ S_p = 2,35 [\text{cm}^2] \\ \Delta S_p = 0,58 [\text{cm}^2] \end{array} \right. \quad \text{và} \quad \left\{ \begin{array}{l} \sigma_\Delta = 0,43 \\ \sigma_p = 1,35 \\ \sigma_0 = 1,16 \\ \sigma_q = 0,34 \end{array} \right.$$

$$\text{Nội suy ta được: } \left\{ \begin{array}{l} \eta_0 = 0,69 \\ \gamma_0 = 0,997 \\ \gamma_q = 1,031 \\ \gamma_{q_0} = 1,0 \end{array} \right.$$

Hiệu suất xung áp và hệ số kết cấu buồng khí là:

$$\left\{ \begin{array}{l} \eta = 0,70 \\ \alpha = 2,36 \end{array} \right.$$

c) Tính các thông số ở thời kỳ tác dụng của khí thuốc

- Hệ số đặc trưng cho sự giảm áp suất:

$$A = \sqrt{\frac{2gk}{k-1}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 9,8 \cdot 1,2}{1,2-1}} = 10,94 \left[ \frac{1}{\text{s}} \right]$$

- Hệ số tác dụng của khí thuốc trong thời kỳ tác dụng sau cùng  $\beta$ .

$$\text{Từ } A = \sqrt{\frac{2}{\beta^k} - \beta^{\frac{k+1}{k}}} = 10,94 \text{ vậy } \beta = 342$$

- Thời gian đầu đạn đi từ lỗ trích khí đến đầu nòng:

$$t_n = t_0 - t_\phi = (1300-935) \cdot 10^{-6} = 365 \cdot 10^{-6} \text{ [s]}$$

- Xung áp khí thuốc:

$$I_0 = \frac{1}{2}(p_\phi + p_d)t_n + \frac{p_d}{A}$$

$$= \frac{1}{2}(953 + 460) \cdot 365 \cdot 10^{-6} + \frac{460}{10,49} = 44,11 \left[ \frac{\text{kg.s}}{\text{cm}^2} \right]$$

- Hệ số đặc trưng cho sự giảm áp suất trong nòng từ sau thời điểm đầu đạn qua lỗ trích khí  $B = 0,046$ .

d) Tính thời gian, tốc độ của piston và bộ khóa, áp suất khí thuốc trong buồng khí ở hành trình lùi tự do:

$$\text{- Từ } X = \frac{S_p \cdot I_0}{M} B \cdot K_x \Rightarrow K_x = \frac{X \cdot M}{S_p \cdot I_0 \cdot B}$$

$$= \frac{X \cdot 0,81}{2,35 \cdot 44,11 \cdot 0,046} = 0,17 \cdot X$$

Với M: Khối lượng piston và bộ khóa; X: dịch chuyển của piston trong buồng khí.

- Căn cứ vào  $K_x$  và  $\alpha$ , từ đồ thị  $K_x = f\left\{\alpha, \frac{1}{B}\right\}$  Ta có, với:

$$\alpha = 1,10 \text{ có } \frac{t}{B} = 3, \alpha = 1,44 \text{ có } \frac{t}{B} = 2; \alpha = 2,36 \text{ có } \frac{t}{B} = 1$$

Tra đồ thị  $k_v$  tìm được giá trị  $k_v$  tương ứng là:  $k_{v3} = 0,7$ ;  $k_{v2} = 0,75$ ;  $k_{v1} = 0,9$

- Thời gian, tốc độ chuyển động của bộ khóa và áp suất khí trong buồng khí được tính:  $t = \frac{t}{B[s]} B = \frac{t}{B[s]} 0,046$  ;

$$v = \frac{X}{B} \cdot \frac{K_v}{K_x} \text{ với: } X = 0,01 \text{ (m); } B = 0,046; p_b = p_\phi \cdot$$

$$K_p = e^{-\frac{t}{B}} \left( 1 - e^{-\alpha \frac{t}{B}} \right)$$

- Hiệu chỉnh ảnh hưởng của lực cản.

Sau khi tính được V tiến hành hiệu chỉnh ảnh hưởng của lực cản.

Lực cản trung bình của của lò xo đẩy về:

$$\Pi_{tb} = \pi_0 + \frac{1}{2}CX = 4 + 0,5 \cdot 0,55 \cdot 10 = 4,275$$

$\pi_0 = 4 \text{ kG}$  , C: độ cứng của lò xo  $C = 0,055 \text{ kG/mm}$ ;  $X = 10 \text{ mm}$  (hành trình tự do)

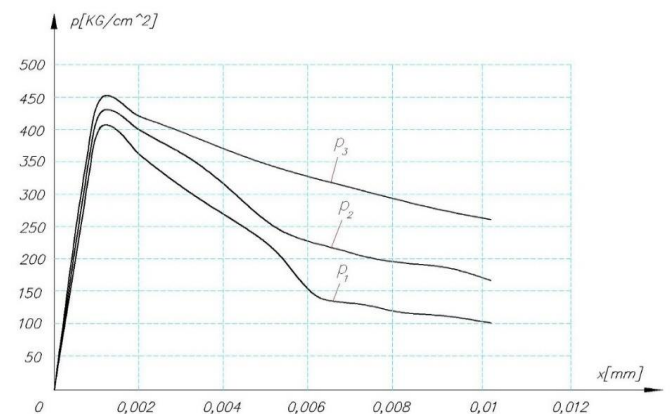
Lực ma sát:  $R = f \cdot Q = 0,1 \cdot 0,81 = 0,081 \text{ [kG]}$  ;

Do đó lượng hiệu chỉnh tốc độ:

$$\Delta V = \frac{g(\Pi_{tb} + R)}{Q} \cdot t = \frac{4,275 + 0,081}{0,81} \cdot 365 \cdot 10^{-6} = 0,0021$$

Tốc độ chuyển động của piston và bộ khóa khi kể đến lực cản:  $\bar{V} = V - \Delta V$

\* Kết quả tính toán áp suất được thể hiện trên đồ thị hình 4.



Hình 4. Đồ thị áp suất khí thuốc trong buồng khí theo chiều dài lùi của bộ khóa

### 3. KẾT LUẬN

- Áp suất khí thuốc trong buồng khí phụ thuộc vào diện tích chảy khí tại các lỗ trích khí xẻ trên thân ống trích khí, trong quá trình sử dụng cần lựa chọn rãnh trích khí phù hợp. Muốn điều chỉnh rãnh trích khí thuốc phải căn cứ vào trạng thái làm việc của súng để chọn rãnh có độ rộng rãnh chảy khí từ 1,5mm; 2,0mm; 4,0mm. Súng mới xuất xưởng dùng rãnh rộng 2mm, sau khoảng 2000 phát bắn dùng rãnh rộng 1,5mm, trường hợp súng kẹt mà vẫn phải dùng thì tạm thời dùng rãnh rộng 4mm nhưng sau đó phải bảo quản và trở về rãnh trước đó.

- Khi cần điều chỉnh phải tuân thủ theo quy tắc hướng dẫn sử dụng, để đảm bảo súng hoạt động trơn tru, không bị kẹt hoặc va đập mạnh, tuyệt đối không điều chỉnh vượt cấp.

- Việc dùng đúng rãnh trích khí góp phần nâng cao tuổi thọ súng cũng như tăng được độ chính xác của phát bắn.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Phạm Huy Chương, 2010. *Cơ sở tính toán thiết kế máy tự động*. NXB QĐND.
- [2]. Trương Tư Hiếu, Ung Sĩ Quyền, 2005. *Trang bị điển hình vũ khí tổng hợp (phần Vũ khí bộ binh)*. Học viện KTQS.
- [3]. Trần Đăng Điện, Trần Văn Doanh, 1998. *Bài tập thuật phóng trong*. Học viện KTQS.
- [4]. Nghiêm Xuân Trình, Nguyễn Quang Lượng, 2015. *Thuật phóng trong*. Học viện KTQS.
- [5]. Nguyễn Quang Lượng, Trần Quốc Trình, 2009. *Số liệu vũ khí - đạn*. Học viện KTQS.
- [6]. A. A. Королев, Баллистика ракетного и ствольного оружия, Волгоград, 2010.
- [7]. A. Бетехин, Газодинамические основы внутренней баллистики, Москва, 1957.
- [8]. Таблицы стрельбы 100-мм противотанковой пушки Т12, Москва, 1980.