ẢNH HƯỞNG MỘT SỐ THÔNG SỐ KẾT CẤU ĐẾN SƠ TỐC CỦA HỆ SÚNG ĐẠN SPG-9

THE INFLUENCE OF SOME STRUCTURAL PARAMETERS TO THE MUZZLE VELOCITY OF THE SPG-9 WEAPON-AMMUNITON SYSTEM

TS. **Mai Xuân Độ**
Trường Đại học Trần Đại Nghĩa

TÓM TẮT

Bài báo nghiên cứu ảnh hưởng sai lệch một số thông số của súng SPG-9: đường kính nòng, chiều dài nòng, các kích thước đường kính trong của buồng đốt, đường kính tới hạn của loa phụt; Ảnh hưởng sai lệch một số thông số của đạn PG-9: Khối lượng đầu đạn, kích thước thuốc phóng, cỡ đạn, lực thuốc phóng đến tản mát sơ tốc. Sai lệch của các thông số được xác định dựa trên dung sai cho trong các tài liệu thiết kế. Mô hình toán học sử dụng để đánh giá là hệ phương trình thuật phóng trong của hệ vũ khí "động học - phản lực" có buồng đốt mở rộng SPG-9. Bài toán được giải bằng phương pháp mô phỏng Monte - Carlo.

Từ khóa: *Súng SPG-9; Đạn PG-9; Tản mát sơ tốc.*

ABSTRACT

The paper studies the influence of some parameters' errors of the SPG-9 recoilless gun, including: the caliber's diameter, the length of barrel, the internal diameter of the chamber, the limited diameter of the nozzle. Moreover, it also surveys the influence of some parameter's errors of PG-9 round, including: the round's weight, the size of the propellant, the round's caliber, the propellant's force. The parameter's errors are determined base on tolerances in design documents. Mathematical model used to evaluate is system of internal ballistic equations of the SPG-9 recoilless gun that is "kinetics - rocket" weapon with the extended chamber. The system of equations is solved by Monte - Carlo simulated method.

Keywords: *SPG-9 recoilless gun; PG-9 round; The muzzle velocity's dispersion.*

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

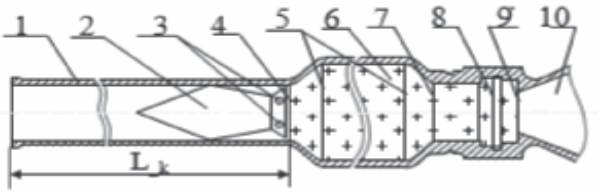
Khi bắn các viên đạn từ các khẩu súng khác nhau sẽ cho sơ tốc không giống nhau mà phân bố trong một phạm vi nào đó. Nguyên nhân là do sai lệch các thông số đặc trưng kết cấu của đầu đạn, của liều phóng, thông số kết cấu của nòng và của buồng đốt… trong một lô hoặc các lô khác nhau.

Bài báo tập trung đánh giá ảnh hưởng của sai lệch khối lượng đầu đạn, kích thước thuốc phóng, cỡ đạn, lực thuốc phóng, đường kính nòng, chiều dài nòng, các kích thước đường kính trong của buồng đốt mở rộng, đường kính tới hạn của loa phụt… đến sơ tốc của hệ súng đạn SPG-9.

2. BÀI TOÁN THUẬT PHÓNG TRONG CỦA HỆ SÚNG ĐẠN

2.1. Các giả thiết và sơ đồ hệ súng đạn

Hệ súng đạn SPG-9 là hệ động học - phản lực có buồng đốt mở rộng; Sơ đồ kết cấu như hình 1. Bài toán thuật phóng trong được xây dựng dựa trên các giả thiết sau [1]: 1) Không có hạt thuốc phóng chưa cháy hết phụt ra ngoài loa phụt, khe hở giữa đạn và thành nòng; 2) Chuyển động của khí thuốc trong loa phụt, lỗ đai, khe hở giữa đạn và thành nòng là chuyển động ổn định; 3) Thời điểm khí thuốc bắt đầu phụt và thời điểm đạn bắt đầu chuyển động xảy ra đồng thời; 4) Thuốc phóng cháy dưới điều kiện áp suất trung bình (áp suất thuật phóng p) theo quy luật cháy hình học, với quy luật tốc độ cháy: : $u = u_1 p^{\upsilon}$; 5) Coi số mũ đoạn nhiệt là không đổi và bằng giá trị trung bình trong khoảng biến đổi nhiệt độ của khí thuốc từ khi thuốc phóng cháy đến khi đạn bay ra khỏi nòng; 6) Các công thứ yếu được tính đến thông qua hệ số tăng nặng , riêng tổn thất nhiệt truyền nhiệt qua thành nòng được tính đến bằng cách giảm lực thuốc phóng hoặc tăng số mũ đoạn nhiệt θ.



Hình 1. Sơ đồ hệ súng đạn SPG-9
1: Thành nòng súng; 2: Đầu đạn; 3: Lỗ đai; 4: Đường kính nòng súng, đường kính trong buồng đốt d_{bd1}; 5: Đường kính trong lớn nhất buồng đốt dbd; 6: Buồng đốt mở rộng; 7: Đường kính trong buồng đốt d_{bd2}; 8: Đường kính trong buồng đốt d_{bd5}; 9: Đường kính tới hạn loa phụt; 10: Loa phụt; L_k: chiều dài nòng súng.

2.2. Hệ phương trình thuật phóng trong hệ súng đạn

Với các giả thiết và sơ đồ hệ súng đạn ở hình 1, dựa trên phương trình thuật phóng trong hệ động - phản lực có buồng đốt mở rộng [1], bổ sung thêm phương trình phụt khí qua lỗ đai, qua khe hở giữa đạn và thành nòng; phương trình chuyển động quay của đạn, ta được hệ gồm 07 phương trình vi phân như sau:

$$1)\ \frac{d\psi}{dt}=\chi.\sigma\frac{dz}{dt};\qquad 2)\ \frac{dz}{dt}=\frac{P}{I_k.\xi};$$

$$3)\ \frac{d\eta}{dt}=\frac{\varphi_2 K_0(S_{th}+S_{dai}+S_{kh}).P}{\omega\sqrt{f.\tau}};$$

$$4)\ \frac{dv}{dt}=\frac{S.p}{\varphi.m};\qquad 5)\ \frac{dl}{dt}=v;\qquad (I)$$

$$6)\ \frac{d\tau}{dt}=\frac{(1-\tau)\frac{d\psi}{dt}-\Theta.\tau.\frac{d\eta}{dt}-\frac{\Theta.\varphi.m}{f.\omega}.v.\frac{dv}{dt}}{\psi-\eta};$$

$$7)\ \frac{dr}{dt}=\frac{1}{J_{cđ}}.(M_q-M_{ms}).$$

Hệ phương trình vi phân (I) với điều

kiện ban đầu: tại thời điểm $t = t_0$, có:

$$\psi = \psi(t_0);\ z = z(t_0);\ \eta = \eta(t_0);\ v = v(t_0);$$

$$l = l(t_0);\ \tau = \tau(t_0);\ r = r(t_0).$$

Giải hệ phương trình vi phân trên cần một số đẳng thức phụ:

$$S = S_{nong} - (S_{dai} + S_{kh});\ \Theta = k - 1;...$$

Trong đó: χ - đặc trưng hình dạng của thuốc phóng; ψ - lượng thuốc phóng tương đối đã cháy; z - bề dày cháy tương đối của thuốc phóng; η - lượng khí phụt ra ngoài; φ_2 - hệ số tổn hao luồng phụt; S_{th} - diện tích tiết diện tới hạn của loa phụt; $S_{đai}$ - diện tích của lỗ phụt trên đai; $_{Skh}$ - diện tích khe hở giữa đạn và thành nòng; S - diện tích đáy đạn mà khí thuốc tác dụng; p - áp suất khí thuốc trong lòng nòng; φ - hệ số tăng nặng; m - khối lượng đầu đạn; v - vận tốc đạn; l - quãng đường đạn chuyển động; q - trọng lượng đầu đạn; ω - trọng lượng thuốc phóng; Snong - diện tích tiết diện ngang lòng nòng; M_q - mô men quay do khí phụt qua lỗ nghiêng trên đạn; M_{ms} - mô men do ma sát giữa đai định tâm của đạn và lòng nòng khi đạn chuyển động quay trong nòng.

3. ẢNH HƯỞNG CÁC THÔNG SỐ ĐẾN CHỈ TIÊU TẢN MÁT SƠ TỐC CỦA ĐẠN

Để đánh giá ảnh hưởng của sai số các thông số cấu tạo đến sơ tốc của đạn, tiến hành các phát bắn mô phỏng hệ súng đạn SPG-9 bằng phương pháp Monte - Carlo. Mô hình toán học mô tả quá trình bắn là hệ phương trình thuật phóng trong (I). Sai lệch của các thông số cấu tạo được xác định dựa trên dung sai của súng và đạn SPG-9 do Việt Nam sản xuất. Để gán giá trị ngẫu nhiên cho các đại lượng ngẫu nhiên có trong hệ phương trình (I), ta sử dụng các hàm lập sẵn [2]. Tiến hành n phát bắn mô phỏng, ta thu được n giá trị vận tốc v_0. Để đánh giá tản mát của sơ tốc v_0, dùng sai số trung gian tản mát r_{v0}, có quan hệ với độ lệch chuẩn σ_{v0}:

$$r_{v0} = 0{,}6745\sigma_{v0} \quad (1)$$

Độ lệch chuẩn:

$$\sigma_{v_0} = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(\bar{v}_0 - v_{0i})^2} \quad (2)$$

Vận tốc ban đầu trung bình $\bar{v}_0$ được xác định:

$$\bar{v}_0 = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} v_{0i} \quad (3)$$

Các giá trị tính theo công thức trên là ước lượng điểm của sơ tốc cho mô phỏng cụ thể nên ta cần xét khoảng tin cậy (KTC) của ước lượng (UL). Khi coi sơ tốc tuân theo luật phân bố chuẩn, KTC đối xứng của kỳ vọng toán với độ tin cậy (1-α) được xác định [2]:

$$\left(\bar{v}_0 - \frac{\sigma_{v_0}}{\sqrt{n}} u_{1-\alpha/2};\ \bar{v}_0 + \frac{\sigma_{v_0}}{\sqrt{n}} u_{1-\alpha/2}\right);$$

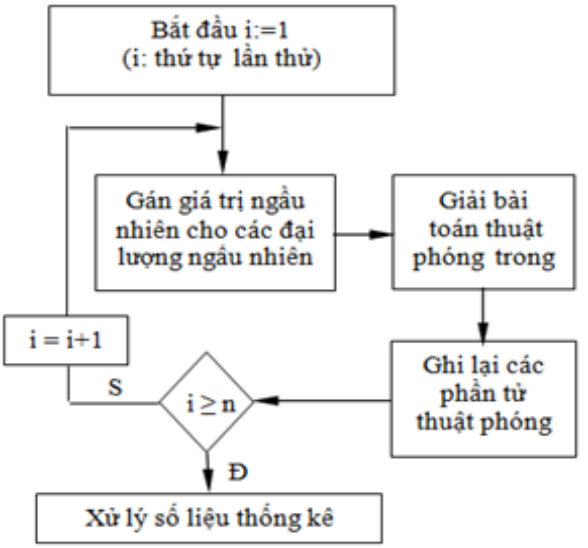
với $u_{1-\alpha/2}$ - phân vị chuẩn mức $\left(1-\alpha/2\right)$.
KTC của phương sai $\sigma^2_{v_0}$ với độ tin cậy (1-α) là:

$$\left(\frac{(n-1)}{\chi^{2\ (n-1)}_{1-\alpha/2}}\sigma^2_{v_0};\ \frac{(n-1)}{\chi^{2\ (n-1)}_{\alpha/2}}\sigma^2_{v_0}\right);$$

với $\chi^{2\ (n-1)}_{1-\alpha/2}$ - phân vị "khi bình phương" (n -1) bậc tự do mức $\left(1-\alpha/2\right)$.

Khi tăng số lượng phép thử n, sẽ tăng độ chính xác của UL, vì vậy cần xác định số lượng phép thử một cách hợp lý. ☞

Việc xác định sai số trung gian sơ tốc do sai lệch của các thông số có thể thực hiện với hai phương pháp mô phỏng ngẫu nhiên [4]:



Hình 2. Sơ đồ mô phỏng ngẫu nhiên

- Phương pháp ảnh hưởng riêng của từng thông số: Đánh giá sai số trung gian tản mát sơ tốc chỉ do sai lệch riêng của từng thông số (hoặc nhóm thông số) j gây nên, các thông số còn lại lấy giá trị trung bình.

- Phương pháp ảnh hưởng của toàn bộ các thông số: Sai số trung gian sơ tốc do sai lệch của thông số (hoặc nhóm thông số) j gây nên $r_{v_{oj}}$ là sai số trung gian toàn bộ (do sai lệch của toàn bộ các tham số gây nên) r_{v0} trừ đi sai số trung gian toàn bộ nhưng thông số j không có sai lệch $r_{v_{oj}}$. Sai số trung gian $r_{v_{oj}}$ được xác định bằng cách tiến hành các phát bắn mô phỏng, các thông số (hoặc nhóm thông số) đều có sai lệch ngẫu nhiên, riêng thông số (hoặc nhóm thông số) j không có sai lệch (lấy giá trị trung bình).

Trong phương pháp xét ảnh hưởng riêng từng thông số, sai số trung gian sơ tốc của đạn $r_{v_{oj}}$ do sai lệch thông số j gây nên được xác định theo công thức:

$$r_{v_{oj}}=0,6745\sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(\bar{v}_0-v_{0i})^2}==0,6745\sigma_{v_{0j}} \quad (4)$$

Từ sai số trung gian $r_{v_{oj}}$, sơ tốc sai lệch riêng của từng thông số sẽ tính được toàn bộ của sơ tốc đạn là bình phương trung bình của các $r_{v_{oj}}$ theo công thức:

$$r_{v_0}=\sqrt{\sum_{j=1}^{q} r_{v_{0j}}^2} \quad (5)$$

Trong đó: q - số lượng các thông số hoặc nhóm các thông số.

Trong phương pháp xét ảnh hưởng của toàn bộ các thông số gây nên, sai số trung gian toàn bộ do sai lệch của thông số j: $r_{v_{oj}}$, được xác định theo cách ngược lại đi từ sai lệch trung gian toàn bộ của sơ tốc $r_{v_{oj}}$:

$$r_{v_{0j}}=\sqrt{r_{v_0}^2-r_{v_{0-j}}^2} \quad (6)$$

Trong đó: $r^2_{v_{oj}}$ - sai số trung gian của sơ tốc khi không xét đến sai lệch của thông số (hoặc nhóm các thông số) j, khi lấy ở giá trị trung bình của các thông số (hoặc nhóm các thông số).

Các thông số được coi là đại lượng ngẫu nhiên có phân bố chuẩn [5-7]. Chương trình máy tính sẽ sử dụng hàm tạo số ngẫu nhiên để đưa ra 500 bộ dữ liệu (cỡ mẫu ngẫu nhiên: n = 500). Với cỡ mẫu n = 500, độ rộng của KTC đối xứng là 10%, ứng với độ tin cậy (1-α) = 0,95. Mỗi bộ dữ liệu gồm:

Về đạn: m - khối lượng đầu đạn; d - cỡ đạn; $2e_1$ - bề dày cháy; 2b - bề rộng lá thuốc phóng; 2c - chiều dài thuốc phóng; f_0 - lực thuốc phóng.

Về súng: d - đường kính nòng; L_k - chiều dài nòng súng; d_{bd1} - đường kính trong buồng đốt; d_{bd} - đường kính trong lớn nhất của buồng đốt; d_{bd2} - đường kính trong buồng đốt; d_{bd5} - đường kính trong buồng đốt; d_{th} - đường kính tới hạn loa phụt (Hình 1).

Chương trình thực hiện các phát bắn mô phỏng xác định tản mát sơ tốc theo sơ đồ mô phỏng ngẫu nhiên (Hình 2). Bài toán được giải theo cả hai phương pháp: phương pháp ảnh hưởng riêng của từng thông số, phương pháp ảnh hưởng của toàn bộ các thông số. Qua đó, so sánh kết quả tính tản mát r_{v_0} trong bảng 1.

Kết quả tính toán cho thấy ảnh hưởng của sai lệch nhiệt lượng cháy đến tản mát sơ tốc có giá trị lớn nhất khoảng 41,23÷45,95%. Tiếp đến là ảnh hưởng của sai lệch nhóm thông số cỡ đạn khoảng 11,61÷22,49%. Ảnh hưởng của sai lệch khối lượng đạn khoảng 15,67÷21,92%. Ảnh hưởng của sai lệch tiết diện tới hạn loa phụt khoảng 1,84÷8,02%. Ảnh hưởng của sai lệch các thông số buồng đốt khoảng 5,52÷6,13%. Ảnh hưởng của sai lệch chiều dài của nòng súng khá nhỏ (0,30÷7,41%).

Nguyên nhân của sai khác kết quả là do có tương quan giữa ảnh hưởng riêng của các thông số. Ảnh hưởng của mỗi thông số có chứa sai lệch của các thông số khác.

Bảng 1. Ảnh hưởng của các thông số đến tản mát sơ tốc

STT	Thông số ngẫu nhiên	Mô hình toàn bộ không tính đến các thông số riêng			Theo các thông số riêng	
		$r_{v_{o-j}}$ m/s	$r_{v_{oj}}$ m/s	$\frac{(r_{v_{0j}})^2}{\sum_{j=1}^{7} r_{v_{0j}}^2}$	$r_{v_{oj}}$ m/s	$\frac{(r_{v_{0j}})^2}{\sum_{j=1}^{7} r_{v_{0j}}^2}$
1	m	1,236	0,647	15,67%	0,859	21,92%
2	d	1,279	0,557	11,61%	0,870	22,49%
3	$2e_1$	1,348	0,359	4,82%	0,453	6,09%
	2b					
	2c					
4	f_0	0,832	1,120	45,95%	1,178	41,23%
5	L_k	1,322	0,445	7,41%	0,101	0,30%
6	$d_{th—sung}$	1,316	0,463	8,02%	0,249	1,84%
7	$d_{—sung}$	1,341	0,384	5,52%	0,454	6,13%
	d_{bd1}					
	d_{bd}					
	d_{bd2}					
	d_{bd2}					
8	Tất cả các thông số	-	-	100%	1,395	100%

Qua bảng 1 thấy rằng các phương pháp tính toán khác nhau sẽ thu được các đánh giá khác nhau về ảnh hưởng của các thông số.

Sự khác nhau theo bảng 1 đối với các thông số đặc trưng năng lượng khoảng 4%.

4. KẾT LUẬN

Bài toán thuật phóng trong của hệ súng đạn SPG-9 gồm các phương trình cơ bản theo [1] và được bổ sung thêm hệ phương trình phụt khí qua lỗ đai, qua khe hở giữa đạn và thành nòng, ma sát do chuyển động quay của đạn trong nòng. Nhờ đó, bài toán sát với thực tế hơn.

Kết quả tính toán cho thấy ảnh hưởng của sai lệch nhiệt lượng cháy đến chỉ tiêu tản mát sơ tốc có giá trị lớn nhất khoảng 41,23÷45,95%. Ảnh hưởng của sai lệch chiều dài của nòng súng khá nhỏ (0,30÷7,41%).

Mô hình đánh giá tản mát sơ tốc nêu trên có thể áp dụng chung cho các loại vũ khí chống tăng theo nguyên lý "động học - phản lực". ❖

Ngày nhận bài: **25/5/2022**
Ngày phản biện: **03/6/2022**

Tài liệu tham khảo:

[1]. Nguyễn Ngọc Du, Đỗ Văn Thọ (1976); *Thuật phóng trong của súng pháo,* Trường Đại học Kỹ thuật Quân sự.

[2]. Trần Lộc Hùng (1997); *Cơ sở mô phỏng ngẫu nhiên,* NXB. Giáo dục, Hà Nội.

[3]. Nguyễn Văn Hộ (2009); *Xác suất thống kê,* NXB. Giáo dục, Hà Nội.

[4]. Г.В. Лепеш, А.Г. Ховрин (1997), "*Основы прогнозирования и обеспечения заданных характеристик рассеивания снарядов на этапах проектирования и эксплуатации артиллерийских систем*", Кучность - 97, (Сборник докладов всероссийской научно - практической конференции), Санкт-Петербург.

[5]. Nhà máy Z125 (2019); *Bản vẽ gia công chế tạo súng SPG-9*, Tổng cục Công nghiệp Quốc phòng.

[6]. Nguyễn Ngọc Chương, Nguyễn Phúc Linh, Nguyễn Duy Cường (2010); *Thiết kế đạn lựu phóng chống tăng xuyên lõm,* Tổng cục Công nghiệp Quốc phòng.

[7]. Trần Văn Địch (2003); *Nghiên cứu độ chính xác gia công bằng thực nghiệm,* NXB. Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.