

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA CHIỀU DÀI NÒNG ĐẾN MỘT SỐ ĐẶC TÍNH THUẬT PHÓNG TRONG CỦA SÚNG NGẮN CỠ 7,62 mm

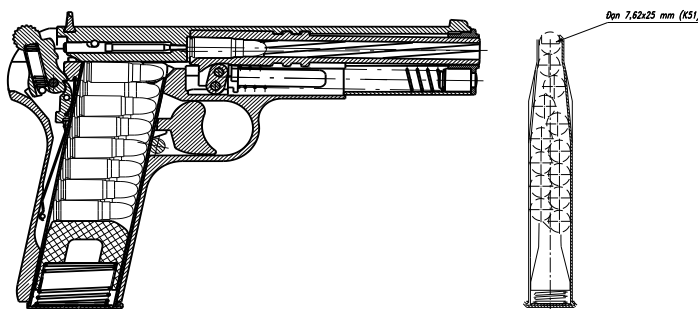
Nguyễn Văn Dũng, Nguyễn Văn Hưng*

Tóm tắt: Bài báo tập trung xây dựng một mô hình toán học để nghiên cứu ảnh hưởng của chiều dài nòng đến áp suất miệng nòng, sơ tốc đầu đạn, và thời gian đạn chuyển động trong lòng nòng. Mô hình được áp dụng để tính toán cho súng ngắn 7,62 mm K54 với các 03 chiều dài nòng khác nhau là 116 mm (súng ngắn 7,62 mm K54 nguyên bản), 120 mm và 127 mm (súng ngắn 7,62 mm K14VN). Sai lệch lớn nhất giữa kết quả tính toán của mô hình xây dựng và kết quả giải hệ phương trình vi phân thuật phóng trong lớn nhất là 1,69% (đối với áp suất tại miệng nòng) và 0,25% (đối với sơ tốc); đồng thời giá trị sơ tốc của súng ngắn 7,62 mm K54-VN và 7,62 mm K14VN được so sánh với kết quả thực nghiệm. Các kết quả so sánh đã chứng minh độ tin cậy của mô hình.

Từ khóa: Thuật phóng trong; Chiều dài nòng; Súng ngắn; Đạn 7,62x25 mm; Súng ngắn 7,62 mm K14VN; 7,62 mm K54.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Súng ngắn là loại súng cầm tay nòng ngắn có thể được giữ và sử dụng bằng một tay, trang bị cho cá nhân chiến đấu và tự vệ ở cự ly gần. Chủng loại và mẫu mã của các loại súng ngắn rất đa dạng với các cỡ nòng khác nhau (7,62 mm; 9 mm, ...), chiều dài nòng khác nhau, ... Hiện tại, Việt Nam đã làm chủ công nghệ sản xuất một số loại súng ngắn cỡ 7,62 mm theo nguyên lý của súng ngắn 7,62 mm TT-33 (7,62 mm K54) [1]. Đặc biệt Việt Nam đã cải tiến và cho ra đời súng ngắn 7,62 mm K14VN (hình 1) có chiều dài nòng 127 mm và hộp tiếp đạn có hai dãy. Chiều dài nòng của súng ngắn 7,62 mm K14VN dài hơn 11 mm so với chiều dài nòng tiêu chuẩn của súng ngắn 7,62 mm K54 [2], do đó, sẽ làm thay đổi tính năng chiến kỹ thuật cũng như các đặc tính thuật phóng trong của súng. Tuy nhiên, các giá trị thay đổi cụ thể còn chưa được nghiên cứu và công bố tại Việt Nam. Mới chỉ có một số công trình của nước ngoài quan tâm đến vấn đề này bằng phương pháp thực nghiệm [3-5].



Hình 1. Súng ngắn 7,62 mm K14VN.

Để có thêm cơ sở khoa học nghiên cứu ảnh hưởng của chiều dài nòng đến áp suất miệng nòng, sơ tốc đầu đạn, và thời gian đạn chuyển động trong lòng nòng, bài báo sẽ trình bày một mô hình toán học nghiên cứu về vấn đề này. Đối tượng tính toán trong bài báo là súng ngắn cỡ 7,62 mm. Kết quả tính toán của mô hình trong bài báo sẽ được so sánh với kết quả giải hệ phương trình vi phân thuật phóng trong (TPT) và kết quả thực nghiệm của súng ngắn 7,62 mm K54-VN và 7,62 mm K14VN để đánh giá sự phù hợp của mô hình xây dựng được.

2. XÂY DỰNG MÔ HÌNH

Bên cạnh các giả thiết khi nghiên cứu thuật phóng trong của súng pháo thông thường [6], để xây dựng được mô hình các tác giả sử dụng thêm giả thiết: thuốc phóng cháy hết hoàn toàn trước

khi đầu đạn ra khỏi miệng nòng. Theo đó, sự thay đổi áp suất trong lòng nòng và vận tốc đầu đạn theo quãng đường chuyển động của đầu đạn được biểu diễn như hình 2.

Các ký hiệu biểu diễn ở đồ thị hình 2 như sau:

p_{dn} - Áp suất tại thời điểm đầu đạn ra khỏi miệng nòng đối với nòng;

v_{dn} - Vận tốc đầu đạn tại miệng nòng (sơ tốc đầu đạn);

l - Chiều dài nòng ban đầu; Δl - Chiều dài đoạn nòng dài thêm;

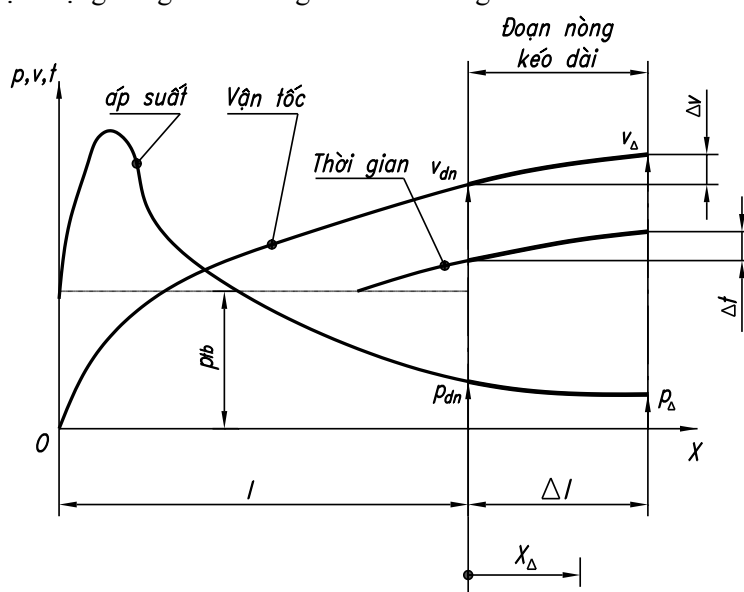
x_{Δ} - Quãng đường chuyển động của đầu đạn trong đoạn nòng dài thêm tại thời điểm t ;

Δv - Chênh lệch vận tốc đầu đạn khi tăng chiều dài nòng;

v_{Δ} - Vận tốc đầu đạn tại miệng nòng khi đã tăng chiều dài nòng lên Δl ;

Δp - Chênh lệch áp suất tại miệng nòng khi tăng chiều dài nòng;

p_{Δ} - Áp suất tại miệng nòng khi đã tăng chiều dài nòng lên Δl .



Hình 2. Sự thay đổi áp suất trong lòng nòng và vận tốc đầu đạn theo quãng đường chuyển động của đầu đạn.

2.1. Ảnh hưởng của chiều dài nòng đến áp suất khí thuốc

Với giả thiết thuốc phóng cháy hết trước khi đầu đạn ra khỏi miệng nòng, ta có:

$$p.V^{\gamma} = \text{constant} \quad (1)$$

Trong đó: p - Áp suất trong lòng nòng; γ - Chỉ số đa biến; V - Thể tích trong lòng nòng phía sau đầu đạn. Thể tích này bao gồm thể tích buồng đạn, thể tích đoạn trụ lòng nòng phía sau đầu đạn và thể tích riêng của khí thuốc như công thức sau:

$$V = V_B + A.l - \eta.\omega \quad (2)$$

Trong đó: V_B - Thể tích buồng đạn; A - Diện tích mặt cắt ngang lòng nòng; l - Quãng đường chuyển động của đầu đạn trong lòng nòng; η - Lượng cộng tích khí thuốc; ω - Khối lượng liều phóng.

Công thức (2) có thể viết lại như sau:

$$V = \frac{\omega}{\Delta} + A.l - \eta.\omega = A.l + \omega \left(\frac{1}{\Delta} - \eta \right) \quad (3)$$

Tuy nhiên, giá trị của $\omega\left(\frac{1}{\Delta}-\eta\right)$ thường rất nhỏ, do đó $V \approx A.l$. Như vậy, khi nòng súng dài thêm một đoạn Δl thì:

$$p_{\Delta} \cdot [A(l+x_{\Delta})]^{\gamma} = p_{dn} \cdot (A.l)^{\gamma} \quad (4)$$

Trong đó: p_{Δ} - Áp suất khí thuốc trong lòng nòng tại thời điểm đầu đạn chuyển động được quãng đường $l+x_{\Delta}$.

Như vậy, mối quan hệ giữa áp suất trong lòng nòng với chiều dài nòng tăng lên được tính theo công thức:

$$p_{\Delta} = p_{dn} \cdot \left(1 + \frac{x_{\Delta}}{l}\right)^{-\gamma} \quad (5)$$

Tại thời điểm đầu đạn rời khỏi miệng nòng (khi đã tăng chiều dài nòng) thì áp suất đạt được là:

$$p_{\Delta dn} = p_{dn} \cdot \left(1 + \frac{\Delta l}{l}\right)^{-\gamma} \quad (6)$$

2.2. Ảnh hưởng của chiều dài nòng đến vận tốc đầu đạn và thời gian đạn chuyển động trong nòng

Theo định luật bảo toàn động lượng ta có:

$$A.p_{\Delta}.dt = m^{*}.dv$$

hay

$$dv = \frac{A.p_{\Delta}}{m^{*}}.dt \quad (7)$$

$$m^{*} = m_p + \xi.\omega$$

với m_p - Khối lượng đầu đạn; ξ - Hệ số ảnh hưởng khối lượng của thuốc phóng.

Thay dt bằng $\frac{dx_{\Delta}}{v}$ vào (7), ta được:

$$v.dv = \frac{A.p_{\Delta}}{m^{*}}.dx_{\Delta} \quad (8)$$

Thay p_{Δ} từ (5) vào (8) rồi tiến hành tích phân với cận của v từ v_{dn} đến $v_{dn} + \Delta v$, và cận của x_{Δ} từ 0 đến Δl , ta được:

$$\frac{v_{dn}^2}{2} \left[\left(1 + \frac{\Delta v}{v_{dn}}\right)^2 - 1 \right] = \frac{A.p_{dn}}{m^{*}} \cdot \frac{l}{(1-\gamma)} \cdot \left[\left(1 + \frac{\Delta l}{l}\right)^{1-\gamma} - 1 \right] \quad (9)$$

Mặt khác, nếu ký hiệu p_{tb} là áp suất trung bình trong lòng nòng thì theo [6] và định luật bảo toàn năng lượng ta có:

$$E_G = p_{tb}.Al \approx E_1 = \frac{m_p + 0,5.\omega}{2} v_{dn}^2 \quad (10)$$

Trong đó: E_G - Công thực hiện bởi khí thuốc; E_1 - Năng lượng tại miệng nòng. Thay (10)

vào (9) rồi biến đổi, cuối cùng ta nhận được công thức tính sơ tốc đầu đạn khi tăng chiều dài nòng như sau:

$$\frac{\Delta v}{v_{dn}} = \sqrt{1 + \frac{p_{dn}}{p_{tb}} \cdot \frac{1}{(1-\gamma)} \cdot \left[\left(1 + \frac{\Delta l}{l} \right)^{1-\gamma} - 1 \right]} - 1 \quad (11)$$

Thời gian đạn chuyển động quan đoạn kéo dài của nòng được tính theo công thức:

$$\Delta t = \int_0^{\Delta l} \frac{dx_A}{v} = \frac{1}{v_{dn}} \int_0^{\Delta l} \left\{ 1 + \frac{p_{dn}}{p_{tb}} \cdot \frac{1}{1-\gamma} \cdot \left[\left(1 + \frac{\Delta l}{l} \right)^{1-\gamma} - 1 \right] \right\}^{-\frac{1}{2}} \cdot dx_A \quad (12)$$

Như vậy, các công thức (6), (11), (12) biểu diễn sự thay đổi của áp suất khí thuốc, vận tốc đầu đạn và thời gian đầu đạn chuyển động trong đoạn kéo dài nòng khi tăng chiều dài nòng.

3. KẾT QUẢ TÍNH TOÁN

Mô hình xây dựng ở trên được áp dụng tính toán với các thông số của đạn 7,62×25 mm Tokarev bắn trên súng ngắn 7,62 mm K54 với các 03 chiều dài nòng khác nhau: Nòng dài 116 mm (nguyên bản của súng K54), nòng dài 120 mm (nòng thuật phóng chuẩn theo [1]). Quá trình tính toán được thực hiện trong bài báo như sau: Đầu tiên, các tác giả sử dụng mô hình và hệ phương trình thuật phóng trong theo lý thuyết nhiệt động lực học trong [7] để tính toán đưa ra số liệu thuật phóng ban đầu. Sau đó áp dụng mô hình đã xây dựng ở trên để nghiên cứu khi chiều dài nòng tăng lên lần lượt là 4 mm và 11 mm. Một số thông số đầu vào để tính toán thuật phóng trong như bảng 1.

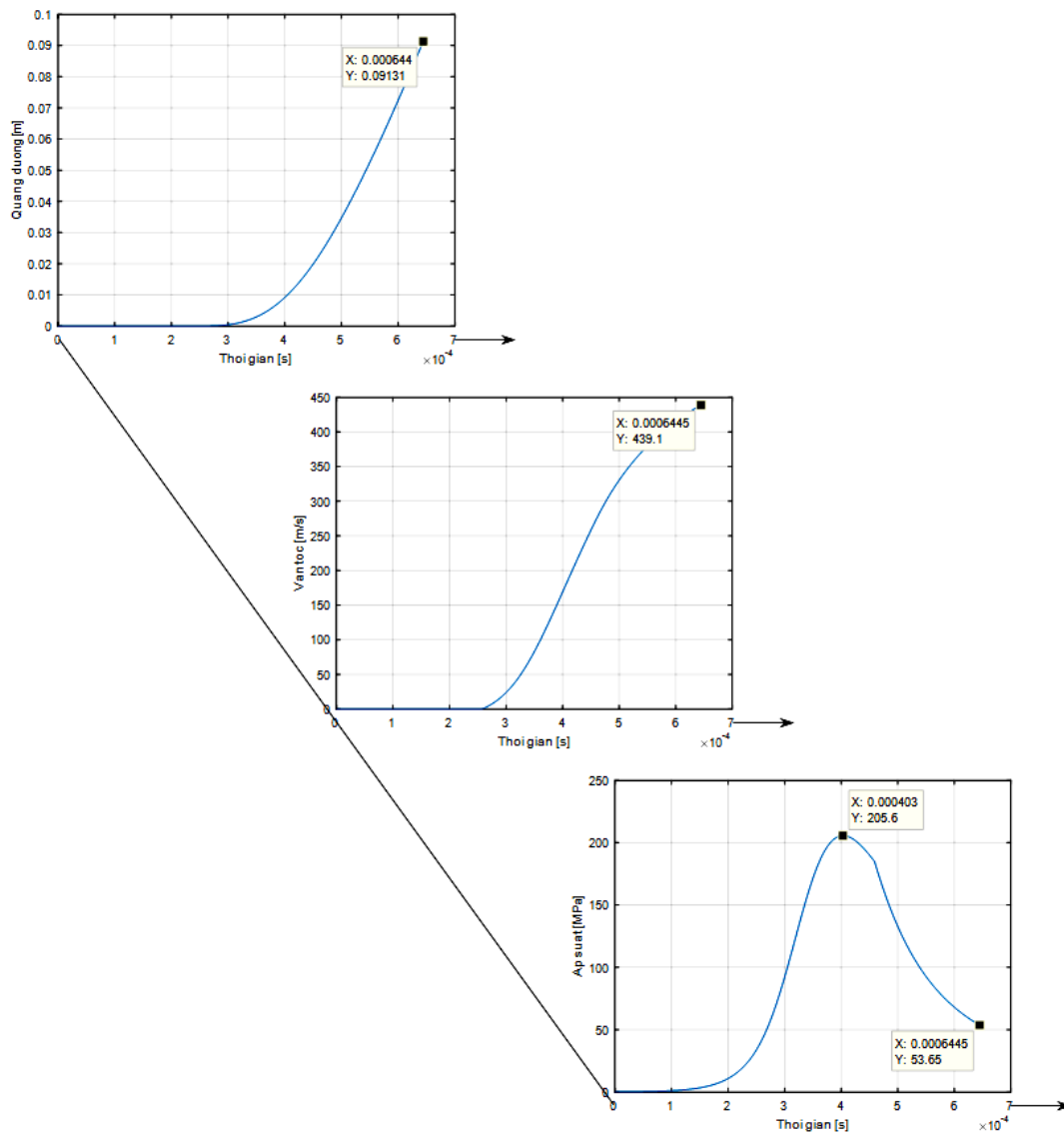
Bảng 1. Thông số đầu vào để tính toán thuật phóng trong khi nòng dài 116 mm.

Thông số	Đơn vị	Giá trị
Cỡ nòng	m	$7,62 \cdot 10^{-3}$
Thể tích ban đầu của buồng đốt	m ³	$9 \cdot 10^{-7}$
Quãng đường đầu đạn chuyển động trong lòng nòng	m	0,0926
Khối lượng thuốc phóng	kg	$5,46 \cdot 10^{-3}$
Mật độ nhồi	Kg/m ³	$0,61 \cdot 10^3$
Nhiệt độ môi cháy thuốc phóng	K	3275

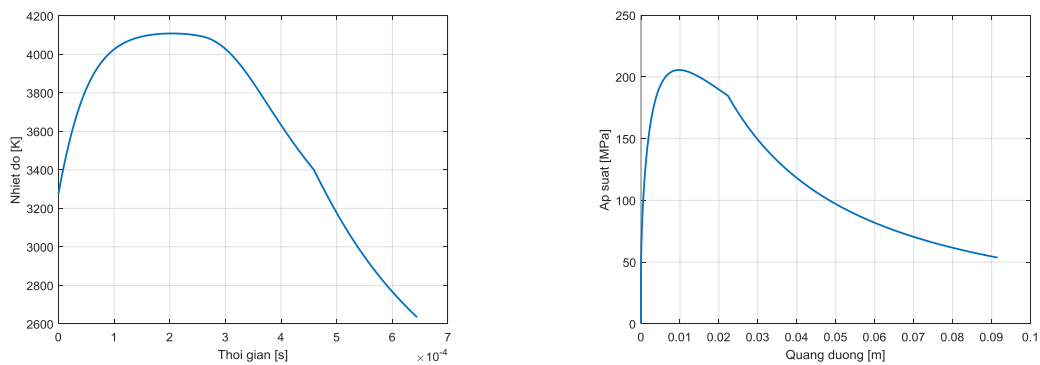
Quá trình giải được thực hiện bằng thuật giải ODE45 trong phần mềm MATLAB. Kết quả tính toán thuật phóng trong đối với nòng dài 116 mm được thể hiện như bảng 2 và hình 3, hình 4, hình 5.

Bảng 2. Kết quả tính toán thuật phóng trong khi nòng dài 116 mm.

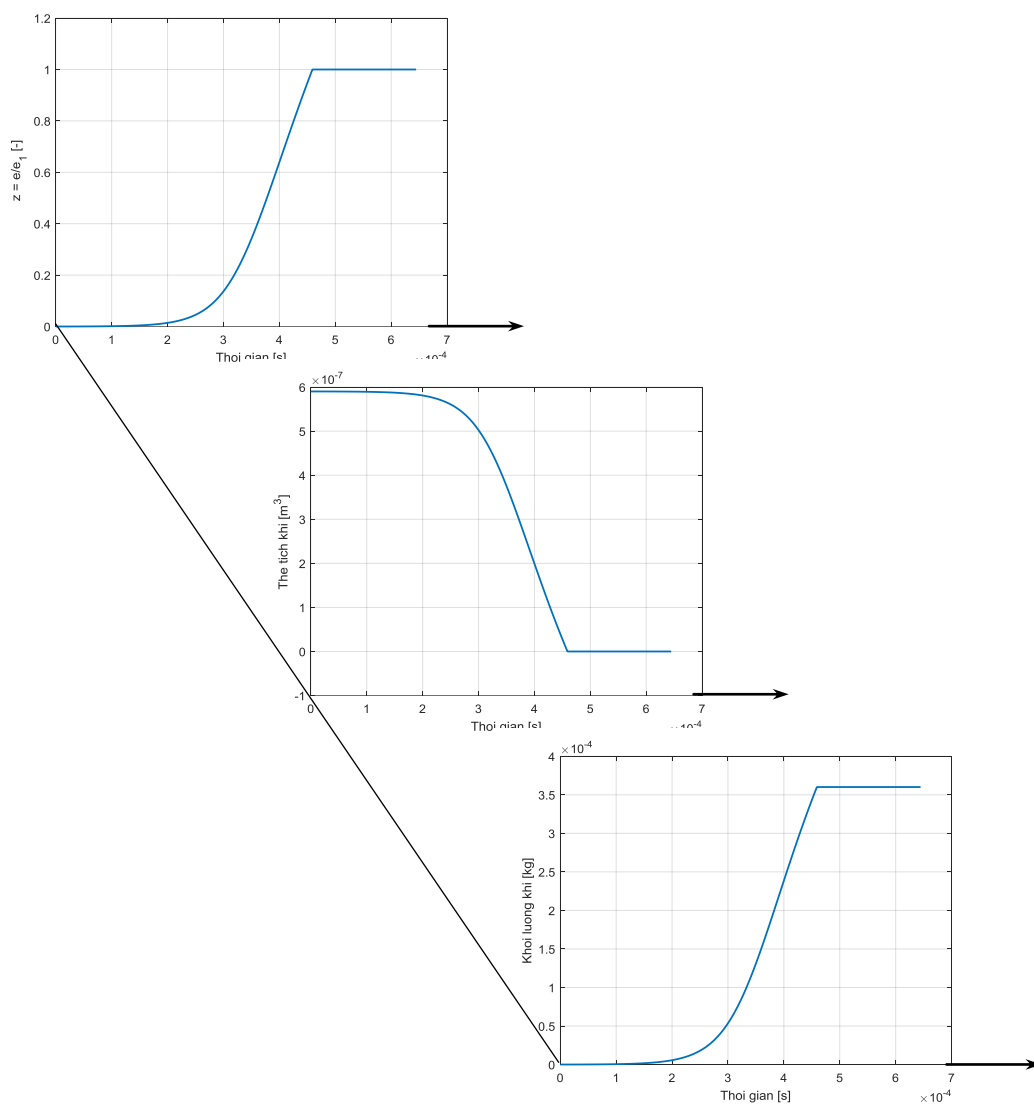
Thông số	Đơn vị	Giá trị
Áp suất lớn nhất trong lòng nòng	MPa	205,6
Áp suất tại miệng nòng	MPa	53,65
Vận tốc đầu đạn tại miệng nòng	m/s	439,1
Thời gian đầu đạn chuyển động trong nòng	s	$0,64 \cdot 10^{-3}$
Áp suất trung bình trong lòng nòng	MPa	79,25



Hình 3. Sự thay đổi quãng đường chuyển động, vận tốc đầu đạn và áp suất trong lòng nòng theo thời gian.

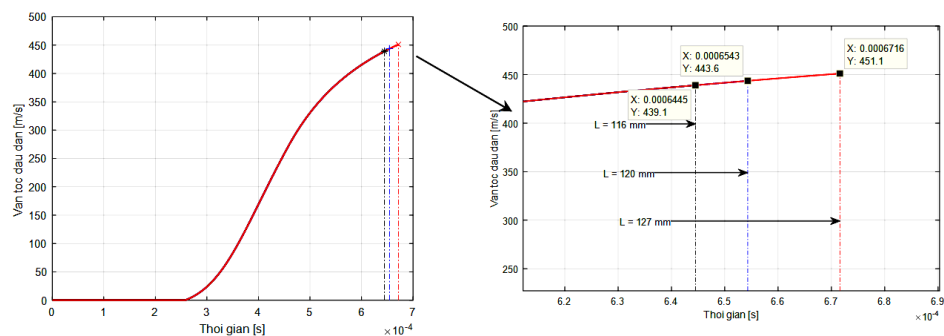


Hình 4. Sự thay đổi nhiệt độ trong lòng nòng theo thời gian và áp suất khí thuốc theo quãng đường chuyển động của đạn trong lòng nòng.

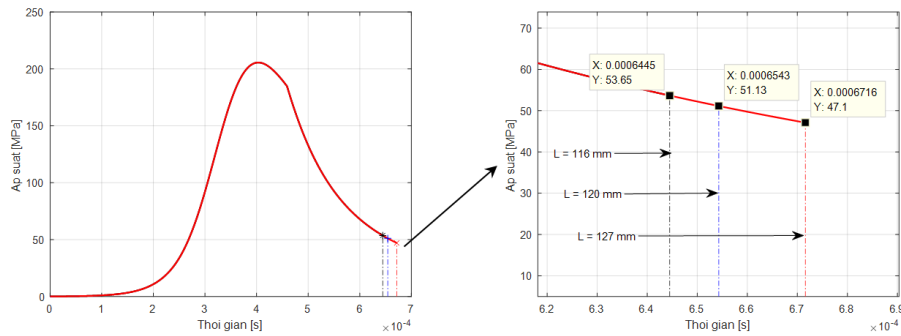


Hình 5. Sự thay đổi bề dày cháy tương đối của thuốc phóng; thể tích liều phóng khối lượng khí thuốc sinh ra theo thời gian.

Sau khi tính toán đối với nòng dài 116 mm, tiếp tục chạy lại chương trình thuật phóng trong với số liệu chiều dài nòng mới là 120 mm và 127 mm, ta được vận tốc đầu đạn và áp suất tại miệng nòng như hình 6, hình 7.



Hình 6. Vận tốc đầu đạn với các chiều dài nòng khác nhau khi tính bằng hệ phương trình TPT.



Hình 7. Áp suất với các chiều dài nòng khác nhau khi tính bằng hệ phương trình TPT.

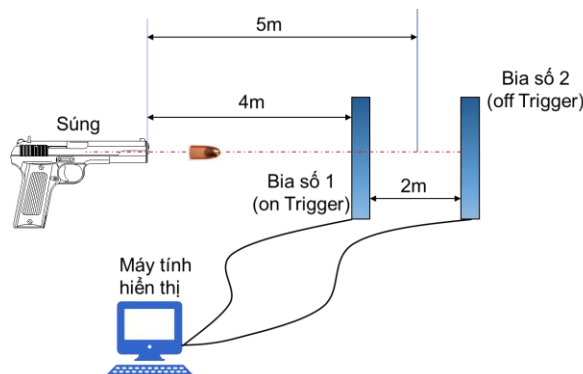
Tiến hành áp dụng các công thức đã được xây dựng ở trên đối với nòng dài 120 mm và nòng dài 127 mm, rồi so sánh với kết quả giải hệ phương trình vi phân thuật phóng trong ta được kết quả như bảng 3.

Bảng 3. Áp suất đầu nòng và sơ tốc với các chiều dài nòng khác nhau.

Thông số	<i>L</i> = 116 mm	<i>L</i> =120 mm			<i>L</i> = 127 mm		
	Theo hệ phương trình TPT [7]	Tính theo hệ phương trình TPT [7]	Tính theo (6) và (11)	Sai lệch	Theo hệ phương trình TPT [7]	Tính theo (6) và (11)	Sai lệch
Áp suất tại miệng nòng (Mpa)	53,65	51,13	51,43	0,3 (0,58%)	47,1	47,91	0,81 (1,69%)
Sơ tốc đầu đạn (m/s)	439,1	443,6	444,09	0,49 (0,11%)	451,1	452,22	1,12 (0,25%)

4. THỰC NGHIỆM VÀ THẢO LUẬN

Để đánh giá lại độ tin cậy kết quả tính toán giá trị sơ tốc, bài báo tiến hành thực nghiệm đo sơ tốc của đạn 7,62x25 mm bắn trên hai loại súng ngắn 7,62 mm K54 và 7,62 mm K14VN. Sơ đồ bố trí đo sơ tốc đạn như hình 8. Thiết bị dùng để đo sơ tốc đầu đạn là hệ thống đo dùng bia từ Chronograph model 36. Hai bia từ (on Trigger và off Trigger) đặt cách nhau 2 m, bia đầu các miệng nòng 4 m. Từ kết quả đo vận tốc đầu đạn tại vị trí cách miệng nòng 5 m, ta sẽ quy đổi về giá trị sơ tốc đầu nòng theo [9]. Giá trị sơ tốc đo được như bảng 4.



Hình 8. Sơ đồ bố trí thí nghiệm đo vận tốc súng ngắn 7,62 mm K54 và 7,62 mm K14VN.

Bảng 4. Kết quả đo sơ tốc đầu nòng bằng thực nghiệm.

Phát bắn số		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Trung bình	Độ lệch chuẩn (m/s)
Sơ tốc đo được (m/s)	Súng ngắn 7,62 mm K54	444	438	436	407	442	447	422	449	442	431	435.8	12.9
	Súng ngắn 7,62 mm K14VN	455	447	457	436	434	454	452	441	436	440	445.2	8.8

$$\text{Độ lệch chuẩn: } \sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (v_{oi} - \bar{v}_0)^2}.$$

So sánh các kết quả nhận được từ giải hệ phương trình vi phân thuật phóng trong, từ mô hình xây dựng được và từ kết quả thực nghiệm, nhận thấy:

- Về sơ tốc: các kết quả này cho thấy, giá trị sơ tốc thu được từ việc giải hệ phương trình vi phân thuật phóng trong [7] và tính toán theo (11) phù hợp với kết quả thực nghiệm đối với hai loại súng 7,62 mm K54 và 7,62 mm K14VN. Sai lệch lớn nhất giữa các giá trị này là 1,55% (bảng 5).

- Về giá trị áp suất tại miệng nòng: Độ chênh lệch lớn nhất về áp suất giữa kết quả giải hệ phương trình vi phân thuật phóng trong và tính theo (6) chỉ là 1,69%.

Bảng 5. So sánh sơ tốc thực nghiệm với kết quả giải theo hệ phương trình TPT và mô hình xây dựng.

	Súng ngắn 7,62 mm K54 ($L_{\text{nòng}} = 116 \text{ mm}$)			Súng ngắn 7,62 mm K14VN ($L_{\text{nòng}} = 127 \text{ mm}$)					
	Theo hệ phương trình TPT [7]	Thực nghiệm	Sai lệch giữa giải hệ TPT và thực nghiệm	Theo hệ phương trình TPT [7]	Tính theo (6) và (11)	Thực nghiệm	Sai lệch giữa giải hệ TPT và theo (11)	Sai lệch giữa giải hệ TPT và thực nghiệm	Sai lệch giữa tính toán theo (11) và thực nghiệm
Sơ tốc đầu đạn (m/s)	439,1	435,8	3,3 (0,75%)	451,1	452,22	445,2	1,12 (0,25%)	5,9 (1,3%)	7,02 (1,55%)

Những kết quả trên chứng tỏ mô hình toán vừa xây dựng đảm bảo tin cậy và có thể áp dụng để tính toán nhanh các giá trị về sơ tốc, áp suất khi muốn thay đổi chiều dài nòng súng, trong điều kiện không cho phép giải hệ phương trình vi phân thuật phóng trong.

5. KẾT LUẬN

Bài báo đã đưa ra một mô hình để đánh giá sơ bộ ảnh hưởng của chiều dài nòng đến sơ tốc, áp suất đầu nòng và thời gian đầu đạn chuyển động trong nòng với đối tượng nghiên cứu là súng

ngắn cầm tay 7,62 mm K54 và 7,62 mm K14VN. Kết quả tính toán so sánh với kết quả giải hệ phương trình vi phân thuật phóng trong và số liệu thực tế đã chứng minh được tính đúng đắn của mô hình. Mô hình được xây dựng trong bài báo có thể được sử dụng như một phương pháp hiệu quả để thiết kế sơ bộ trong quá trình tính toán, thiết kế súng. Các nghiên cứu tiếp theo sẽ tập trung nghiên cứu ảnh hưởng của chiều dài nòng đến độ chính xác của súng khi bắn.

Lời cảm ơn: Nhóm tác giả cảm ơn sự tài trợ về kinh phí của đề tài cấp Học viện KTQS, mã số 21.DH08.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. https://en.wikipedia.org/wiki/7.62%C3%9725_mm_Tokarev
- [2]. “Tập bản vẽ súng ngắn 7,62 mm K14 VN”, Nhà máy Z111/TCCNQ.
- [3]. Çelikel, Adnan & Günay, Yasemin & Uner, Bulent & Bal, Cengiz. (2012). “The Effect of Barrel Length on Pellet Dispersion”. Turkish Journal of Forensic Medicine. 26. 115-123. 10.5505/adlitip.2012.84803.
- [4]. Mohazzabi, P & Shefchik, B. (2011). “The optimal length of a rifle barrel”. Canadian Journal of Physics. 80. 541-550. 10.1139/p01-147.
- [5]. Maitre, Matthieu & Chiaravalle, Analisa & Horder, Mark & Chadwick, Scott & Beavis, Alison. (2021). “Evaluating the effect of barrel length on pellet distribution patterns of sawn-off shotguns”. Forensic Science International. 320. 110685. 10.1016/j.forsciint.2021.110685.
- [6]. N. N. Du, Đ. V. Thọ. “Thuật phóng trong của súng pháo”. Học viện Kỹ thuật Quân sự (1976).
- [7]. Nguyen, V. H., Dao, V. D., Nguyen, V. D., & Do, D. L. (2021). “A Thermodynamic Model for interior ballistics of an amphibious rifle”. Journal of Science and Technique, (209).
- [8]. “Điều kiện kỹ thuật nghiệm thu súng ngắn 7,62 mm K54”, Nhà máy Z111/TCCNQ.
- [9]. G.A. Danhilin, V.P. Ogorodnicov, A.B. Davolotin, Người dịch: Nguyễn Văn Thuý, Trần Văn Định, Trần Đình Thành (2007), “Cơ sở thiết kế đạn súng bộ binh”, Học viện Kỹ thuật Quân sự.

ABSTRACT

STUDY ON THE EFFECT OF BARREL LENGTH ON SOME INTERIOR BALLISTIC CHARACTERISTICS FOR THE PISTOL IN 7.62 mm CALIBER

This paper focuses on establishing a mathematical model to study the effect of barrel length on the muzzle pressure, the muzzle velocity, and the time the bullet moves in the barrel. This model was applied to the calculation for 7.62 mm K54 pistols with three different barrel lengths of 116 mm (7.62 mm K54 pistol origin), 120 mm, and 127 mm (7.62 mm K14VN pistol). The biggest deviation between the calculated results of the model and the results of solving the system of differential equations of internal ballistic is 1.69% (for the muzzle pressure) and 0.25% (for the muzzle velocity); Besides, the muzzle velocity values were compared with the experimental results for the 7.62 mm K54 VN and 7.62 mm K14VN pistols. The comparison results showed the reliability of the mathematical model.

Keywords: Interior ballistic; Barrel length; Pistol; 7.62x25 mm ammo; 7.62 mm K14VN pistol; 7.62 mm K54 pistol.

Nhận bài ngày 31 tháng 7 năm 2021

Hoàn thiện ngày 08 tháng 9 năm 2021

Chấp nhận đăng ngày 10 tháng 10 năm 2021

Địa chỉ: Học viện Kỹ thuật Quân sự.

**Email:* hungnv_mta@mta.edu.vn.