

NGHIÊN CỨU GIẢI PHÁP TĂNG CHIỀU SÂU XUYÊN GIÁP CỦA ĐẠN SÚNG 7,62x25MM

RESEARCHING SOLUTIONS TO INCREASE THE PENETRATION DEPTH OF 7.62x25MM FIREARM AMMUNITION

Mai Quốc Vương^{1,*},
Đỗ Văn Minh¹, Nguyễn Hải Minh¹

DOI: <https://doi.org/10.57001/huih5804.2024.007>

TÓM TẮT

Với sự phát triển của công nghệ vật liệu cũng như việc tối ưu hóa kết cấu, các loại giáp trang bị cho người lính trên chiến trường ngày càng có khả năng chống xuyên tốt hơn, đảm bảo an toàn cho người sử dụng trước sự tấn công của một số loại đạn súng cầm tay hiện có. Thực trạng trong quân đội ta hiện nay, sỹ quan chỉ huy được trang bị súng ngắn K54 để tiêu diệt mục tiêu sinh lực trong cự ly gần. Vì vậy để tăng khả năng sát thương cho đối phương bằng đạn súng cầm tay, đòi hỏi phải có những giải pháp tối ưu hóa đầu đạn, làm tăng chiều sâu xuyên giáp. Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu giải pháp tăng chiều sâu xuyên giáp của đạn súng 7,62x25mm.

Từ khóa: Chiều sâu xuyên, đạn súng, mục tiêu, sơ tốc.

ABSTRACT

With the development of material technology as well as the optimization of the structure, the armors equipped for soldiers on the battlefield are more and more resistant to penetration, ensuring the safety of users against attacks. Performance of some existing handgun ammunition. In practice in our army today, the commanding officer is equipped with a K54 pistol to destroy physical targets at close range. Therefore, in order to increase the ability to damage the opponent with handgun bullets, it is necessary to have solutions to optimize the warhead, increase the depth of armor penetration. The article presents the results of research on solutions to increase the armor penetration depth of 7.62x25mm gun bullets.

Keywords: Penetration depth, bullets, target, speed.

¹Học viện Kỹ thuật Quân sự

*Email: maiquocvuongk22@gmail.com

Ngày nhận bài: 03/6/2023

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 20/9/2023

Ngày chấp nhận đăng: 20/01/2024

DANH MỤC KÝ HIỆU

d: Cỡ nòng súng (pháo), [dm]

S: Diện tích tiết diện lòng nòng, [dm²]

l: Quãng đường chuyển động lớn nhất của đạn trong nòng, [dm]

ω : Trọng lượng thuốc phóng, [kg]

f: Lực thuốc phóng, [MJ/kg]

χ, λ, μ : Các đặc trưng hình dạng của thuốc phóng

p: Áp suất khí thuốc, [MPa]

V: Tốc độ chuyển động của đạn trong nòng, [m/s]

l: Quãng đường chuyển động của đạn trong nòng, [dm]

t: Thời gian, [s]

ψ : Lượng thuốc phóng đã cháy tương đối

p_{max} : Áp suất lớn nhất của khí thuốc, [MPa]

l: Chiều dài nòng, [m]

m: Khối lượng đầu đạn, [kg]

$\pi(y)$: Hàm áp suất tương đối theo độ cao

θ : Góc nghiêng tiếp tuyến

C_a : Hệ số phóng

μ : Hệ số tiêu hao khối lượng

x, y: Tọa độ của đạn

F(v): Hàm lực cản không khí

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong giai đoạn hiện nay, súng ngắn K54 vẫn đang được sử dụng rộng rãi để trang bị cho sỹ quan trong quân đội nhân dân Việt nam, với mục đích dùng để tiêu diệt sinh lực đối phương trên chiến trường ở cự ly gần khi có chiến tranh xảy ra. Qua một số cuộc chiến tranh, xung đột trên thế giới gần đây cho thấy hiện nay phần lớn binh sỹ tham gia chiến đấu đều được trang bị các loại giáp chống đạn có khả năng chống xuyên rất cao. Vì vậy để tăng hiệu quả tiêu diệt sinh lực đối phương thì việc nghiên cứu tối ưu hóa các thông số của đạn súng để nâng cao chiều sâu xuyên giáp của đạn là hết sức cần thiết.

Để nâng cao chiều sâu xuyên của đạn có thể sử dụng một số giải pháp khác nhau như: tăng sơ tốc đầu đạn, tối ưu hóa hình dạng khí động của đầu đạn làm giảm tổn thất động năng của đạn trên đường bay, nâng cao độ cứng của đầu đạn... Phương pháp làm tăng sơ tốc đầu đạn là một bài toán phức tạp, liên quan đến độ bền nóng súng, khối lượng và kích thước của súng và do đó làm thay đổi tính năng kỹ chiến thuật của súng. Vì vậy để giữ nguyên kết cấu của súng mà

vấn đảm bảo tăng khả năng xuyên giáp cho đầu đạn, một giải pháp được quan tâm nghiên cứu đó là tối ưu hình dạng đầu đạn kết hợp với lựa chọn thuốc phóng hợp lý đạt hiệu suất sử dụng cao nhất mà vẫn đảm bảo độ bền nòng súng.

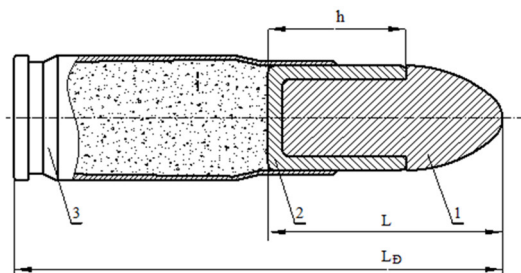
Đối với đạn súng K51 bắn trên súng K54 hiện nay, kết cấu của đầu đạn có nhiều mẫu khác nhau như: Đạn xuyên lõi liên hợp, đạn xuyên 3 cấu tử, đạn vượt tốc, đạn xuyên vỏ bọc một nửa. Trong mỗi loại đạn đều có ưu nhược điểm khác nhau thể hiện thông qua tính năng tác dụng, công nghệ sản xuất và tính kinh tế. Qua phân tích những đặc điểm trên, kết hợp với thực trạng trang bị trong quân đội ta hiện nay cho thấy, đối với loại đầu đạn xuyên vỏ bọc một nửa ưu điểm chính của kết cấu dạng này là rất đơn giản, dễ gia công, khả năng ổn định của đầu đạn trên đường bay tốt hơn so với các kết cấu khác, dễ dàng thay đổi kích thước của lõi xuyên để khảo sát khả năng xuyên giáp của đầu đạn trong các trường hợp khác nhau. Mặc dù kết cấu đơn giản nhưng đủ khả năng phá hủy các lớp giáp ở một khoảng cách nhất định, bên cạnh đó vật liệu chế tạo có giá thành rẻ, thuận lợi trong việc sản xuất hàng loạt và đưa vào trang bị. Tuy nhiên nhược điểm chính của kết cấu đầu đạn này là đạn xuyên bằng cỡ nên chiều sâu xuyên nhỏ hơn các kết cấu khác. Để khắc phục nhược điểm này, bài báo đi vào nghiên cứu khảo sát thay đổi một số tham số đầu đạn K51 loại xuyên vỏ bọc một nửa có lõi thép, vỏ bọc đồng, nhằm đánh giá khả năng nâng cao chiều sâu xuyên của đạn.

2. GIẢI QUYẾT VẤN ĐỀ

2.1. Nghiên cứu ảnh hưởng của một số tham số đầu đạn đến chiều sâu xuyên giáp của đạn 7,62x25mm lõi thép bằng phương pháp số

2.1.1. Xây dựng mô hình khảo sát

Kết cấu của đầu đạn xuyên vỏ bọc một nửa được thể hiện như hình 1.



Hình 1. Cấu tạo đầu đạn xuyên vỏ bọc một nửa

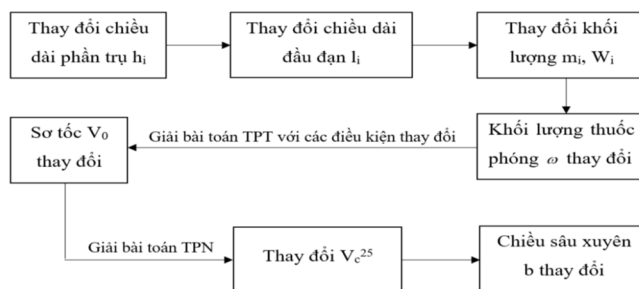
1. Lõi xuyên; 2. Vỏ bọc đồng; 3. Ống liểu

Đối với kết cấu này, đầu đạn bao gồm một lõi xuyên bằng thép (1) được bọc một nửa bằng vỏ đồng (2) vừa để viên đạn cất vào rãnh nòng êm hơn vừa có tác dụng liên kết, cố định lõi xuyên của đầu đạn với ống liểu (3).

Khi khảo sát ảnh hưởng của các tham số đầu đạn đến chiều sâu xuyên, để có thể sử dụng đạn thử nghiệm bắn trên súng K54 trong trang bị mà không phải thay đổi kết cấu của súng, ta chọn phương án giữ nguyên chiều dài tổng thể viên đạn L_D , hình dạng đáy và mũi đạn, chỉ thay đổi chiều dài h của phần trụ đầu đạn.

Từ hình 1 cho thấy, khi chiều dài phần trụ h thay đổi sẽ làm thay đổi chiều dài L của đầu đạn, và do đó làm thay đổi khối lượng m của đầu đạn. Mặt khác khi thay đổi h mà L_D không thay đổi thì thể tích buồng đốt của viên đạn thay đổi, do đó nếu cùng một mật độ nhỏ, khối lượng thuốc phóng sẽ thay đổi theo. Vì vậy bài báo sẽ đi vào nghiên cứu giải pháp tối ưu chiều sâu xuyên của đạn K51 trong trường hợp lựa chọn trước vật liệu lõi xuyên, loại kết cấu đầu đạn, tham số thay đổi là chiều dài phần trụ đầu đạn và mật độ nhỏ của thuốc phóng trên cơ sở đảm bảo độ bền nòng của vũ khí trong trang bị.

Bài toán khảo sát ảnh hưởng của chiều dài phần trụ đầu đạn đến chiều sâu xuyên được thực hiện theo sơ đồ hình 2



Hình 2. Sơ đồ khảo sát ảnh hưởng của chiều dài phần trụ đầu đạn đến chiều sâu xuyên

- Khi thay đổi chiều dài phần trụ đầu đạn, một số đại lượng thay đổi theo:

- + Chiều dài đầu đạn thay đổi.
- + Khối lượng đầu đạn thay đổi.
- + Quỹ đạo đạn chuyển động trong lòng nòng thay đổi.
- + Thể tích buồng đốt ban đầu thay đổi.
- + Khối lượng thuốc phóng thay đổi (ứng với cùng mật độ nhỏ).

- Để khảo sát ảnh hưởng của chiều dài phần trụ đầu đạn đến chiều sâu xuyên, ta phải giải quyết 3 bài toán sau:

- + Giải bài toán thuật phóng trong để xác định sơ tốc của đầu đạn.
- + Giải bài toán thuật phóng ngoài để xác định vận tốc chạm của đạn ở mục tiêu cự ly 25m.
- + Giải bài toán uy lực xuyên giáp (hoặc bản thép) để xác định chiều sâu xuyên của đạn tại mục tiêu.

2.1.2. Giải bài toán thuật phóng xác định vận tốc chạm mục tiêu

Bài báo chọn mô hình khảo sát là đạn vỏ bọc một nửa, hình dạng mũi đạn và đáy đạn không thay đổi, chiều dài tổng thể cả viên đạn giữ nguyên, chiều dài phần trụ thay đổi trong khoảng $h = (6,6 \div 9,6)$ mm, (giá trị của h phải đảm bảo điều kiện ổn định của đạn khi chuyển động trong nòng súng [2]).

- Khi thay đổi chiều dài phần trụ đầu đạn, một số tham số thay đổi như sau:

- + Chiều dài đầu đạn thay đổi: $L = (14 \div 17)\text{mm}$.
- + Khối lượng đầu đạn thay đổi: $m = (4,3 \div 5,5)\text{g}$.
- + Quãng đường đạn chuyển động trong nòng thay đổi: $l_d = (98 \div 101)\text{mm}$.
- + Thể tích buồng đốt ban đầu thay đổi: $W_0 = (0,91 \div 0,77)\text{cm}^3$.

Bài toán thuật phóng trong [4] của đạn được mô tả bằng hệ phương trình (1):

$$\left. \begin{aligned} \psi &= \chi z + \lambda z^2 \\ \sigma &= 1 + 2\lambda z = \sqrt{1 + 4 \frac{\lambda}{\chi} \psi} \\ \frac{dz}{dt} &= \frac{P}{l_k} \\ \frac{dl}{dt} &= V \\ \frac{dV}{dt} &= \frac{Sp}{\varphi m} \\ Sp(l_v + l) &= f\omega\psi - \frac{\theta}{2} \varphi m v^2 \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Vận tốc ban đầu có thể xác định gần đúng bằng công thức sau:

$$V_0 = \sqrt{\frac{P_{\max} \pi d^2 l}{4m}} \quad (2)$$

Sơ tốc đầu đạn phụ thuộc vào áp suất P_{\max} trong buồng đốt và quãng đường chuyển động của đạn trong nòng, mặt khác áp suất P_{\max} lại phụ thuộc vào thể tích buồng đốt W_0 và mật độ nhồi của thuốc phóng [4]. Do vậy để có thêm nhiều phương án lựa chọn ta cho mật độ nhồi thay đổi với chú ý rằng áp suất P_{\max} phải thỏa mãn điều kiện bền nòng súng. Chọn loại thuốc phóng Pirocilin P45 dùng trong đạn K51, với mật độ nhồi nằm trong khoảng $[0,54 \div 0,69] \text{g/cm}^3$, lựa chọn bước nhảy $0,05\text{g/cm}^3$, ta có 4 trường hợp khảo sát cho 4 kích thước đầu đạn khác nhau. Khi chiều dài phần trụ đầu đạn và mật độ nhồi cùng thay đổi thì khối lượng thuốc phóng trong buồng đốt thay đổi như trong bảng 1.

Bảng 1. Khối lượng thuốc phóng tương ứng với chiều dài phần trụ đầu đạn và mật độ nhồi thuốc phóng thay đổi

Trường hợp (TH)	Thể tích buồng đốt W_0 (cm^3)	Mật độ nhồi Δ (g/cm^3)			
		0,54	0,59	0,64	0,69
		Khối lượng thuốc phóng ω (g)			
		Phương án 1 (PA1)	Phương án 2 (PA2)	Phương án 3 (PA3)	Phương án 4 (PA4)
1	0,91	0,49	0,54	0,58	0,64
2	0,86	0,46	0,51	0,55	0,60
3	0,81	0,44	0,48	0,52	0,57
4	0,77	0,42	0,45	0,49	0,54

Bảng 2. Các thông số giải bài toán thuật phóng trong

TT	Thông số	Kí hiệu	Giá trị	Đơn vị
1	Cỡ nòng	d	0,0762	dm^2
2	Diện tích tiết diện lòng nòng	S	0,00476	dm^2
3	Quãng đường đạn chuyển động trong nòng	l_d	(theo các trường hợp)	dm
4	Thể tích buồng đốt ban đầu	W_0	(theo các trường hợp)	dm^3
5	Lực thuốc phóng	f	928644	kg.dm/kg
6	Mật độ thuốc phóng	δ	(theo các trường hợp)	kg/dm^3
7	Cộng tích khí thuốc	δ	1,001	dm^2/kg
8	Số mũ đoạn nhiệt của khí thuốc	k	1,221	
9	Hệ số hình dạng của thuốc phóng	χ λ μ	1,34 -0,254 0	
10	Áp suất tổng đạn	P_0		kg/dm^2
11	Xung lượng toàn phần áp suất khí thuốc	l_k	56	kg.s/dm^2

Tiến hành giải hệ phương trình vi phân (1) với các thông số đầu vào cho trong bảng 2 bằng phương pháp số với thuật toán Runge-Kutta trên phần mềm Matlab để xác định áp suất lớn nhất trong nòng và sơ tốc đầu đạn cho 4 trường hợp, mỗi trường hợp có 4 phương án như bảng 1, ta được kết quả như trong bảng 3. Kết quả này cho thấy phương án 2 (phương án được in đậm) có các thông số hợp lí nhất thỏa mãn các điều kiện sau:

- Mật độ nhồi nằm trong khoảng mật độ nhồi giới hạn của thuốc phóng pirocilin

$$\Delta = 0,59\gamma/\chi\mu^3 \quad (\Delta_{\gamma\eta} = (0,54 \div 0,69)\text{kg}/\delta\mu^3)$$

Bảng 3. Kết quả giải bài toán thuật phóng trong

TH	Thể tích buồng đốt W_0 (cm^3)	Khối lượng thuốc phóng ω (g)				Áp suất lớn nhất P_{\max} (kg/cm^2)				Sơ tốc PA2 V_0 (m/s)
		PA1	PA2	PA3	PA4	PA1	PA2	PA3	PA4	
1	0,91	0,49	0,54	0,58	0,64	1724	2126	2517	3242	495
2	0,86	0,46	0,51	0,55	0,60	1737	2170	2595	3247	469
3	0,81	0,44	0,48	0,52	0,57	1817	2157	2657	3370	450
4	0,77	0,42	0,45	0,49	0,54	1863	2166	2647	3402	421

- Giá trị áp suất P_{\max} gần sát và nhỏ hơn trị áp suất lớn nhất cho phép $[P_{\max}] = 2184\text{kg/cm}^2$ (áp suất giới hạn thỏa mãn điều kiện bền nòng súng [7]), vì vậy phương án này có thể tận dụng tối đa giá trị áp suất P_{\max} để tăng sơ tốc đầu đạn.

Sau khi giải bài toán Thuật phóng trong thu được giá trị sơ tốc đầu đạn ứng với từng trường hợp khi thay đổi độ dài phần trụ đầu đạn và mật độ nhồi của thuốc phóng. Như đã

lập luận ở trên, ứng với PA2 với mật độ nhồi thuốc phóng 0,59g/cm³ cho giá trị áp suất Pmax tối ưu nhất. Vì vậy ta tiến hành giải bài toán thuật phóng ngoài tương ứng với giá trị sơ tốc đầu nòng cho 4 trường hợp của phương án 2. Theo [5], bài toán thuật phóng ngoài được mô tả bằng hệ phương trình (3).

$$\left. \begin{aligned} \dot{V} &= -\frac{C_a}{1-\mu} \pi(y) F(v_\tau) - g \sin\theta; \\ \dot{\theta} &= -\frac{g \cos\theta}{V}; \\ \dot{y} &= V \sin\theta; \\ \dot{x} &= V \cos\theta. \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Điều kiện ban đầu để giải hệ (3): x₀ = 0; y₀ = 0; θ₀ = 0; Vận tốc V₀ lấy theo kết quả các trường hợp khi giải bài toán thuật phóng trong.

Giải hệ (3) bằng thuật toán Runge-Kutta trên phần mềm Matlab ta thu được kết quả vận tốc đạn ở cự ly 25m (tầm bắn hiệu quả của súng K54) như bảng 4.

Bảng 4. Vận tốc đầu đạn ở cự ly 25m

Trường hợp	1	2	3	4
Sơ tốc V ₀ (m/s)	495	469	450	421
Vận tốc chạm ở cự li 25m - V _c ²⁵ (m/s)	440	420	414	388

2.1.3. Xác định chiều sâu xuyên thép

Sử dụng công thức Gia-cốp-đơ-ma [12] để tính chiều sâu xuyên thép ở cự li 25m dựa trên các thông số kết cấu đạn xuyên giáp bằng cơ sở bắn trên súng ngắn K54. Các thông số đã có từ việc giải bài toán thuật phóng trong, thuật phóng ngoài.

Công thức tính chiều sâu xuyên thép đối với đạn bằng cỡ:

$$B = \sqrt[0,7]{\frac{V_c^{25} \cdot m^{0,5}}{K \cdot d^{0,75}}} \quad (4)$$

Trong đó:

V_c²⁵: Vận tốc va chạm ở khoảng cách 25m (m/s)

m: Khối lượng đầu đạn (kg)

K: Hệ số đặc trưng độ bền của thép (thép CT3 lấy K = 1500)

d: Đường kính đầu đạn (dm)

Bảng 5. Chiều sâu xuyên thép của đạn trong trang bị và đạn thiết kế

TT	Thông số	Giá trị					
		Đạn ruột thép 57-H-134C	Đạn xuyên cháy 5C-41	Đạn TH1	Đạn TH2	Đạn TH3	Đạn TH4
1	Chiều dài phần trụ h(mm)	6,6	6,6	6,6	7,6	8,6	9,6
2	Khối lượng đầu đạn m(g)	5,5	5,0	4,3	4,7	5,1	5,5

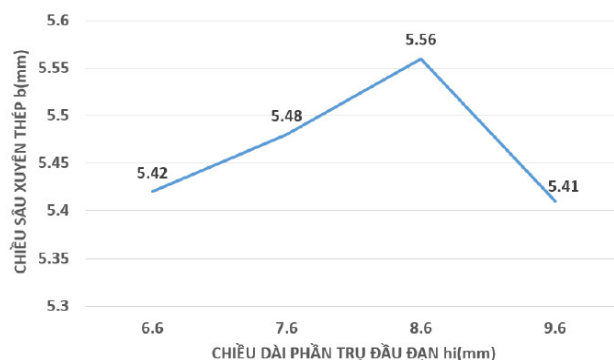
3	Khối lượng thuốc phóng ω (g)	0,44	0,48	0,54	0,51	0,48	0,45
4	Thể tích buồng đốt W0 (mm ³)	0,77	0,77	0,91	0,86	0,81	0,77
5	Chiều sâu xuyên thép b(mm)	4,06	4,53	5,42	5,48	5,56	5,41

Để so sánh chiều sâu xuyên của đạn thiết kế với một số loại đạn có sẵn trong trang bị, ta sử dụng chương trình tính toán thuật phóng và chiều sâu xuyên đã thiết lập để tính toán chiều sâu xuyên cho 2 loại đạn 57-H-134C, và 5C-41 [7]. Kết quả chiều sâu xuyên thể hiện như trong bảng 5.

Từ kết quả tính toán chiều sâu xuyên của đạn trong trang bị và đạn thiết kế rút ra một số nhận xét sau:

- Với phương án thay đổi chiều dài phần trụ và lựa chọn mật độ nhồi hợp lý, chiều sâu xuyên của đạn thiết kế có khả năng xuyên thép cao hơn đáng kể so với đạn có trong trang bị, tăng 33,3 - 36,9% so với đạn ruột thép 57-H-134C và 19,4 - 22,7% so với đạn xuyên cháy 5C-41.

- Đối với loại đạn thiết kế, khi thay đổi chiều dài phần trụ, chiều sâu xuyên thay đổi khoảng 2,77% (từ 5,41 đến 5,56mm), hình 3



Hình 3. Đồ thị sự phụ thuộc chiều sâu xuyên vào chiều dài hình trụ đầu đạn

Như vậy, khi chiều dài phần trụ đầu đạn tăng, chiều sâu xuyên tăng theo, đến một giá trị nào đó chiều sâu xuyên sẽ đạt giá trị lớn nhất, nếu ta tiếp tục tăng chiều dài phần trụ, lúc đó chiều sâu xuyên lại giảm.

2.2. Thục nghiệm mô phỏng số chiều sâu xuyên của đầu đạn

2.2.1. Một số giả thiết

Để khảo sát mô phỏng chiều sâu xuyên của đạn, bài báo sử dụng phần mềm Ansys autodyn và coi đầu đạn như chất điểm va chạm với tấm thép có chiều dày khác nhau với các giả thiết [10]:

+ Vận tốc chạm của đầu đạn V25 ở cự li 25m trong khoảng từ 300 - 600m/s.

+ Bỏ qua tác dụng của trọng lực.

+ Coi quá trình va xuyên là quá trình đoạn nhiệt.

+ Bỏ qua ảnh hưởng của chuyển động quay, chuyển động tương đối và chuyển động tiến động của đầu đạn.

+ Coi phương của vector vận tốc chuyển động tịnh tiến của đầu đạn trùng với trục đối xứng của đầu đạn.

+ Các vật liệu mục tiêu và đầu đạn là các kim loại có độ bền cao, với vận tốc va chạm V_c xem như quá trình tương tác biến dạng lớn (có xảy ra phá hủy), các kim loại cả đầu đạn và mục tiêu có tính chất đàn hồi dẻo lí tưởng.

2.2.2. Mô hình vật liệu

Lựa chọn mô hình vật liệu trong thư viện [10]: Vật liệu lõi xuyên là thép cứng STEEL S7, cốt dẫn là mô hình đồng CU-OFHC, vật liệu bản thép là thép STEEL 1006 có các tham số cụ thể được tính toán lại phù hợp với vật liệu thực tế thể hiện trong bảng 6.

Bảng 6. Tham số của vật liệu sử dụng trong bài toán mô phỏng

Tham số vật liệu	STEEL S7	STEEL 1006	CU-OFHC
Khối lượng riêng (g/cm ³)	7,896	7,936	8,94
Hệ số Gruneisen	2,17	2,17	2,17
Modun cắt Mpa	81800	81800	50000
Giới hạn chảy tính MPa	1200	230	120
Hệ số hoá cứng Mpa	2280	180	36
Số mũ hoá cứng	0,18	0,36	0,36
Số mũ mềm nhiệt	1	1	1
Biến dạng chính lớn nhất	0,3	0,3	0,4
Biến dạng cắt lớn nhất	0,35	0,35	0,45
Biến dạng hình học	1	1	1

2.2.3. Mô hình hình học

Bài báo tiến hành mô phỏng đạn xuyên thép cỡ 7,62 mm bắn từ súng ngắn K54 với mục tiêu là bản thép CT3 ở cự li 25m, vận tốc va chạm được xác định từ bài toán thuật phóng ngoài đã xác định ở mục trước. Tiến hành xây dựng mô hình hình học trên phần mềm Inventor rồi chuyển sang mô đun Explicit Dynamics, sau đó chia lưới và nhập các thông số đầu vào của vật liệu và vận tốc cho đầu đạn.

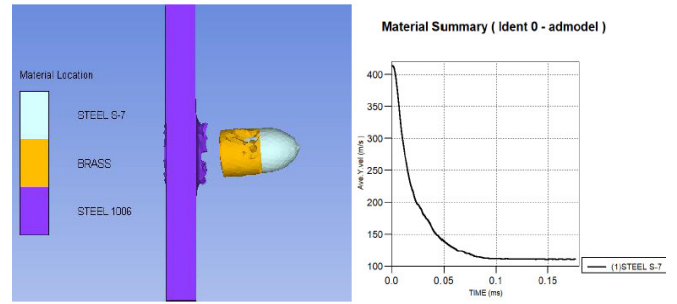
2.2.4. Kết quả mô phỏng

Lựa chọn bản thép mục tiêu có chiều dày lần lượt 4mm và 6mm ta thu được kết quả mô phỏng như sau:

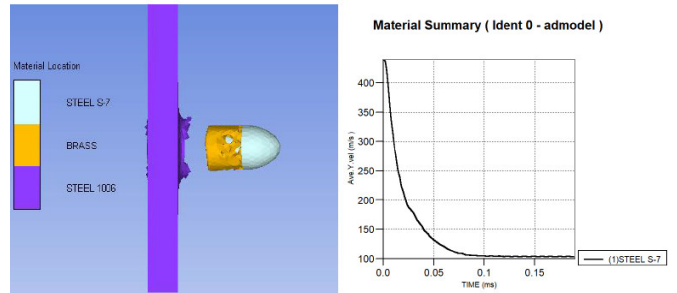
- Mô phỏng với bản thép có chiều dày 4mm.

Bảng 7. Kết quả tính toán bằng phương pháp mô phỏng

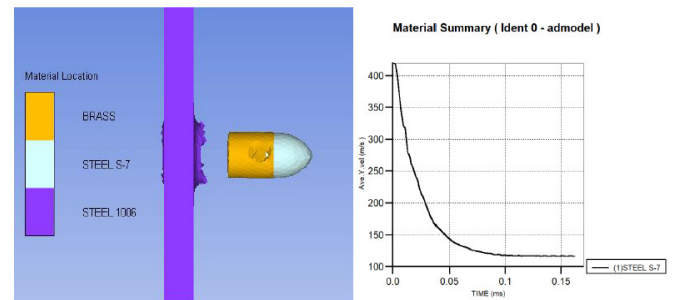
Thông số	Trường hợp			
	TH1	TH2	TH3	TH4
Chiều dài phần trụ đầu đạn (mm)	6,6	7,6	8,6	9,6
Vận tốc chạm (m/s)	440	420	411	388
Vận tốc đạn sau bản thép (m/s)	105	110	120	50
Thời gian xuyên (s)	0,16	0,14	0,13	0,2



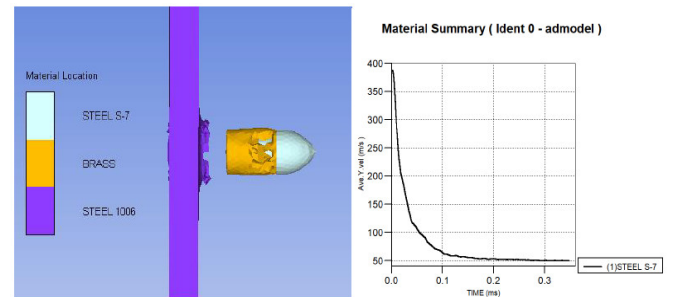
a) Chiều dài phần trụ 6,6mm



b) Chiều dài phần trụ 7,6mm



c) Chiều dài phần trụ 8,6mm



d) Chiều dài phần trụ 9,6mm

Hình 4. Kết quả mô phỏng xuyên của đầu đạn với bản thép dày 4mm, cự li 25m

- Mô phỏng với bản thép chiều dày 6mm

Bảng 8. Kết quả tính toán bằng phương pháp mô phỏng

Thông số	Trường hợp			
	TH1	TH2	TH3	TH4
Chiều dài phần trụ đầu đạn (mm)	6,6	7,6	8,6	9,6
Vận tốc chạm (m/s)	440	420	411	388
Thời gian chuyển động trong bản thép	105	110	120	50

Kết quả mô phỏng trên phần mềm Ansys autodyn cho thấy, khi mục tiêu bằng thép tấm có chiều dày 4mm, cả 4 phương án tương ứng với đầu đạn có chiều dài phần trụ khác nhau đều có thể xuyên thủng mục tiêu. Tuy nhiên phương án thứ 3 có chiều dài phần trụ 8,6mm sau khi xuyên qua bản thép vận tốc còn lại của đầu đạn lớn nhất trong 4 phương án, điều này hoàn toàn phù hợp với kết quả tính toán bằng công thức Gia-cốp-đơ-ma như đã trình bày ở trên. Tương tự như vậy, đối với mục tiêu có chiều dày 6mm, cả 4 phương án đầu đạn đều không xuyên qua mục tiêu nhưng hình ảnh mô phỏng cho thấy ứng với chiều dài phần trụ 8,6mm đầu đạn có thể xuyên được chiều sâu bản thép lớn hơn.

Như vậy từ kết quả mô phỏng trên phần mềm Ansys autodyn và kết quả tính toán bằng công thức Gia-cốp-đơ-ma cho thấy rằng, khi thay đổi chiều dài phần trụ đầu đạn thì chiều sâu xuyên thay đổi, tuy nhiên không theo quy luật đồng biến hay nghịch biến mà sẽ tồn tại một giá chiều dài phần trụ tối ưu mà tại đó cho chiều sâu xuyên lớn nhất.

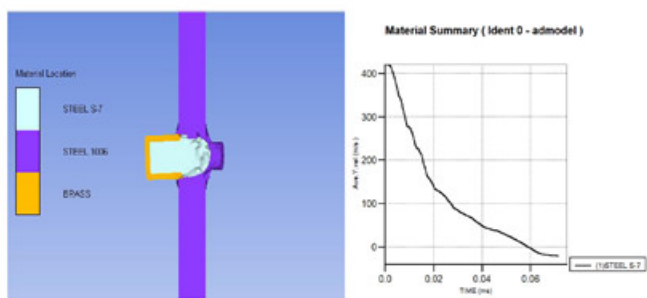
2.3. Thử nghiệm bắn đạn thật để xác định chiều sâu xuyên thép

2.3.1. Đạn thử nghiệm

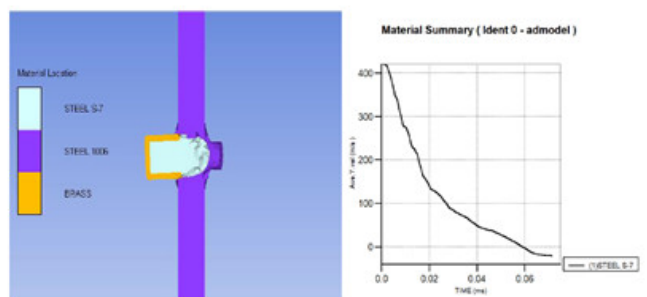
Tiến hành bắn thực nghiệm đối với đạn súng 7,62x25mm ĐS-K51 sử dụng thuốc phóng P-45 TU 05074-58 "H" do nhà máy Z113 sản xuất.

2.3.2. Phương tiện thử nghiệm và đo lường

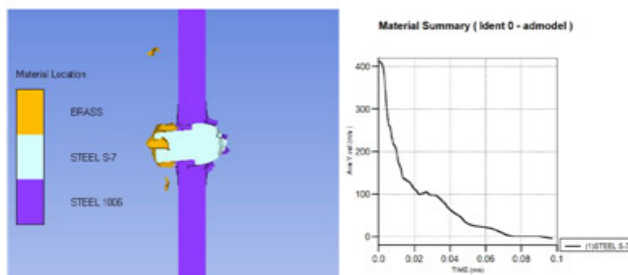
- Nòng chuẩn K51: đo áp suất và đo sơ tốc;
- Thiết bị đo sơ tốc: Prototupa SAU-2U (Doppler);
- Thiết bị đo áp suất: Piezo miệng vỏ đạn;
- Bia thử nghiệm: bia thép CT03 dày 4, 5, 6 (mm);
- Tủ sấy: đảm bảo đạn thử nghiệm được sấy ở nhiệt độ 200C trong 24h.



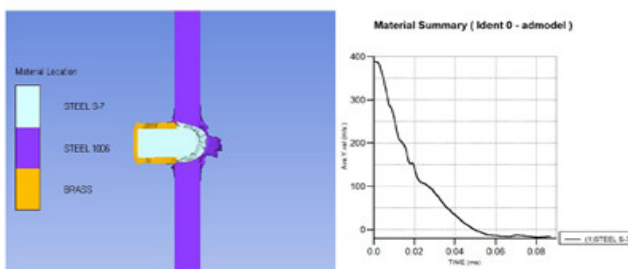
a) Chiều dài phần trụ 6,6mm



b) Chiều dài phần trụ 7,6mm



c) Chiều dài phần trụ 8,6mm



d) Chiều dài phần trụ 9,6mm

Hình 5. Kết quả mô phỏng xuyên của đầu đạn với bản thép dày 6mm, cự ly 25m

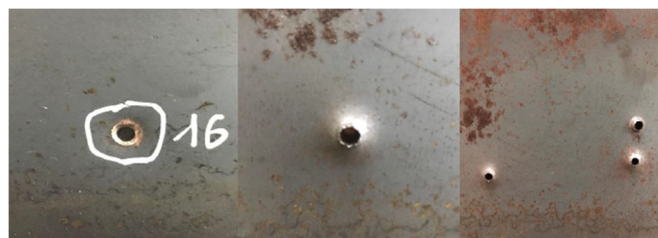
2.3.3. Kết quả bắn thử nghiệm đạn xuyên

Trước khi bắn thực nghiệm để kiểm tra chiều sâu xuyên của đạn phải tiến hành bắn lựa chọn khối lượng thuốc phóng ω tối ưu sao cho áp suất P_{max} trong buồng đốt đạt giá trị gần sát nhưng vẫn nhỏ hơn giá trị áp suất giới hạn đảm bảo độ bền nòng súng. Kết quả bắn kiểm tra cho thấy với khối lượng thuốc phóng $\omega = 0,48(g)$ đảm bảo đạt yêu cầu trên.

Để bắn kiểm tra lực xuyên thép, ta tiến hành bắn 3 nhóm, mỗi nhóm 3 viên ứng với chiều dày bản thép thay đổi: 4(mm), 6(mm). Kết quả bắn được thể hiện như bảng 9.

Từ kết quả thực nghiệm cho thấy:

- Khi bắn 03 viên vào mục tiêu bản thép CT3 dày 4mm, kết quả cả 3 viên đều xuyên qua bản thép (hình 6).



Hình 6. Kết quả bắn thực nghiệm mục tiêu dày 4mm cự ly 25m

- Khi bắn 3 viên vào mục tiêu bản thép CT3 dày 6mm, kết quả cho thấy không có viên nào xuyên qua bản thép, có xuất hiện vết biến dạng của mục tiêu như hình 7.



Hình 7. Kết quả bắn thực nghiệm mục tiêu dày 6mm cự ly 25m

Bảng 9. Kết quả thử nghiệm bắn đạn thật

STT	Hạng mục	Số lượng	Điều kiện thử nghiệm	Yêu cầu	Kết quả		
1	Bắn kiểm tra uy lực đạn bằng cỡ xuyên giáp	03 viên	- Đầu đạn xuyên giáp bằng cỡ khối lượng: 5,0...5,15(g); - Nòng chuẩn đo sơ tốc; - Thiết bị đo sơ tốc: Prototupa SAU-2U (Doppler); - Vô đạn, hạt lửa đạn K51 - Thuốc phóng mẫu P45 khối lượng $\omega = 0,48$ gam - Bia thép CT3 dày 4mm	Đo thực tế	V_0 (m/s)	V_{25} (m/s)	$b = 4$ (mm)
					-	-	Xuyên
					454,3	416	Xuyên
					427,5	391	Xuyên
2	Bắn kiểm tra uy lực đạn bằng cỡ xuyên giáp	03 viên	- Đầu đạn xuyên giáp bằng cỡ khối lượng: 5,0...5,15 (g); - Nòng chuẩn đo sơ tốc; - Thiết bị đo sơ tốc: Prototupa SAU-2U (Doppler); - Vô đạn, hạt lửa đạn K51 - Thuốc phóng mẫu P45 khối lượng $\omega = 0,48$ (g) - Bia thép CT3 dày 6mm	Đo thực tế	V_0 (m/s)	V_{25} (m/s)	$b = 6$ (mm)
					459	420	Không xuyên
					446,4	408	Không xuyên
					463,5	424	Không xuyên

Kết quả thực nghiệm cho thấy, chiều sâu xuyên thép của đạn khi bắn thực tế phù hợp với kết quả tính toán bằng phương pháp số và phương pháp thực nghiệm mô phỏng. Điều này có thể khẳng định chúng ta hoàn toàn có thể sử dụng phương pháp số hoặc phương pháp thực nghiệm mô phỏng để khảo sát thiết kế, tìm ra các tham số tối ưu nhất để nâng cao khả năng xuyên giáp của đầu đạn xuyên động năng.

3. KẾT LUẬN

Trên cơ sở lựa chọn loại đầu đạn có hình dạng xác định, thông dụng trong trang bị, bài báo tiến hành nghiên cứu giải pháp tăng chiều sâu xuyên khi bắn với mục tiêu bản thép. Nội dung bài báo chủ yếu đề cập đến khả năng tăng xuyên của đầu đạn khi thay đổi mật độ nhồi của thuốc phóng và chiều dài phần trụ đầu đạn một cách hợp lý nhất. Từ kết quả tính toán bằng cách giải bài toán thuật phóng để tìm vận tốc của đạn tại điểm chạm, sau đó sử dụng công thức Gia-cốp-đơ-ma để tính chiều sâu xuyên của đạn, bài báo đã tìm được giá trị mật độ nhồi và chiều dài phần trụ của đầu đạn, để từ đó cho kết quả chiều sâu xuyên lớn nhất. Song song với việc tính toán theo công thức Gia-cốp-đơ-ma, bài báo sử dụng phần mềm mô phỏng Ansys autodyn để xác định chiều sâu xuyên của đạn. Kết quả thu được từ hai phương pháp cho thấy chiều sâu xuyên lớn nhất của đạn đều ứng với trường hợp chiều dài phần trụ đầu đạn là 8,6mm, mật độ nhồi của thuốc phóng 0,59g/cm³(thuốc phóng pirocxilin).

Bên cạnh việc tính toán chiều sâu xuyên bằng phương pháp lý thuyết, bài báo cũng cung cấp kết quả bắn thực nghiệm bằng mẫu đạn K51 trong trang bị, kết quả thực nghiệm cho thấy chiều sâu xuyên của đạn trong trang bị phù hợp với kết quả tính toán và mô phỏng trên phần mềm Ansys autodyn. Điều này có thể kết luận trong phạm vi sai số cho phép, hoàn toàn có thể sử dụng phương pháp tính toán lý thuyết và thực nghiệm mô phỏng để tìm ra các thông số tối ưu cho việc thiết kế đầu đạn có chiều sâu xuyên đạt giá trị lớn nhất.

LỜI CẢM ƠN

Nhóm tác giả xin chân thành cảm ơn sự hỗ trợ của Trung tâm Kỹ thuật Vũ khí, Học viện Kỹ thuật Quân sự đã hỗ trợ nhóm tiến hành bắn thực nghiệm để kiểm chứng tính chính xác của mô hình lý thuyết.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Tran Ba Tan, Do Van Minh, Nguyen Quang Dung, *Trang bị đạn*. Military Technical Academy, Hanoi, 2007.
- [2]. Nguyen Van Thuy, Tran Van Dinh, Tran Dinh Thanh, *Cơ sở thiết kế đạn súng bộ binh*. Military Technical Academy, Hanoi, 2007.
- [3]. Tran Van Doanh, Tran Ba Tan, *Tu dong hoa thiet ke dan*. Military Technical Academy, Hanoi, 2009.
- [4]. Nguyen Quang Luong, *Thuat phong trong ly thuyet dong co ten lua*. Military Technical Academy, Hanoi, 2006.
- [5]. Nguyen Van Tho, Nguyen Dinh Sai, *Thuat phong ngoai*. Military Technical Academy, Hanoi, 2003.
- [6]. *Dieu kien ky thuat thuoc phong П-K45*. Z113 Factory - Vietnam Defence Industry, Hanoi.
- [7]. Nguyen Quang Luong, *Sơ liệu vũ khí đạn*. Military Technical Academy, Hanoi, 2009.
- [8]. Nguyen Van Thuy, Tran Van Dinh, *Uy luc dan*. Military Technical Academy, Hanoi, 2007.
- [9]. <https://evek.biz/materials/alyuminiy-a5.html>.
- [10]. ANSYS Inc., *ANSYS Workbench User's Guide*. 2011.
- [11]. VK Zelenko, et al., *Pistol and sniper cartridges*. Grenade shots, Textbook, Tula, 2008.
- [12]. G. A. Danilin, V. P. Ogorodnikov, and A. B. Zavolokin, *Basics of Designing Cartridges for Small Arms*. Balt. Gos. Tekh. Univ., St. Petersburg, 2005.

AUTHORS INFORMATION

Mai Quoc Vuong, Do Van Minh, Nguyen Hai Minh
Military Technical Academy, Vietnam