

ĐÁNH GIÁ PHƯƠNG PHÁP GIẢI TÍCH GIẢI BÀI TOÁN CƠ BẢN THUẬT PHÓNG TRONG

ASSESSMENT OF THE ANALYTICAL METHOD FOR SOLVING THE FUNDAMENTAL INTERNAL BALLISTICS PROBLEM

TS. Nguyễn Như Cần*, TS. Nguyễn Quang Lượng, TS. Nguyễn Hải Minh

Khoa Vũ khí, Học viện Kỹ thuật quân sự

*Email: nguyennhucan528@gmail.com

TÓM TẮT

Bài báo trình bày các đánh giá phương pháp giải tích giải bài toán cơ bản thuật phóng trong (TPT) cho súng pháo, so sánh với phương pháp giải khác đang được sử dụng. Các đánh giá được thực hiện trên những loại vũ khí có tính chất đặc trưng. Kết quả của các phép đánh giá được so sánh với thông số kỹ thuật của các trang bị. Từ những đối chiếu đó đánh giá phương pháp giải tích theo nhiều phương diện. Từ đó đưa ra kết luận về khả năng, phạm vi áp dụng phương pháp trong giảng dạy nghiên cứu thuật phóng trong và hiện tượng bắn.

Từ khóa: Thuật phóng trong; Bài toán cơ bản; Phương pháp giải tích.

ABSTRACT

The paper presents an assessment of the analytical method for solving the fundamental internal ballistics problem for artillery guns, and compares it with other solution methods currently in use. The evaluation is carried out on representative types of weapons with characteristic properties. The results obtained from the assessments are compared with the technical specifications of the corresponding systems. Based on these comparisons, the analytical method is evaluated from multiple perspectives. Finally, conclusions are drawn regarding its capabilities and scope of application in teaching and research on internal ballistics and firing phenomena.

Keywords: Internal ballistics; Fundamental problem; Analytical method.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Bài toán cơ bản TPT là bài toán xác định mối quan hệ giữa các phần tử thuật phóng với các đặc trưng cấu tạo lòng nòng và các điều kiện nhồi [1, 2]. Cho trước các đặc trưng cấu tạo của súng pháo, đạn, liều phóng, yêu cầu xác định mối quan hệ của các phần tử thuật phóng p , v , l , t , T , ψ và quy luật thay đổi của chúng trong thời gian xảy ra hiện tượng bắn. Các phương pháp phổ biến giải bài toán cơ bản TPT là: giải tích, dùng bảng tra, tích phân số và thực nghiệm. Trong số đó, phương pháp giải tích dựa trên cơ sở quy luật cháy hình học được sử dụng rộng rãi và phổ biến trong nghiên cứu hiện tượng bắn. Khi giải bài toán cơ bản bằng phương pháp giải tích, chúng ta sử dụng một số giả thiết để thuận lợi cho việc giải toán nhưng chính những giả thiết đó có thể gây ra sai số khi xác định nghiệm của hệ phương trình TPT.

Trong bài báo này, chúng ta sẽ làm rõ sự ảnh hưởng của những giả thiết đó tới độ chính xác của nghiệm hệ phương trình TPT. Kết quả thu được từ phương pháp giải tích được so sánh với kết quả thu được từ phương pháp tích phân số và thông số kỹ thuật của trang bị.

2. MÔ HÌNH TOÁN PHƯƠNG PHÁP GIẢI TÍCH

2.1. Hệ phương trình TPT cho phương pháp giải tích

Theo [1, 2, 5], hệ phương trình mô tả bài toán TPT trong lòng nòng súng pháo bao gồm các phương trình mô tả quy luật tốc độ cháy, quy luật sinh khí của thuốc phóng, phương trình mô tả chuyển động của đạn trong lòng nòng và phương trình cơ bản TPT. Các phương trình này được dẫn trong bảng 1.

Bảng 1. Hệ phương trình mô tả bài toán TPT của súng pháo

Tên phương trình	Hệ phương trình TPT cổ điển	Hệ phương trình TPT cho phương pháp giải tích
Quy luật tốc độ cháy của thuốc phóng	$\frac{dz}{dt} = \frac{p}{I_k} \quad (1)$	$\frac{dz}{dt} = \frac{p}{I_k} \quad (1')$
Quy luật sinh khí của thuốc phóng	$\psi = \chi z(1 + \lambda z + \mu z^2) \quad (2)$	$\psi = \chi z(1 + \lambda z) \quad (2')$
Phương trình chuyển động của đạn	$\frac{dv}{dt} = \frac{Sp}{\varphi m} \quad (3)$ $v = \frac{dl}{dt} \quad (4)$	$\frac{dv}{dt} = \frac{Sp}{\varphi m} \quad (3')$ $v = \frac{dl}{dt} \quad (4')$
Phương trình cơ bản TPT	$Sp(l_\psi + l) = f\omega\psi - \frac{\theta}{2}\varphi mv^2 \quad (5)$	$Sp(l_{\psi tb} + l) = f\omega\psi - \frac{\theta}{2}\varphi mv^2 \quad (5')$

2.2. Sai số trong phương pháp giải tích

Phương pháp giải tích và phương pháp tích phân số giải bài toán TPT được trình bày chi tiết tại [3].

Khi giải bằng phương pháp giải tích, ở thời kỳ thứ nhất, để có thể tiến hành tích phân phương trình (5), giá trị l_ψ coi như hằng số và được tính bằng giá trị trung bình:

$$l_\psi = \text{const} = l_{\psi_{tb}} = l_0 \left[1 - \frac{\Delta}{\delta} - \Delta \left(\alpha - \frac{1}{\delta} \right) \psi_{tb} \right] = \left[1 - \frac{\Delta}{\delta} - \Delta \left(\alpha - \frac{1}{\delta} \right) \frac{\psi_0 + \psi}{2} \right]$$

Dựa vào biểu thức trên, ta thấy việc thay thế l_ψ bằng $l_{\psi_{tb}}$ sẽ xuất hiện sai số phụ thuộc nhiều vào Δ , do α và δ có giá trị không thay đổi nhiều trên các loại thuốc phóng khác nhau. Với Δ càng lớn thì sự sai lệch giữa l_ψ và $l_{\psi_{tb}}$ sẽ càng nhiều. Ta cùng xem xét sự thay đổi của l_ψ và $l_{\psi_{tb}}$ trên pháo M46 ($\Delta = 0.693 \text{ kg/dm}^3$) và súng AGS-17 ($\Delta = 0.324 \text{ kg/dm}^3$):

Bảng 2. Sự sai lệch giữa l_ψ và $l_{\psi_{tb}}$

M46	ψ	0.024	0.124	0.224	0.324	0.424	0.474	0.494	0.507	0.514
	l_ψ	7.232	6.787	6.341	5.895	5.227	4.781	4.647	4.579	4.469
	$l_{\psi_{tb}}$	7.232	7.009	6.787	6.564	6.229	6.007	5.940	5.905	5.851
AGS-17	ψ	0.065	0.187	0.303	0.326	0.348	0.371	0.392	0.413	0.466
	l_ψ	0.077	0.075	0.075	0.074	0.074	0.073	0.073	0.073	0.073
	$l_{\psi_{tb}}$	0.077	0.076	0.076	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075

Dựa vào bảng 2, ta thấy với mật độ nhồi Δ càng lớn thì sự sai lệch giữa l_ψ và $l_{\psi_{tb}}$ càng lớn. Sự sai lệch này càng tăng khi ψ càng tăng. Do đó, để khảo sát sai số khi thay l_ψ bằng $l_{\psi_{tb}}$, ta xét phương pháp giải tích trên các trang bị có mật độ nhồi khác nhau: pháo tự hành (PTH) 122mm, pháo nòng dài (Pnd) M46 130mm, pháo phòng không (PPK) KC19 100mm với mật độ nhồi Δ có giá trị lần lượt là 0.667; 0.693 và 0.714 kg/dm^3 .

Ngoài ra, như đã trình bày trên bảng 1, để tiến hành tích phân phương trình (2), phương pháp giải tích coi hệ số hình dạng $\mu = 0$. Do

đó khi áp dụng để giải bài toán TPT với thuốc phóng có hệ số hình dạng μ lớn, sai số đáng kể có thể xảy ra. Để khảo sát sự ảnh hưởng của hệ số hình dạng, ta xét trường hợp của súng phóng lựu AGS-17 với $\mu = 0.015$.

3. KẾT QUẢ TÍNH TOÁN

Thông số của các trang bị được tính toán trong bài báo này được trích dẫn từ tài liệu [4]. Kết quả phương pháp giải tích (PP GT) và phương pháp tích phân số (PP TPS) được so sánh với thông số kỹ thuật của trang bị trong bảng 3.

Bảng 3. So sánh kết quả với thông số kỹ thuật

Trường hợp	Vũ khí	Đặc trưng	PP giải tích	PP tích phân số	Thông số kỹ thuật	Sai số PP GT (%)	Sai số PP TPS (%)
$\mu = 0$	122mm PTH ($\Delta = 0.667 \text{ kg/dm}^3$)	v_d	8106.9	7977.3	7810	3.80	2.14
		p_m	279469.8	279061.7	275000	1.63	1.48
	Pnd M46 ($\Delta = 0.693 \text{ kg/dm}^3$)	v_d	9682.5	9585.4	9300	4.11	3.07
		p_m	378879.5	377411.1	315000	20.28	19.81
	PPK KC19 ($\Delta = 0.714 \text{ kg/dm}^3$)	v_d	9391.5	9236.3	9000	4.35	2.63
		p_m	350691.3	349042.9	307000	14.23	13.69
$\mu \neq 0$	30mm AGS-17 ($\mu = 0.015$)	v_d	1821.6	1850.6	1850	1.54	0.03
		p_m	96702.7	100013.9	100000	3.30	0.01

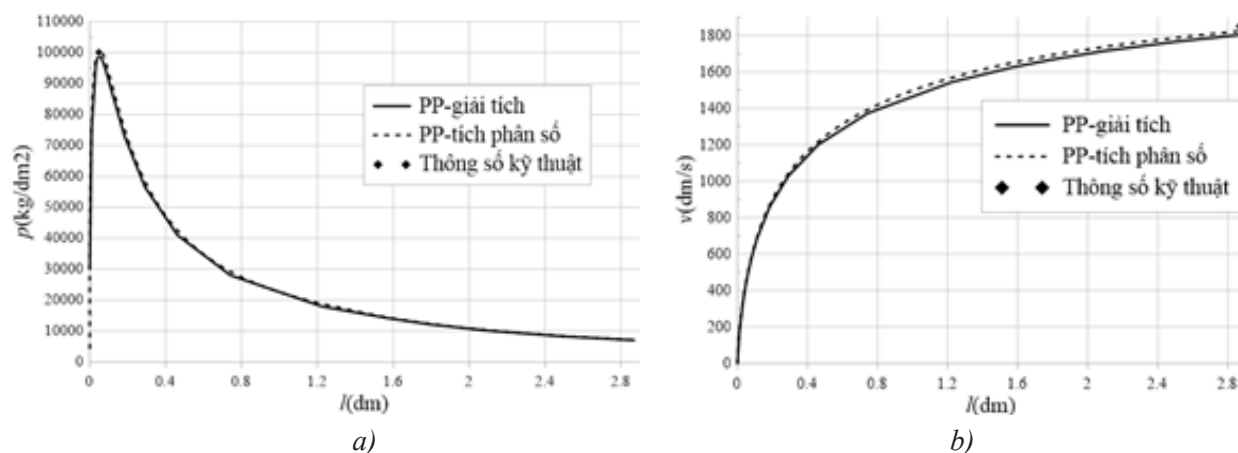
Dựa vào bảng 3, ta thấy kết quả của phương pháp giải tích có độ chính xác chấp nhận được so với thông số kỹ thuật của vũ khí, tuy nhiên kém hơn khi so sánh với kết quả của phương pháp tích phân. Điều này được lý giải bởi những sai số được nêu ra ở mục 2.2. Do đó, để đánh giá những đại lượng khác, chúng ta sử dụng kết quả của phương pháp tích phân số để đánh giá kết quả của phương pháp giải tích, như trong bảng 4.

Dựa vào bảng 4, ta thấy sai số l_k luôn lớn hơn sai số l_m . Điều này được lý giải ở 2.2, khi l càng tăng thì sự sai lệch giữa l_ψ và $l_{\psi tb}$ càng lớn. Do đó, với trường hợp $\mu = 0$, sai số v_d sẽ lớn hơn sai số p_m . Đối với trường hợp $\mu \neq 0$ ($\mu = 0.015$), sai số của phương pháp giải tích hiển thị rõ ràng, đặc biệt ở đại lượng p_m và l_k .

Bảng 4. So sánh kết quả với phương pháp tích phân số

Đặc trưng	% sai số v_d	% sai số p_m	% sai số l_m	% sai số l_k
122mm PTH	1.62	0.15	0.22	7.47
130mm Pnd M46	1.01	0.39	0.6	6.03
100mm PPK KC19	1.68	0.47	0.6	8.31
30mm AGC-17	1.57	3.31	0.59	28.47

So sánh kết quả của phương pháp giải tích so với kết quả của phương pháp tích phân số và thông số kỹ thuật được hiển thị trong Hình 1.



Hình 1. So sánh kết quả phương pháp giải tích với phương pháp tích phân số và thông số kỹ thuật trên súng phóng lựu AGS-17: a) Đồ thị áp suất, b) Đồ thị vận tốc

4. KẾT LUẬN

Bài báo đã đánh giá được sai số của phương pháp giải tích trên các loại vũ khí đặc trưng trong trang bị hiện nay. Các kết quả khảo sát, phân tích rút ra như sau:

Với hầu hết các trang bị phổ biến hiện nay ($\mu \approx 0$, $\in \Delta [0.1; 0.75]$), sai số của phương pháp giải tích được coi là chấp nhận được ($< 5\%$) khi xác định các đặc trưng cơ bản v_d và p_m .

Khi $\mu = 0$, sai số của phương pháp giải tích có xu hướng tăng theo quãng đường chuyển động của đầu đạn l .

Khi $\mu \neq 0$, sai số của phương pháp giải tích có xu hướng tăng mạnh, đặc biệt ở đại lượng p_m . ❖

Ngày nhận bài: 02/3/2026

Ngày phản biện: 10/3/2026

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Nguyễn Ngọc Du, Đỗ Văn Thọ, “*Thuật phóng trong của súng pháo*”. Học viện Kỹ thuật quân sự, 1976.
- [2]. Nguyễn Xuân Trinh, Nguyễn Quang Lượng, Nguyễn Trung Hiếu, Ngô Văn Quảng, “*Thuật phóng trong*”. Học viện Kỹ thuật quân sự, 2015.
- [3]. Trần Đăng Điện, Nguyễn Quang Lượng, Trần Văn Doanh, “*Bài tập thuật phóng trong*”. Học viện Kỹ thuật quân sự, 2006.
- [4]. “*Số liệu vũ khí – đạn*”, Học viện Kỹ thuật quân sự, 2009.
- [5]. Е.В.Чурбанов, “*Внутренняя баллистика*”. Ленинград, 1975.