

MÔ HÌNH TOÁN THIẾT KẾ THUẬT PHÓNG CHO THIẾT BỊ BẮN TẬP SỬ DỤNG NGUYÊN LÝ PHẢN LỰC

MATH MODEL OF BALLISTIC DESIGN FOR PRACTICE SHOOTING DEVICES
USING THE JET PRINCIPLE

Bùi Xuân Sơn¹, Đỗ Văn Minh¹, Bùi Văn Nghĩa²,
Nguyễn Hoàng Hải¹, Nguyễn Văn Hường^{1,*}

¹Khoa Vũ khí, Học viện Kỹ thuật quân sự

²Nhà máy Z117, Tổng cục Công nghiệp quốc phòng

*Email: h4ta.030588@gmail.com

TÓM TẮT

Bài báo trình bày mô hình bài toán thiết kế thuật phóng cho các thiết bị bắn tập sử dụng nguyên lý phản lực. Trên cơ sở mô hình toán thiết kế thuật phóng xây dựng, nhóm tác giả tiến hành thiết kế thiết bị bắn tập cho đạn phản lực chống tăng cỡ 105 mm và khảo sát ảnh hưởng của giá trị vận tốc lớn nhất (sơ tốc) v_k và khối lượng phần bay của đạn bắn tập m đến sai lệch chiều cao đường đạn và sai lệch chiều cao điểm chạm ứng với các tầm bắn 100m, 200m, 300m. Kết quả khảo sát chỉ ra rằng, để đảm bảo yêu cầu tương đồng về quỹ đạo giữa đạn bắn tập và đạn thật (với sai lệch chiều cao đường đạn và chiều cao điểm chạm lớn nhất là 0,6 m) thì vùng sơ tốc của đạn bắn tập là $232,5 \div 240$ m/s. Khi sơ tốc của đạn bắn tập là 240 m/s, thì vùng khối lượng phần bay để sai lệch chiều cao đường đạn và sai lệch chiều cao điểm chạm nhỏ nhất là $0,6 \div 0,7$ kg. Kết quả nghiên cứu của bài báo là cơ sở định hướng thiết kế thiết bị bắn tập theo nguyên lý phản lực nói chung, định hướng lựa chọn các tham số kết cấu tối ưu để đảm bảo yêu cầu trùng đường đạn đối với thiết bị bắn tập cho đạn phản lực chống tăng cỡ 105 mm nói riêng.

Từ khóa: Thiết bị bắn tập; Nguyên lý phản lực; Thuật phóng ngoài.

ABSTRACT

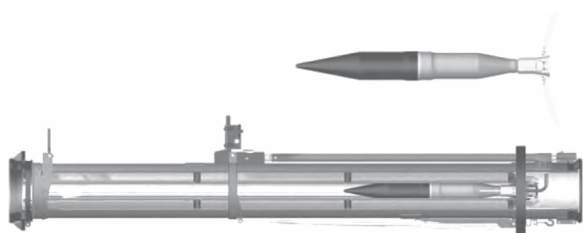
The article presents a mathematical model of the ballistic design problem for practice shooting devices using the jet principle. Based on this model, the authors designed a practice shooting device for 105 mm anti-tank rockets. They also investigated the influence of the initial velocity (v_k) and the mass of the flight part (m) on the deviations in bullet trajectory and impact point height at ranges of 100m, 200m, and 300m. The survey results show that, to meet the trajectory similarity requirement between practice and real shots (maximum deviation of 0.6 m in trajectory and impact point height), the initial velocity zone for practice shots is $232,5 \div 240$ m/s. At an initial velocity of 240 m/s, the mass of the flight part should be $0,6 \div 0,7$ kg to achieve the smallest deviation in trajectory and impact point height. These results form the basis for designing the training shooting device following the jet principle and guide the selection of optimal structural parameters to ensure ballistic path overlap for the 105 mm anti-tank jet projectile.

Keywords: The practice shooting device; The jet principle; External ballistic.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Công tác huấn luyện, đào tạo lực lượng vũ trang luôn gắn liền với việc sử dụng vũ khí, trang bị kỹ thuật. Tuy nhiên, việc tổ chức bắn đạn thật thường gặp nhiều khó khăn do chi phí lớn, yêu cầu về an toàn cao và điều kiện thao trường hạn chế. Do đó, việc nghiên cứu và chế tạo các thiết bị bắn tập nhằm mô phỏng sát thực tế nhưng bảo đảm an toàn, tính kinh tế và hiệu quả là hết sức cần thiết [1-4].

Đạn phản lực chống tăng vác vai là loại hỏa lực chống tăng có uy lực cao, đóng vai trò quan trọng trong biên chế bộ binh. Xuất phát từ yêu cầu thực tiễn của việc nâng cao chất lượng huấn luyện, giảm chi phí và bảo đảm an toàn, việc thiết kế thiết bị bắn tập phục vụ huấn luyện đạn chống tăng theo nguyên lý đạn phản lực ngày càng phát triển [4, 5].



Hình 1. Đạn phóng lựu chống tăng PIII-27 và thiết bị bắn tập PVIH-27

Bài báo này đề xuất mô hình toán thiết kế thuật phóng cho thiết bị bắn tập sử dụng nguyên lý phản lực làm cơ sở khoa học cho nhiệm vụ thiết kế thiết bị bắn tập nói chung và thiết bị bắn tập theo nguyên lý phản lực nói riêng.

2. CÁC YÊU CẦU ĐẶT RA ĐỐI VỚI THIẾT BỊ BẮN TẬP

Để đáp ứng yêu cầu đặt ra đối với một thiết bị bắn tập, qua tìm hiểu và phân tích các

dạng thiết bị của Nga, nhận thấy, thiết bị phải có kết cấu gồm một cơ cấu phóng và đạn bắn tập. Cơ cấu phóng bản chất là một súng có cỡ nhỏ hơn cỡ của súng thật, có hình dáng, kích thước, khối lượng, trọng tâm như của đạn thật. Đạn bắn tập có đường đạn tương đồng với đạn thật [1, 2, 5].

Trên thực tế, khi so sánh đường đạn của đạn bắn tập và đường đạn của đạn thật trong mặt phẳng bắn, ở các cự ly bắn khác nhau, quỹ đạo đạn bắn tập được xem là tương đồng với quỹ đạo đạn thật khi đáp ứng các yêu cầu sau [6]:

- Sai lệch về độ cao đường đạn của đạn bắn tập và đạn thật ($\Delta Y_{\max i}$) không vượt quá giá trị cho phép $[\Delta Y_{\max i}]$, trong đó i ứng với các thước ngắm thứ i :

$$|\Delta Y_{\max i}| \leq [\Delta Y_{\max i}] \quad (1)$$

- Sai lệch độ cao điểm chạm của đạn bắn tập và đạn thật tại các tầm bắn (ΔY_{Ci}) không vượt quá giá trị cho phép $[\Delta Y_{Ci}]$:

$$|\Delta Y_{Ci}| \leq [\Delta Y_{Ci}] \quad (2)$$

Ngoài ra, thiết bị còn phải đảm bảo các điều kiện khác như về vị trí trọng tâm, lực giật, cường độ âm thanh,... Tuy nhiên, những yêu cầu (1), (2) là những yêu cầu tiên quyết. Khi đảm bảo các yêu cầu này, quỹ đạo đạn bắn tập sẽ gần giống với quỹ đạo đạn thật.

3. MÔ HÌNH TOÁN THIẾT KẾ THUẬT PHÓNG CHO THIẾT BỊ BẮN TẬP SỬ DỤNG NGUYÊN LÝ PHẢN LỰC

Bài toán thiết kế thuật phóng là lựa chọn được bộ thông số thuật phóng trong và thuật phóng ngoài cho cơ cấu phóng và đạn bắn tập thỏa mãn các yêu cầu đặt ra.



Theo lý thuyết thuật phóng ngoài, ứng với mỗi bộ thông số ban đầu của đạn gồm sơ tốc v_0 , hệ số phóng C và góc phóng θ sẽ cho một quỹ đạo đạn. Có thể viết mối liên hệ trên như sau [6]:

$$X = X(v_0, C, \theta)$$

Trong đó: X – Tầm bắn.

$$\text{Trong công thức trên: } C = \frac{id^2}{m}$$

Trong đó: d – Cỡ đạn (mm); m – Khối lượng phần bay (g); i – Hệ số hình dạng đầu đạn.

Đối với đạn chống tăng bắn trong tầm bắn thẳng và có động cơ với thuốc phóng cháy nhanh (cháy hết trong nòng), quỹ đạo đạn coi như không phụ thuộc vào độ cao, mà chỉ phụ thuộc vào bộ ba thông số chủ yếu: hệ số phóng, C_{bt} ; vận tốc lớn nhất (sơ tốc), v_{kbt} ; góc phóng θ_t . Vì θ_t không đổi, nên nếu hệ số phóng và sơ tốc của đạn bắn tập và đạn thật bằng nhau thì có thể coi đường đạn của hai loại đạn trùng nhau. Tuy nhiên, đảm bảo C_{bt} đúng bằng C_t không phải lúc nào cũng thực hiện được. Dẫn tới chúng ta cần phải thay đổi bộ thông số C_{bt} (thay đổi m , khi đã thiết kế kết cấu cụ thể của đạn bắn tập) và v_{kbt} sao cho thiết bị bắn tập thỏa mãn các điều kiện (1)-(2) bên trên.

Trên cơ sở lý thuyết thuật phóng ngoài [6], lý thuật thiết kế động cơ [7], thuật toán giải bài toán thiết kế thuật phóng cho thiết bị bắn tập được đề xuất gồm các bước như sau:

Bước 1. Xác định các thông số ban đầu, bao gồm các thông số thuật phóng, kích thước của hệ súng đạn thật.

Bước 2. Xác định sơ bộ các thông số thuật phóng ngoài của đạn bắn tập:

+ Bước 2.1. Lấy $i_{bt} = i_t$, $v_{kbt} = v_{kt}$, $C_{bt} = C_t$.
+ Bước 2.2. Xác định bộ các giá trị (d_{bti} , m_{bti}) từ điều kiện $C_{bt} = C_t$.

+ Bước 2.3. Chọn bộ giá trị tối ưu (d_{bt} , m_{bt}) phù hợp với khả năng công nghệ chế tạo trong nước.

Bước 3. Xác định các thông số thuật phóng động cơ tên lửa với điều kiện $v_{kbt} = v_{kt}$.

Bước 4. Thiết kế kết cấu và kỹ thuật trên cơ sở bộ số liệu kết cấu được xác định ở bước 2 và bước 3, qua đó xác định được hệ số hình dạng i_{bt} của đạn bắn tập.

Nếu $i_{bt} = i_t$ thì đạn bắn tập đảm bảo yêu cầu trùng đường đạn và phương án thiết kế thỏa mãn yêu cầu.

Nếu $i_{bt} \neq i_t$, phải thay đổi các thông số: vận tốc lớn nhất v_k và khối lượng phần bay m (được điều chỉnh qua khối lượng phần chiến đầu) để đường đạn sai lệch với đường đạn thật trong phạm vi cho phép.

Trong các vòng lặp trên sử dụng hệ phương trình cơ bản của lý thuyết động cơ tên lửa nhiên liệu rắn [6] và hệ phương trình thuật phóng ngoài của đạn thông thường [7].

4. ỨNG DỤNG THIẾT KẾ THUẬT PHÓNG CHO THIẾT BỊ BẮN TẬP SỬ DỤNG NGUYÊN LÝ PHẢN LỰC VÀ KHẢO SÁT ẢNH HƯỞNG VẬN TỐC v_k VÀ KHỐI LƯỢNG PHẦN BAY m TỚI SAI LỆCH ĐỘ CAO ĐƯỜNG ĐẠN VÀ SAI LỆCH ĐỘ CAO ĐIỂM CHẠM Ở CÁC TẦM BẮN KHÁC NHAU

a) Số liệu ban đầu của súng và đạn thật:

Qua đo đạc trên mẫu thật và thử nghiệm

bắn đạn thật xác định được các thông số sau: $d_t = 105 \text{ mm}$; $m_t = 5,76 \text{ kg}$; $i_t = 1,95$; $v_{kt} = 230 \text{ m/s}$; các góc phóng ứng với thước ngắm 1, 2, 3 lần lượt bằng $0,8114^\circ$; $1,3126^\circ$; $1,8361^\circ$.

b) Chọn bộ thông số thuật phóng ngoài:

Với $i_{bt} = i_t = 0 = 1,95$, ta tính được $C_{bt} = C_t = 3,74$. Chọn $d_{bt} = 42 \text{ mm}$, ta tính được $m_{bt} = 0,92 \text{ kg}$; $v_{kbt} = v_{kt} = 230 \text{ m/s}$.

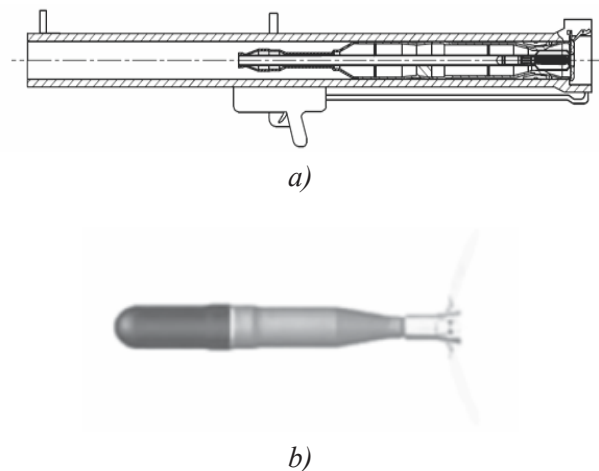
c) Thiết kế kết cấu và xác định hệ số hình dạng i_{bt}

Với bộ số liệu sơ bộ xác định trên cơ sở thiết kế thuật phóng cho thiết bị bắn tập, lựa chọn hình dạng, kích thước của thiết bị bắn tập thiết kế. Kết cấu thiết bị bắn tập và đạn bắn tập được thể hiện trên Hình 2. Qua tính toán thời khí động trên phần mềm Ansys CFX với hình dạng đạn bắn tập thiết kế, xác định được $i_{bt} = 2,3$.

Bài toán thiết kế đặt ra: Cần phải xác định vùng vận tốc lớn nhất v_k và khối lượng phân bay m để sai lệch về chiều cao đường đạn và chiều cao điểm chạm nhỏ đến mức cho phép tương ứng với các tầm bắn khác nhau.

d) Ảnh hưởng của vận tốc v_k và khối lượng phân bay m đến sai lệch chiều cao đường đạn và chiều cao điểm chạm ở các tầm bắn khác nhau.

Thực hiện sơ đồ thuật toán giải hệ phương trình cơ bản thuật phóng ngoài đối với đạn thật và đạn bắn tập với v_{kbt} thay đổi. Do $i_{bt} > i_t$ nên cần tăng v_{kbt} đến giá trị phù hợp. Kết quả khảo sát trình bày trên bảng 1.



Hình 2. Kết cấu thiết bị bắn tập:
a. Toàn cảnh thiết bị bắn tập; b. Đạn bắn tập trên đường bay

Bảng 1. Ảnh hưởng của v_{kbt} đến ΔY_{max} và ΔY_i ($i_{bt} =$

2,3)

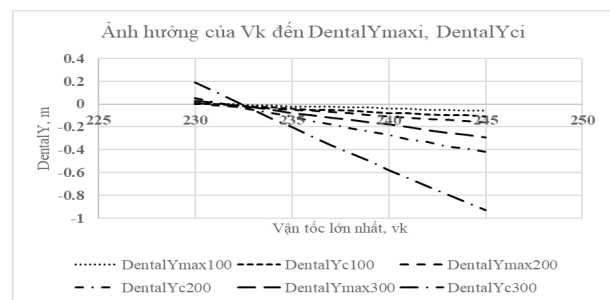
Thước ngắm 1		Thước ngắm 2		Thước ngắm 3	
$q_1 = 0,8114^\circ$		$q_2 = 1,3126^\circ$		$q_3 = 1,8361^\circ$	
X = 100 m		X = 200 m		X = 300 m	
$DY_{max100}, \text{ m}$	$DY_{C100}, \text{ m}$	$DY_{max200}, \text{ m}$	$DY_{C200}, \text{ m}$	$DY_{max300}, \text{ m}$	$DY_{C300}, \text{ m}$
m	m	m	m	m	m
0,01	0	0,01	0,05	0,03	0,19
0	0	-0,01	0,02	0,01	0,11
0	-0,01	-0,02	-0,02	-0,01	0,03
-0,01	-0,02	-0,03	-0,05	-0,03	-0,05
-0,01	-0,03	-0,04	-0,08	-0,05	-0,13
-0,02	-0,04	-0,05	-0,11	-0,08	-0,2



-0,02	-0,05	-0,06	-0,15	-0,1	-0,28
-0,02	-0,05	-0,07	-0,18	-0,12	-0,36
-0,03	-0,06	-0,08	-0,21	-0,14	-0,43
-0,03	-0,07	-0,1	-0,24	-0,16	-0,5
-0,04	-0,08	-0,11	-0,27	-0,18	-0,58
-0,04	-0,08	-0,12	-0,31	-0,2	-0,65
-0,05	-0,09	-0,13	-0,33	-0,23	-0,72
-0,05	-0,1	-0,14	-0,37	-0,25	-0,79
-0,06	-0,1	-0,15	-0,39	-0,27	-0,86
-0,06	-0,11	-0,16	-0,42	-0,29	-0,93

Trên cơ sở kết quả Bảng 1, xây dựng đồ thị thể hiện sự ảnh hưởng của vận tốc lớn nhất v_k đến sai lệch chiều cao đường đạn và chiều cao điểm chạm. Đồ thị được thể hiện trên Hình 3.

Từ Hình 3 ta nhận thấy: ở cả ba dải tầm (100 m, 200 m và 300 m), giá trị vận tốc v_k lớn nhất cho sai lệch chiều cao điểm chạm và chiều cao đường đạn nhỏ nhất là khoảng 232,5 m/s. Tuy nhiên, thực tế giá trị v_k của đạn thật cũng nằm trong một khoảng nhất định (giá trị tính toán được thực hiện với giá trị danh nghĩa). Vì vậy, từ đồ thị hình 3 có thể chọn vùng thay đổi của v_k trong khoảng 232,5 m/s đến khoảng 240 m/s, lúc đó sai lệch điểm chạm lớn nhất ở tầm 300 m là 0,6 m.

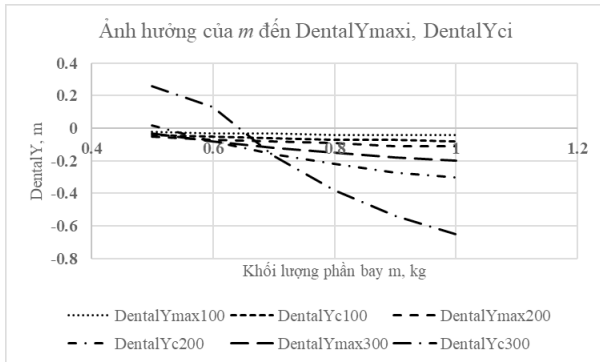


Hình 3. Ảnh hưởng của vận tốc lớn nhất V_k đến sai lệch chiều cao đường đạn và chiều cao điểm chạm ở các tầm bắn 100 m, 200 m và 300 m

Trên cơ sở kết quả khảo sát ảnh hưởng của v_k , bài báo tiến hành khảo sát ảnh hưởng của khối lượng phần bay ứng với vận tốc $v_k = 240$ m/s - ứng với trường hợp cho độ lệch điểm chạm lớn nhất có thể chấp nhận được. Kết quả khảo sát được thể hiện trên Bảng 3 và Hình 4.

Bảng 3. Ảnh hưởng của m đến ΔY_{maxi} và ΔY_i ($v_k = 240$ m/s)

m, kg	Thước ngắm 1		Thước ngắm 2		Thước ngắm 3	
	$q_1 = 0,8114^\circ$		$q_2 = 1,3126^\circ$		$q_3 = 1,8361^\circ$	
	X = 100m		X = 200m		X = 300m	
	DY _{max100} , m	DY _{C100} , m	DY _{max200} , m	DY _{C200} , m	DY _{max300} , m	DY _{C300} , m
0,5	-0,02	-0,04	-0,05	0,02	-0,03	0,26
0,6	-0,03	-0,05	-0,07	-0,08	-0,08	0,13
0,7	-0,03	-0,06	-0,08	-0,16	-0,12	-0,17
0,8	-0,04	-0,07	-0,09	-0,22	-0,15	-0,38
0,9	-0,04	-0,07	-0,11	-0,27	-0,18	-0,54
1,0	-0,04	-0,08	-0,11	-0,3	-0,2	-0,65



Hình 4. Ảnh hưởng của khối lượng phân bay m đến sai lệch chiều cao đường đạn và chiều cao điểm chạm ở các tầm bắn 100 m, 200 m và 300 m

Từ đồ thị Hình 4 nhận thấy, nếu ứng với $v_k = 240$ m/s, có thể điều chỉnh khối lượng phân bay của đạn bắn tập trong khoảng $0,6 \div 0,7$ kg, lúc đó sai lệch điểm chạm và chiều cao đường đạn của đạn bắn tập và đạn thật ở vùng nhỏ nhất.

5. KẾT LUẬN

Bài báo đã đưa ra quan điểm chung thiết kế các thiết bị bắn tập theo nguyên lý phản lực, có thể áp dụng khi thiết kế thiết bị bắn tập cho loại đạn phản lực chống tăng. Kết quả khảo sát đối với thiết bị bắn tập cho đạn phản lực chống tăng cỡ 105 mm cho thấy để đảm bảo yêu cầu tương đồng về quỹ đạo (sai lệch chiều cao điểm chạm và chiều cao đường đạn của đạn thật và

đạn bắn tập không vượt quá 0,6 m ở tầm bắn 300 m) thì vùng giá trị vận tốc lớn nhất của đạn bắn tập là $232,5 \div 240$ m/s. Khối lượng phân bay của đạn bắn tập nằm trong khoảng $0,6 \div 0,7$ kg, khi vận tốc lớn nhất của đạn bắn tập là 240 m/s thì sai lệch chiều cao đường đạn và điểm chạm trên bia ở các tầm bắn 100m, 200m và 300m là nhỏ nhất. ❖

Ngày nhận bài: 21/10/2025

Ngày phản biện: 04/11/2025

Tài liệu tham khảo:

- [1]. "Training weapon system for recoilless antitank rifle weapons". US patent WO 2011/142695A1, 2011.
- [2]. "Приспособление ПУС-7М для учебной стрельбы из РПГ-7". Техническое описание и инструкция по эксплуатации. М, 1986.
- [3]. "Основы устройства и эксплуатации стрелкового оружия и гранатометов". Мин.обороны, Москва, 1978.
- [4]. Наставление по стрелковому делу ручной противотанковый гранатомет (РПГ-7 и РПГ-7Д).
- [5]. Weapon training systems. US patent, 1990.
- [6]. Nguyễn Văn Thọ, Nguyễn Đình Sại, "Giáo trình thuật phóng ngoài". Học viện Kỹ thuật quân sự, 2003.
- [7]. Phạm Thế Phiệt, "Lý thuyết động cơ tên lửa". Học viện Kỹ thuật quân sự, 1995.