

ĐẶC TRƯNG CỦA LOA GIẢM GIẬT ĐẦU NÒNG PHÁO 30mm PTĐ30

CHARACTERISTICS OF THE MUZZLE BRAKE FOR THE 30mm PTD30 AUTOCANNON

Mai Viết An, Khuất Hữu Trí, Mai Văn An, Tạ Bá Dũng*

Viện Vũ khí, Tổng cục Công nghiệp quốc phòng

*Email: dungvk34@gmail.com

TÓM TẮT

Bài báo trình bày một số kết quả nghiên cứu tính toán các đặc trưng của loa giảm giật đầu nòng dùng cho pháo tự động 30mm PTĐ30. Pháo tự động 30mm PTĐ30 là loại pháo tự động có uy lực mạnh, tốc độ bắn cao..., xung lực phát bắn tạo ra tác dụng về phía sau rất lớn, gây ảnh hưởng đến độ chính xác bắn. Để giảm xung lực giật tác dụng, ngoài các yếu tố đảm bảo về đạn thì kết cấu của pháo phải được thiết kế hợp lý trên cơ sở ứng dụng các cơ cấu giảm xung lực giật tác dụng, như: loa giảm giật đầu nòng có hiệu suất cao, giảm va, đệm cao su đàn hồi, v.v... Trong các yếu tố trên, loa giảm giật đầu nòng được sử dụng như một giải pháp hiệu quả, lợi dụng phần năng lượng dư của phát bắn trong thời kỳ tác dụng sau cùng của khí thuốc làm giảm xung lực giật. Hiệu quả của loa giảm giật được thể hiện thông qua các đặc trưng cơ bản là hệ số đặc trưng kết cấu α ; hiệu suất năng lượng ΔE ; hiệu suất xung lượng ΔJ .

Từ khóa: Loa giảm giật; Xung lực giật; Hiệu suất xung lượng.

ABSTRACT

This paper presents some computational research results on the characteristics of the muzzle brake used for the 30mm PTD30 autocannon. The 30mm PTD30 is a powerful autocannon with a high rate of fire, etc. The firing impulse generates a significant rearward effect, which adversely affects firing accuracy. To reduce the recoil impulse, in addition to ammunition-related factors, the cannon structure must be rationally designed based on the application of recoil impulse reduction mechanisms, such as: a high-efficiency muzzle brake, a buffer, an elastic rubber pad, etc. Among the above factors, the muzzle brake is employed as an effective solution, utilizing the residual energy of the shot during the final action period of the propellant gases to reduce the recoil impulse. The effectiveness of the muzzle brake is expressed through the following basic characteristics: the structural characteristic coefficient α ; the energy efficiency ΔE ; and the impulse efficiency ΔJ .

Keywords: Muzzle brake; Recoil impulse; Impulse efficiency.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Loa giảm giạt đầu nòng có thể coi là một máy nhiệt sinh công từ nguồn năng lượng của khí thuốc phóng. Sau khi đầu đạn rời khỏi miệng nòng, khí thuốc trong lòng nòng có nhiệt độ và áp suất cao chảy vào các khoang của loa. Tại đây, dòng khí được giãn nở tăng tốc độ (động năng) của dòng khí và phát sinh tác dụng do quá trình va đập vào các mặt phản xạ phía trước cũng như phụt qua các lỗ phụt khí trên thành bên của loa. Kết quả, năng lượng được chuyển hóa thành công cơ học tác dụng đối với khối lùn và toàn bộ pháo. Loa giảm giạt có thể giảm đáng kể cường độ xung giạt lùn và cho phép giảm thiểu trọng lượng của vũ khí, tăng độ chính xác bắn. Cũng như các loại thiết bị đầu nòng khác, ngoài giảm giạt, loa giảm giạt còn làm giảm lửa đầu nòng khi bắn.

Bài toán nhiệt động học của thiết bị trích khí nói chung và thiết bị đầu nòng nói riêng là một trong những bài toán phức tạp và được giải quyết dựa trên cơ sở của việc giải các phương trình cơ bản xác định các tham số trạng thái chất khí, phụ thuộc vào hình dạng dòng khí và điều kiện trao đổi nhiệt với môi trường bên ngoài. Theo [2], [3], [4], để thiết lập được các phương trình cơ bản của loa giảm giạt cần sử dụng một số giả thiết, trên cơ sở đó xác định các tham số dòng chảy dừng, điều kiện chảy khí trong các trường hợp khác nhau (chảy khí trong ống khi có sự mở rộng đột ngột thiết diện dòng chảy, ảnh hưởng của sự nén dòng, v.v...). Trên cơ sở kết cấu của từng loại loa giảm giạt xác định các biểu thức tính toán các đặc trưng của loa cũng như đánh giá hiệu quả ổn định của nó khi bắn.

2. KẾT CẤU LOA GIẢM GIẠT ĐẦU NÒNG PHÁO 30 mm PTĐ30

Nhìn chung kết cấu của các loa giảm

giạt dùng trong súng pháo rất đa dạng và phong phú. Trong nhiều trường hợp, kết cấu của loa giảm giạt chỉ thay đổi nhỏ nhưng lại ảnh hưởng lớn đến hiệu suất của loa.

Loa giảm giạt đầu nòng tuy có kết cấu đơn giản nhưng quá trình xảy ra trong nó rất phức tạp. Theo [2], [3], các yếu tố kết cấu ảnh hưởng cơ bản tới hiệu quả của loa giảm giạt như sau:

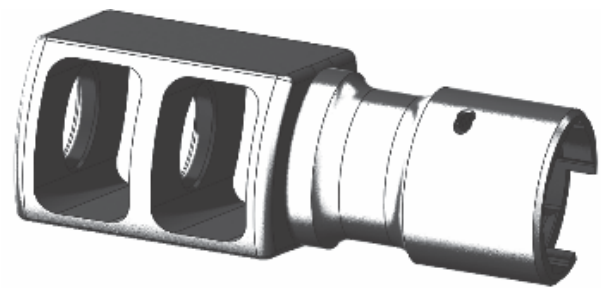
- Lỗ thoát đầu đạn d_0 : Sự thay đổi kích thước đường kính lỗ thoát đầu đạn d_0 ảnh hưởng rất lớn đến lưu lượng tương đối của dòng khí. Do vậy, nó ảnh hưởng lớn đến hiệu suất của loa giảm giạt. Khi tăng d_0 , hiệu suất của loa giảm giạt giảm đi rõ rệt. Vì vậy, để hiệu suất của loa giảm giạt cao, cần thiết phải giảm d_0 . Nhưng d_0 phải đủ lớn để đảm bảo không gây ảnh hưởng đến sự chuyển động của đầu đạn, thông thường $d_0 = (1,1 \div 1,2)d$, với d là cỡ đạn. Như vậy, với đạn cỡ 30 mm, ta có thể chọn $d_0 = 0,36$ dm;

- Số ngăn của loa giảm giạt: Mục đích của việc sử dụng loa giảm giạt nhiều ngăn là để lợi dụng triệt để dòng khí phụt qua lỗ thoát đầu đạn của các ngăn trước sang ngăn sau nhằm nâng cao hiệu suất. Quá trình sinh lực cản của dòng khí ở các ngăn tiếp theo cũng tương tự như các ngăn trước, nhưng áp suất và lưu lượng của dòng khí thấp hơn, hiệu suất đạt được ở các ngăn sau cũng thấp hơn các ngăn đầu. Tuy nhiên, việc tăng số ngăn của loa giảm giạt cũng tạo nên một số nhược điểm như tăng kích thước, khối lượng, yêu cầu chế tạo cũng đảm bảo chính xác hơn... Chính vì vậy, số ngăn của loa giảm giạt của pháo 30mm PTĐ30 là $n = 2$;

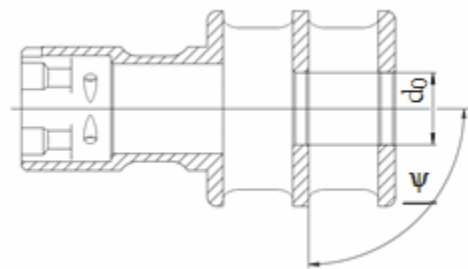
- Diện tích lỗ phụt khí F_c : Diện tích lỗ phụt khí trong các ngăn của loa giảm giạt đảm bảo cho dòng khí sau khi va đập vào thành chắn của loa giảm giạt được thoát ra và chuyển hướng phụt về phía sau một cách dễ dàng. ☞

Chính vì vậy, nó ảnh hưởng trực tiếp đến lưu lượng tương đối của dòng khí, từ đó ảnh hưởng đến hiệu suất của loa giảm giạt. Đối với loa giảm giạt pháo 30mm PTĐ30, lỗ phụt khí có dạng vành khuyên, đều, không mở rộng theo chiều dài lỗ (hình 2.1), kích thước 35×55mm, các góc về cung R8 mm, $F_c = 0,187 \text{ dm}^2$.

- Góc nghiêng lỗ phụt khí ψ : Góc nghiêng lỗ phụt khí ψ là thông số chủ yếu quyết định hướng phụt về sau của dòng khí, đồng thời quyết định động lượng phản tác dụng của dòng khí trên hình chiếu trục nòng. Chính vì vậy, góc nghiêng lỗ phụt khí ảnh hưởng lớn đến hiệu suất của loa giảm giạt, khi góc nghiêng càng lớn thì hướng phản lực của dòng khí qua lỗ phụt càng về sau nên hiệu suất của loa giảm giạt càng cao. Tuy nhiên, góc nghiêng cũng quyết định tới áp suất dư tác dụng trực tiếp lên xạ thủ bắn và các khí tài phía sau, góc nghiêng càng lớn thì áp suất dư càng cao, vì vậy, đối với loa giảm giạt của pháo tự động 30mm PTĐ30, góc nghiêng lỗ phụt khí $\psi = 90^\circ$ là phù hợp.



a) Hình 3D



b) Hình cắt bổ

Hình 2.1. Loa giảm giạt pháo 30mm PTĐ30

Các thông số kết cấu cơ bản của loa giảm giạt pháo 30mm PTĐ30 như trên bảng 1.

Bảng 1. Các thông số kết cấu cơ bản của loa giảm giạt

TT	Thông số	Ký hiệu	Đơn vị	Giá trị	Ghi chú
1	Đường kính lỗ thoát đạn	d_0	dm	0,36	
2	Số ngăn của loa giảm giạt	n	-	2	
3	Diện tích lỗ phụt khí	F_c	dm ²	0,187	

3. NGHIÊN CỨU TÍNH TOÁN CÁC ĐẶC TRƯNG CỦA LOA GIẢM GIẠT

Với giả thiết dòng khí ở trạng thái tới hạn và đẳng entropi, các phương trình tính toán các tham số đặc trưng của loa giảm giạt đầu nòng được xác định như sau [3], [4]:

1) Hệ số đặc trưng kết cấu α

Hệ số đặc trưng kết cấu α quan hệ với

kích thước và hình dạng của loa theo công thức:

$$\alpha = \overline{K}_B \sigma_1 \sigma_2 \dots \sigma_n + \sum_{i=1}^n \sigma_1 \sigma_2 \dots \sigma_{i-1} (1 - \sigma_i) \overline{K}_i \xi_i \cos \psi_i \quad (3.1)$$

Trong đó:

$$- \overline{K}_B = \frac{K_B}{k}, \quad \overline{K}_i = \frac{K_i}{k} \text{ là các đại lượng}$$

tương đối của hệ số phản lực. $K_B \approx 1$, do lòng loa không mở rộng đột ngột; $K_i = 1$, do lỗ phụt khí thẳng đều, không mở rộng;

- n là số ngăn của loa giảm giạt;
 - ψ_i là góc nghiêng của lỗ phụt khí ngăn thứ i ;
 - ξ_i là hệ số tính đến hiệu quả dẫn khí trong mặt nghiêng, đại lượng ξ_i có ảnh hưởng rất nhiều đến giá trị α và ΔE . Theo [3], [4], ξ_i được xác định theo công thức:

$$\xi_i = \frac{\cos(\psi_i^1 + \Delta\psi_i^1)}{\cos\psi_i^1 \cos\Delta\psi_i^1} \quad (3.2)$$

Trong đó:

- ψ_i^1 là góc nghiêng mặt vát của lỗ phụt khí ngăn thứ i ;
 - $\Delta\psi_i^1$ là góc giữa pháp tuyến của mặt vát lỗ phụt khí và trục tâm lỗ phụt khí. Giá trị $\Delta\psi_i^1$ phụ thuộc vào ψ_i^1 và được xác định theo bảng (đồ thị) trong [3], [4].
 - σ_i là tỷ lệ lượng khí trong dòng chính của ngăn thứ i , σ_i được xác định theo công thức:

$$\sigma_i = \frac{1}{1 + \frac{F_{ci}}{F_{oi}} \frac{1}{1 + k(1 - \cos\psi_i)}} \quad (3.3)$$

Ở đây:

- F_{ci} là diện tích tiết diện ngang lỗ phụt của ngăn thứ i ;
 - F_{oi} là diện tích tiết diện ngang lỗ thoát đầu đạn qua ngăn thứ i .

Đối với loa giảm giạt của pháo 30mm PTĐ30, do hình dạng và kích thước của lỗ phụt bên các ngăn của loa giảm giạt như nhau, nên $\sigma_i = \sigma$; $\psi_i = \psi$; $\bar{K}_i = \bar{K}_G$; $\xi_i = \xi$, nên phương trình xác định α (3.1) được viết lại theo công thức:

$$\alpha = \bar{K}_B \sigma^n + \sum_{i=1}^n \bar{K}_G \xi (1 - \sigma^n) \cos\psi \quad (3.4)$$

2) Hiệu suất năng lượng ΔE

Hiệu suất năng lượng ΔE của loa giảm

giạt là hệ số đặc trưng cho độ giảm tương đối động năng do có loa giảm giạt. Nó được xác định bằng công thức [3], [4]:

$$\Delta E = \frac{E_{0H} - E_0}{E_0} \quad (3.5)$$

Trong đó, E_{0H} , E_0 là động năng của thân pháo ở cuối thời kỳ tác dụng sau cùng khi lùn tự do có loa giảm giạt (E_{0H}) và không loa giảm giạt (E_0), được xác định theo công thức:

$$E_{0H} = \frac{Q_{0H}}{2g} V_{0H}^2 \quad (3.6)$$

$$E_0 = \frac{Q_0}{2g} V_0^2 \quad (3.7)$$

Ở đây, V_{0H} , V_0 là vận tốc của thân pháo ở cuối thời kỳ tác dụng sau cùng khi lùn tự do có loa giảm giạt (V_{0H}) và không loa giảm giạt (V_0), được xác định theo công thức:

$$V_{0H} = \frac{q + \alpha\beta\omega}{Q_{0H}} v_d \quad (3.8)$$

$$V_0 = \frac{q + \beta\omega}{Q_0} v_d \quad (3.9)$$

Trong đó:

v_d - Vận tốc đầu nòng của đầu đạn;
 Q_{0H} , Q_0 - Trọng lượng thân pháo có loa giảm giạt và không loa giảm giạt;
 ω - Trọng lượng thuốc phóng;
 β - Hệ số tác dụng sau cùng của khí thuốc, thông thường đối với pháo β có thể được xác định theo công thức: $\beta = \frac{1300}{v_d}$;

q - Trọng lượng đầu đạn.

Thay các công thức (3.6), (3.7), (3.8) và

(3.9) vào công thức (3.5), ta được công thức xác định hiệu suất năng lượng ΔE :

$$\Delta E = \frac{Q_0}{Q_{0H}} \left(\frac{1 + \alpha \beta \frac{\omega}{q}}{1 + \beta \frac{\omega}{q}} \right)^2 - 1 \quad (3.10)$$

3) Hiệu suất xung lượng ΔJ

Hiệu suất xung lượng ΔJ là hệ số đặc trưng cho độ giảm tương đối của xung lượng khối lùn. Nó được xác định bằng [3], [4]:

$$\Delta J = \frac{J_{0H} - J_0}{J_0} \quad (3.11)$$

Trong đó, J_{0H} , J_0 là tổng xung lượng tác dụng lên đáy nòng khi có loa giảm giạt (J_{0H}) và không có loa giảm giạt (J_0) và được xác định theo công thức:

$$J_{0H} = \frac{q + \alpha \beta \omega}{g} v_d \quad (3.12)$$

$$J_0 = \frac{q + \beta \omega}{g} v_d \quad (3.13)$$

Thay các công thức (3.12) và (3.13) vào công thức (3.11), ta được công thức xác định đặc trưng xung lượng ΔJ :

$$\Delta J = (\alpha - 1) \frac{\beta \frac{\omega}{q}}{1 + \beta \frac{\omega}{q}} \quad (3.14)$$

Như vậy, ΔE và ΔJ là các đại lượng đặc trưng cho sự biến thiên tương đối của động năng lùn tự do của thân pháo và xung lượng

tăng lùn (tác dụng lên đáy nòng) trong thời gian tác động của thiết bị đầu nòng.

Khi $\alpha < 1$, giá trị ΔE và ΔJ có dấu âm. Dấu âm thể hiện sự giảm động năng của khối lùn hoặc giảm xung lượng của phát bắn, do loa giảm giạt đầu nòng gây ra.

Khi tăng lên ($\alpha \geq 1$), các giá trị ΔE và ΔJ lớn hơn không và đặc trưng cho việc tăng động năng của khối lùn hoặc tăng xung lượng của phát bắn. Thông thường ΔE và ΔJ viết dưới dạng %.

Giữa ΔE và ΔJ có mối quan hệ sau:

$$\Delta J = \sqrt{1 + \frac{Q_{0H}}{Q_0} \Delta E} - 1 \quad (3.15)$$

Nếu cho ΔJ và ΔE , ta xác định một giá trị của α :

$$\alpha = \sqrt{1 + \frac{Q_{0H}}{Q_0} \Delta E} \left(1 + \frac{g}{\beta \omega} \right) - \frac{g}{\beta \omega} = 1 + \left(1 + \frac{g}{\beta \omega} \right) \Delta J \quad (3.16)$$

Như vậy, trong các công thức (3.4), (3.10) và (3.14), hệ số kết cấu α , hiệu suất năng lượng ΔE và hiệu suất xung lượng ΔJ phụ thuộc vào một biến số là góc nghiêng của lỗ phụt khí thuộc ψ .

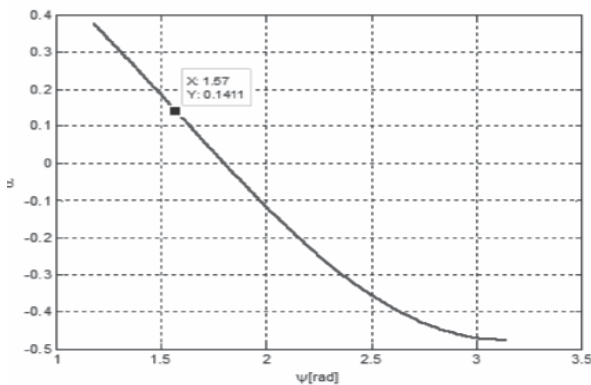
4. KẾT QUẢ TÍNH TOÁN CÁC ĐẶC TRƯNG CỦA LOA GIẢM GIẠT

Với các thông số kết cấu của loa giảm giạt trên bảng 1 và bảng 2, kết hợp với các hệ số xác định theo [3], [4], giải bài toán xác định các đặc trưng của loa giảm giạt (3.4), (3.10) và (3.14), chúng ta xác định được các đặc trưng xung lượng kết cấu α (hình 3.1), đặc trưng xung lượng ΔJ (hình 3.2) và đặc trưng năng lượng

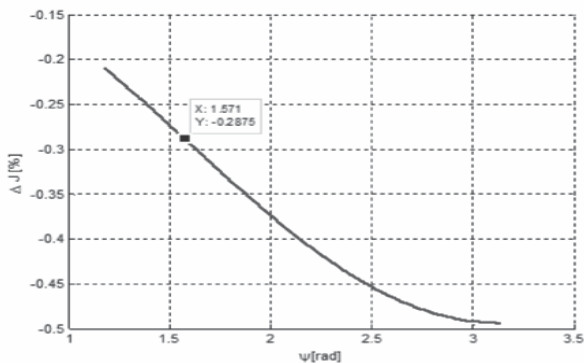
ΔE (hình 3.3) phụ thuộc vào góc nghiêng lỗ phụt khí thuốc ψ ($0^\circ < \psi < 180^\circ$).

Bảng 2. Các thông số đầu vào tính toán đặc trưng loa giảm giạt pháo 30mm PTĐ30

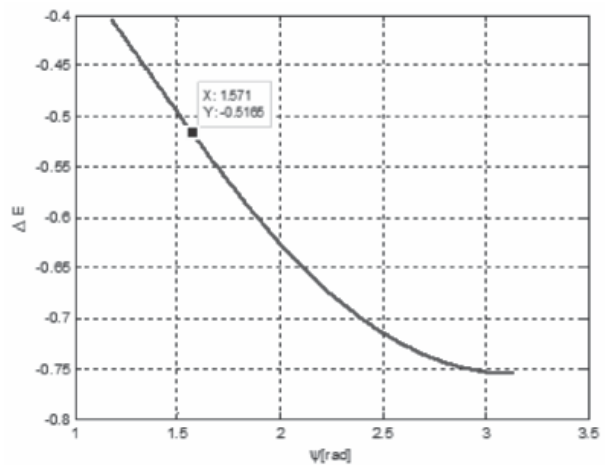
TT	Thông số	Ký hiệu	Đơn vị	Giá trị	Ghi chú
1	Thể tích lòng nòng	W_{KH}	dm^3	1,7	
2	Vận tốc đầu đạn tại miệng nòng	v_d	m/s	980	
3	Áp suất đầu nòng	P_d	MPa	59,7	



Hình 3.1. Đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc của hệ số đặc trưng kết cấu α vào góc nghiêng lỗ phụt khí thuốc ψ



Hình 3.2. Đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc của hiệu suất xung lượng ΔJ vào góc nghiêng lỗ phụt khí thuốc ψ



Hình 3.3. Đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc của hiệu suất năng lượng ΔE vào góc nghiêng lỗ phụt khí thuốc ψ

*Nhận xét kết quả tính toán:

Theo đồ thị hình 3.1, hình 3.2 và hình 3.3, ta thấy rằng:

- Hiệu suất xung lượng ΔJ và hiệu suất năng lượng ΔE tỷ lệ thuận với góc nghiêng lỗ phụt khí thuốc ψ . Khi góc nghiêng lỗ phụt khí ψ càng lớn thì hiệu suất xung lượng ΔJ , hiệu suất năng lượng ΔE có giá trị càng lớn và ngược lại (dấu “-” thể hiện độ giảm của xung lượng giạt và năng lượng lùi của thân súng khi bắn).

- Hệ số đặc trưng kết cấu α tỷ lệ nghịch với góc nghiêng lỗ phụt khí thuốc ψ , khi tăng ψ , hệ số α càng nhỏ và ngược lại.

- Khi $\psi = 90^\circ$, hệ số đặc trưng kết cấu $\alpha = 0,1411$; hiệu suất xung lượng $\Delta J = -28,75\%$; hiệu suất năng lượng $\Delta E = -51,65\%$.

Như vậy, đối với pháo tự động 30mm PTĐ30, khi bắn pháo có lắp loa giảm giạt, kết cấu như trên hình 2.1, thì xung lượng giạt và năng lượng lùi của pháo tương ứng giảm 28,75% và 51,65% so với khi bắn pháo không

lắp loa giảm giạt. Kết quả tính toán này cho thấy hiệu quả rất lớn khi sử dụng thiết bị đầu nòng, lợi dụng năng lượng dư của phát bắn làm giảm xung lực giạt tác dụng về phía sau, nhờ đó có thể làm tăng tính cơ động và tăng độ chính xác bắn. ❖

Ngày nhận bài: **10/4/2026**

Ngày phản biện: **22/4/2026**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Nguyễn Ngọc Du, Đỗ Văn Thọ, “*Thuật phóng trong của súng pháo*”. Học viện Kỹ thuật quân sự, Hà Nội, 1976.
- [2]. Khoa Vũ khí, “*Nguyên lý thiết kế vũ khí có nòng*”. Học viện Kỹ thuật quân sự, Hà Nội, 2000.
- [3]. Phạm Huy Chương, “*Động lực học vũ khí tự động*”. Học viện Kỹ thuật quân sự, Hà Nội, 2002.
- [4]. Б.В.Орлов; Э.К.Ларман; В.Г.Макилов, “*Устройство и проектирование стволов артиллерийских орудий*”. Издательство "Мошиностроение", Москва, 1976.