

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA THIẾT BỊ ĐẦU NÒNG ĐẾN LỰC GIẬT LÙI CỦA SÚNG TỰ ĐỘNG BẰNG THỰC NGHIỆM

STUDY THE EFFECTS OF MUZZLE DEVICES ON THE RECOIL FORCE OF AN AUTOMATIC WEAPON BY EXPERIMENT

Võ Văn Biên^{1,*}, Bùi Quý Việt¹

DOI: <http://doi.org/10.57001/hu1h5804.2025.122>

TÓM TẮT

Lực giật lùi của vũ khí khi bắn không chỉ ảnh hưởng đến độ bền kết cấu của vũ khí mà còn ảnh hưởng đến độ ổn định của phát bắn, làm giảm khả năng tiêu diệt mục tiêu. Do quá trình chảy khí xảy ra ở thiết bị đầu nòng khá phức tạp nên các phương pháp nghiên cứu lý thuyết hiện tại về lĩnh vực này được sử dụng chỉ để tính toán sơ bộ, độ tin cậy chưa cao. Trong nghiên cứu này đã trình bày một phương pháp đo thực nghiệm, nghiên cứu ảnh hưởng của các loại thiết bị đầu nòng đến lực giật lùi của súng tự động khi bắn loạt ngắn. Súng tiểu liên AKM sử dụng các loại thiết bị đầu nòng khác nhau đã được lựa chọn làm đối tượng thử nghiệm. Phương pháp và nguyên lý đo lường được giới thiệu trong bài báo này có thể được áp dụng cho các hệ thống vũ khí có kết cấu tương tự. Kết quả thu được từ nghiên cứu này được sử dụng để xác minh các mô hình toán học tương ứng, đây cũng là cơ sở khoa học đáng tin cậy phục vụ cho quá trình lựa chọn, nghiên cứu thiết kế tối ưu các loại thiết bị đầu nòng sử dụng trong vũ khí tự động cỡ nhỏ.

Từ khóa: Thiết bị đầu nòng, lực phát bắn, lực giật lùi, đo lường thí nghiệm.

ABSTRACT

The recoil force of a weapon not only affects its structural durability, but also impacts the stability of the shot, reducing its ability to neutralize the target. However, due to the complexity of the airflow process in the muzzle device, current theoretical research methods in this field are only suitable for preliminary calculations and have limited reliability. This study presents an experimental measurement method to examine the effects of different muzzle devices on the recoil force of an automatic weapon during short burst firing. The AKM submachine gun was selected as the test subject. The measurement methods and principles introduced in this paper can be applied to weapon systems with similar structures. The results obtained from this study can be used to validate corresponding mathematical models, providing a reliable scientific basis for the selection, research, and optimal design of muzzle devices for small-caliber automatic weapons.

Keywords: Muzzle devices, firing force, recoil force, experiment measurement.

¹Khoa Vũ khí, Học viện Kỹ thuật quân sự

*Email: vovanbien@lqdtu.edu.vn

Ngày nhận bài: 15/01/2025

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 05/3/2025

Ngày chấp nhận đăng: 28/5/2025

1. GIỚI THIỆU

Trong chiến tranh hiện đại, người lính sẽ là yếu tố cuối cùng quyết định đến cục diện trên chiến trường. Vì vậy các quốc gia trên thế giới đều tập trung xây dựng lực lượng bộ binh hùng mạnh cả về con người lẫn vũ khí trang bị. Thực hiện chủ trương phát huy nội lực từng bước tự sản xuất, tự trang bị cho quân đội, trong thời

gian gần đây ở nước ta một loạt các dự án chế tạo vũ khí đã được xây dựng và triển khai thực hiện có hiệu quả. Về cơ bản chúng ta đã làm chủ được quá trình thiết kế và sản xuất các loại súng cỡ nhỏ theo mẫu của nước ngoài, nhưng để thực sự làm chủ được cả quá trình và có thể tự thiết kế ra những loại vũ khí, trang bị phù hợp với cách đánh và con người Việt Nam thì đòi hỏi phải có những

nguyên cứu sâu hơn về bản chất các hiện tượng xảy ra khi bắn. Các hướng nghiên cứu cần phù hợp với thực tế hơn nữa để giúp định hướng cho quá trình thiết kế và giảm chi phí thử nghiệm.

Trong thiết kế vũ khí tự động cỡ nhỏ, một bài toán rất quan trọng đó là đánh giá độ ổn định của hệ vũ khí khi bắn vì đây là một trong những yếu tố quyết định đến độ chính xác bắn tức là khả năng tiêu diệt mục tiêu. Tùy theo điều kiện kinh tế và ý đồ chiến thuật, sự phát triển súng tự động cầm tay ở các nước có thể theo các xu hướng khác nhau nhưng cơ bản đều tập trung giải quyết tốt sự tương thích giữa súng với tâm lý và sức khỏe của xạ thủ. Trên cơ sở đó tăng khả năng làm việc tin cậy cho các bộ phận và cơ cấu của súng, từ đó nâng cao độ chính xác bắn cho súng.

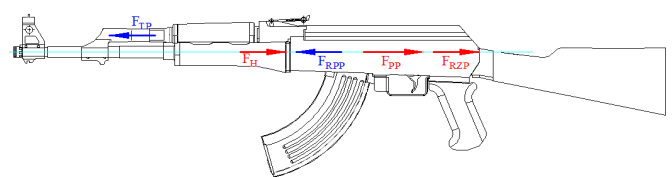
Khi bắn, ngoài tác dụng mong muốn là truyền vận tốc cần thiết cho đầu đạn còn có những tác động không mong muốn khác như bức xạ điện từ, khói, khí độc,... Lực sinh ra từ phát bắn tác dụng vào các bộ phận khác nhau của vũ khí gây ra rung động, mất ổn định cho hệ thống và ảnh hưởng đến xạ thủ. Việc xác định các thành phần lực sinh ra từ phát bắn và đề xuất các giải pháp để hạn chế các lực này đã được nhiều nhà khoa học trong nước và quốc tế quan tâm nghiên cứu, điển hình là các nghiên cứu đã được công bố trong các tài liệu [1-3]. Để nâng cao độ ổn định của vũ khí khi bắn, một số giải pháp đã được ứng dụng như giảm khoảng cách điểm tỳ vai đến đường trục nòng (súng AR-15), giảm cỡ nòng (súng AK-74), sử dụng các loại băng đàn hồi, sử dụng các loại thiết bị đầu nòng,... Trong đó, giải pháp sử dụng các loại thiết bị đầu nòng cho các loại vũ khí tự động cỡ nhỏ đã được nhiều quốc gia tập trung nghiên cứu và phát triển. Thiết bị đầu nòng là một bộ phận hoặc thiết bị được bố trí ở đầu nòng súng, hoạt động trong giai đoạn tác dụng sau cùng của khí thuốc. Nó không làm giảm đặc tính đạn đạo của súng và có kết cấu đơn giản trong chế tạo, lắp ghép, hoạt động tin cậy. Các công trình nghiên cứu về ảnh hưởng của các loại thiết bị đầu nòng đến bản chất của phát bắn trên nhiều loại vũ khí đã được công bố trong các tài liệu [4-16]. Ngoài ra, một số kết quả nghiên cứu về các kết cấu tấm, vỏ có thể tham khảo cho tính toán kết cấu vũ khí [17-20]. Trong bài báo này, một phương pháp thực nghiệm đã được sử dụng để nghiên cứu ảnh hưởng của một số loại thiết bị đầu nòng đến lực giật lùi của súng tiểu liên AKM. Đây là cơ sở khoa học để lựa chọn và thiết kế tối ưu cấu trúc của các loại thiết bị đầu nòng sử dụng trong vũ khí tự động cỡ nhỏ.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

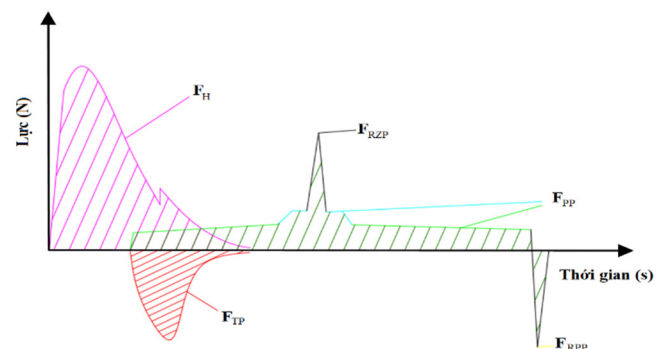
2.1. Các lực tác dụng lên vũ khí trong quá trình bắn

Các lực tác dụng lên vũ khí trong quá trình bắn phụ thuộc vào nguyên lý hoạt động của chúng. Hiện nay vũ khí tự động hoạt động theo nguyên lý trích khí được sử dụng phổ biến nhất vì nó có một số ưu điểm như cấu tạo đơn giản, cấu trúc buồng khí có khả năng điều chỉnh được cường độ tác dụng của lực khí thuốc lên khâu cơ sở,... Nguyên lý hoạt động của loại vũ khí này là sử dụng một phần khí thuốc trong nòng súng thông qua lỗ trích khí để đi vào buồng khí trên nòng súng, tại đây lực khí thuốc tác động lên piston khí. Lực này được truyền đến máy tự động, thường là bộ khóa nòng cung cấp năng lượng cho máy tự động làm việc. Đây là nguyên lý hoạt động của súng tiểu liên AKM - loại vũ khí được lựa chọn để nghiên cứu trong bài báo này.

Các lực chính xuất hiện khi bắn được truyền từ hộp súng của vũ khí đến báng súng và xa hơn là tác dụng đến cánh tay của người lính khi bắn, xem hình 1, hình 2 [3, 21]. Chúng bao gồm các lực: lực phát bắn F_H - phụ thuộc vào áp suất khí thuốc trong nòng và diện tích của đầu vỏ đạn; lực F_{TP} - lực của áp suất khí thuốc trong buồng khí tác dụng lên thành trước của buồng khí; lực F_{RZP} - lực va chạm giữa bộ khóa nòng với thành sau của hộp súng; lực F_{PP} - lực của lò xo đẩy về; lực F_{RPP} - lực va chạm giữa bộ khóa nòng với thành trước của hộp súng. Các lực này, ngoại trừ lực lò xo đẩy về, là lực tác dụng trong thời gian ngắn, theo [22] chúng được coi là các xung lực. Nhìn chung, độ giật của vũ khí được biểu thị bằng nhiều đặc điểm khác nhau như gia tốc cực đại, tổng xung lực giật lùi, tổng năng lượng giật hoặc lực giật lùi cực đại [22].



Hình 1. Các lực tác dụng lên vũ khí khi bắn của vũ khí tự động kiểu trích khí



Hình 2. Các lực tác dụng lên giá đỡ của vũ khí tự động kiểu trích khí

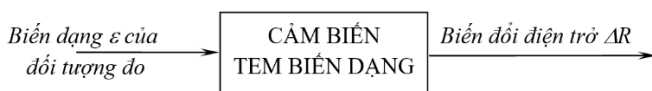
Trên hình 1 và 2 cho thấy, hướng tác động của từng lực, các lực này tác động lên hộp súng trong một chu kỳ chức năng và tổng của chúng được truyền từ vũ khí đến bộ đỡ được gọi là tác động xung lực của vũ khí lên giá bộ [3]. Trong quá trình bắn loạt, các lực này có tính chất tuần hoàn.

$$F_{\Sigma} = F_H - F_{TP} + F_{RZP} + F_{PP} - F_{RPP} \quad (1)$$

2.2. Hệ thống đo ứng dụng cảm biến tem biến dạng

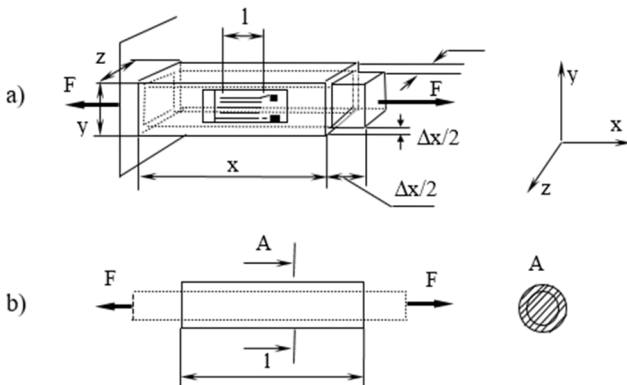
a) Cảm biến tem biến dạng

Trong nghiên cứu này, nguyên lý đo sử dụng cảm biến tem biến dạng đã được dùng để xác định lực giật lùi của vũ khí ứng với các thiết bị đầu nòng khác nhau. Tem biến dạng là một loại phần tử nhạy cảm hoạt động theo nguyên lý chuyển đổi biến dạng thành biến đổi điện trở được trình bày như sơ đồ khối trên hình 3. Đại lượng vào là các lực cơ học làm biến dạng phần tử mang tem và do đó làm biến dạng tem, đại lượng ra là giá trị điện trở tem do biến dạng tạo nên. Như vậy, về thực chất phần tử chuyển đổi tem biến dạng chính là một loại chuyển đổi điện trở.



Hình 3. Sơ đồ khối của phần tử chuyển đổi tem biến dạng

Tem biến dạng được sử dụng rất phổ biến trong nhiều lĩnh vực khoa học công nghệ, đặc biệt trong việc định lượng độ bền, độ võng, miền biến dạng đàn hồi,... của những công trình cầu đường, nhà kho, thiết bị máy móc và trong các hệ thống điều khiển, tự động,... Tem có thể được dán trực tiếp lên vùng biến dạng cần đo, cũng có thể dán lên những phần tử biến dạng đàn hồi được thiết kế gia công sẵn. Trên hình 4 giới thiệu hiện tượng biến dạng giản đơn (thuần kéo hoặc thuần nén) xảy ra trên một đoạn của phần tử biến dạng.



Hình 4. Hình ảnh cơ giản của phần tử biến dạng (a) và của một nhánh tem đã được dán trên nó (b) khi có lực F tác dụng

Để xác định điện trở của một dây dẫn, thường dùng biểu thức:

$$R = \rho \frac{l}{A} \quad (2)$$

Trong đó: l và A độ dài và thiết diện ban đầu của nhánh tem; ρ là điện trở suất của vật liệu làm tem.

Biến đổi tương đối của điện trở:

$$\frac{dR}{R} = \frac{d\rho}{\rho} + \frac{dl}{l} - \frac{dA}{A} \quad (3)$$

Dựa vào hiệu ứng Poisson ta có thể biểu diễn thay đổi tương đối của thiết diện theo thay đổi tương đối của chiều dài. Do đó:

$$\frac{dA}{A} = \frac{dl}{l} - 2\mu \quad (4)$$

Trong đó: μ là hệ số Poisson.

$$\frac{dR}{R} = \frac{d\rho}{\rho} + \frac{dl}{l} + 2\mu \frac{dl}{l} \quad (5)$$

Hệ số chuyển đổi k của tem điện trở được gọi là hằng số tem g và được tính bằng công thức sau:

$$k = \frac{dR}{\frac{R}{dl}} = g \quad (6)$$

Vậy:

$$g = \frac{d\rho}{\frac{\rho}{dl}} + 1 + 2\mu \quad (7)$$

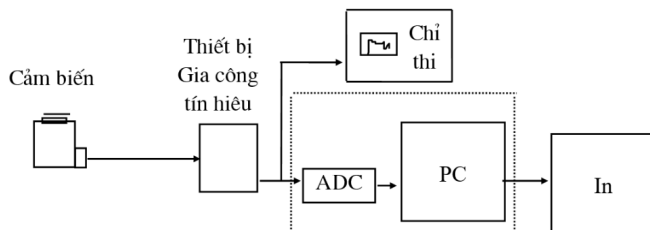
Từ biểu thức (7) ta nhận thấy rằng hằng số tem phụ thuộc vào hai yếu tố là biến đổi điện trở suất của vật liệu ρ và hệ số Poisson μ .

Trong thực tế, việc sử dụng tem biến dạng để chế tạo cảm biến đo rất phong phú và đa dạng. Có nhiều loại được sản xuất hàng loạt thành thương phẩm, có loại chỉ sản xuất đơn chiếc theo các đơn đặt hàng, cũng có loại được chế tạo trong các phòng thí nghiệm đo lường nhằm ứng dụng vào các thử nghiệm đặc biệt. Mục đích sử dụng của chúng cũng hết sức phong phú như đo thay đổi kích thước, đo lực, đo áp suất, đo mô men, đo dao động, ...

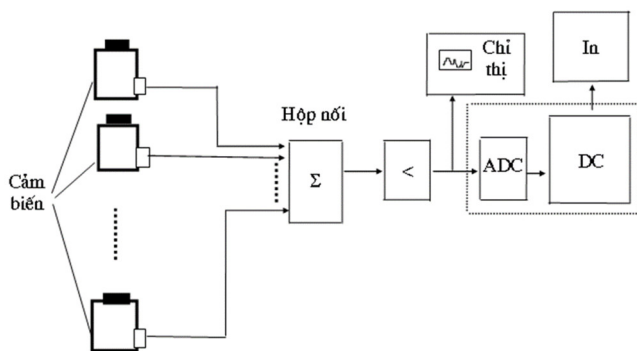
b) Hệ thống đo sử dụng cảm biến tem biến dạng

Hệ thống đo sử dụng cảm biến tem biến dạng về nguyên tắc bao gồm tất cả các bộ phận như mọi hệ thống đo khác. Điểm khác nhau cơ bản là ở chỗ thiết bị gia công tín hiệu phải có cấu tạo và chức năng tương thích với cảm biến về tần số, biên độ và chế độ lọc. Đặc điểm của hệ

thống đo bằng cảm biến tem biến dạng, ngoài hệ đo với một cảm biến đo thuần túy như ở hình 5 là có thể thiết lập hệ đo với nhiều cảm biến đo đồng dạng để có được tổng biên độ của tín hiệu đại lượng cần đo thông qua một bộ cộng như trên hình 6. Thực chất, đây là hệ thống đo có nhiều cảm biến mắc song song với nhau và bộ cộng chính là hộp nối các đầu cáp - cáp nguồn và cáp đo tương ứng lại với nhau. Hình 7 giới thiệu cách mắc song song ba cảm biến đo và theo phương thức này ta có thể mắc song song các cảm biến với số lượng nhiều hơn.

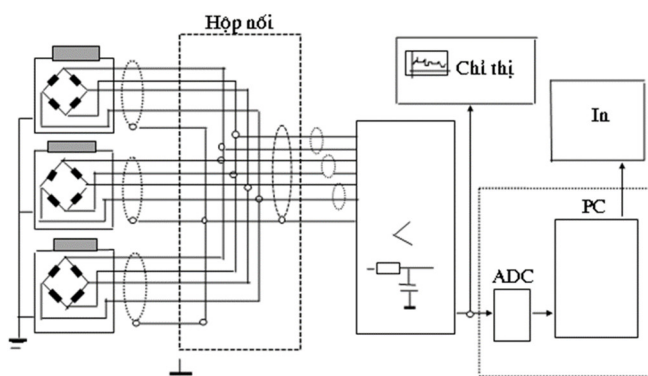


Hình 5. Hệ thống đo với một cảm biến tem biến dạng



Hình 6. Hệ thống đo lấy tổng tín hiệu từ nhiều cảm biến tem biến dạng

Nếu hệ thống đo nhiều cảm biến mắc song song này là một hệ thống đo khối lượng thì tín hiệu đầu ra là giá trị trung bình của tất cả các cảm biến đo khối lượng. Tải thực tế của khối lượng cần đo chính là tích của giá trị trung bình này với số lượng cảm biến đo mắc song song.



Hình 7. Hệ thống đo với ba cảm biến mắc song song

Thiết bị gia công tín hiệu trong hệ thống đo sử dụng cảm biến tem biến dạng là một thiết bị trong đó chứa một

tổ hợp mạch quan trọng nhất đó là tổ hợp mạch khuếch đại một chiều có hệ số khuếch đại lớn. Tín hiệu ra từ thiết bị gia công tín hiệu sẽ được hiển thị trên các máy hiện thị tương tự. Giải điện áp từ 0 đến 5V tương ứng với miền đo danh định của biến dạng cần đo sẽ được ADC chuyển đổi và đưa vào máy tính.

Trong thực tế chúng ta có thể chế tạo được cảm biến đo có nhiều tổ hợp tem - phần tử biến dạng để đo các tải đặc biệt cho máy công cụ như hệ đo lực tiện, phay, khoan, mài,... Trong đó số lượng phần tử biến dạng có thể là 2; 3; 4; 5 và số lượng tem tương ứng có thể là 8; 12; 16; 20 hoặc gấp nhiều lần. Thực chất của cảm biến loại này, xét về mặt nguyên lý là phép nối song song nhiều cảm biến lại với nhau.

Mạch cầu đo của cảm biến có thể có một hoặc cả bốn nhánh đều chứa tem. Trường hợp tương đối phổ biến đối với mọi loại cảm biến đo sử dụng tem biến dạng đó là trường hợp bốn nhánh cầu đều chứa tem. Thực tế, mạch cầu cảm biến tem biến dạng là một cầu thuần trở Wheatstone như trên hình 8, trong đó giá trị gốc của các điện trở tem đều như nhau:

$$R_1 = R_2 = R_3 = R_4 \quad (8)$$

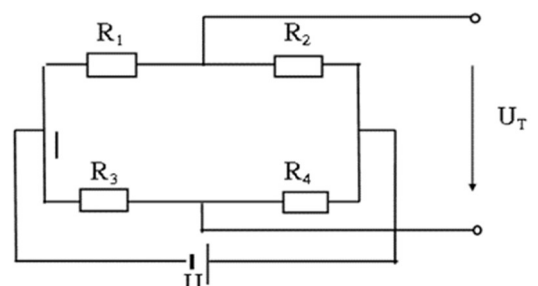
Nếu như điều kiện cân bằng cầu được thỏa mãn thì:

$$U_T = 0 \text{ và } R_1 \cdot R_3 = R_2 \cdot R_4 \quad (9)$$

Khi ấy, biểu thức tỉ lệ cầu sẽ là:

$$a = \frac{R_2}{R_1} = \frac{R_3}{R_4} = 1 \quad (10)$$

Độ lệch cân bằng cầu, nghĩa là đầu ra xuất hiện một giá trị điện áp do hậu quả của tính chất phi tuyến của cầu gây nên, hoàn toàn có thể tính được bằng phép tính đại số thuần túy.



Hình 8. Cầu thuần trở Wheatstone với bốn nhánh cầu là bốn tem biến dạng được nuôi bằng nguồn một chiều

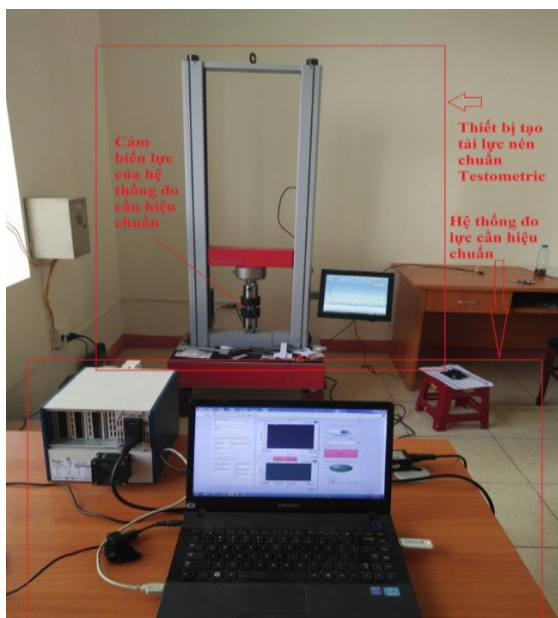
Độ không tuyến tính hoặc độ lệch không ($\neq 0$) ban đầu (điểm cân bằng ban đầu khác không) là một đặc tính kỹ thuật của cảm biến cần phải được xác định đúng trước khi đưa vào sử dụng. Để tránh những sai số đáng tiếc do tính phi tuyến tạo ra, cần phải tiến hành hàng loạt thử nghiệm

nhằm xác định tính phi tuyến và vùng phi tuyến để lập các trị số bù hợp lý.

Trong mọi trường hợp, để đảm bảo phép đo chính xác, có số liệu tin cậy khi sử dụng cảm biến vào mục đích cụ thể cần thiết phải chuẩn chỉnh hệ thống đo trước khi đo. Ngoài ra cần phải xác định đúng lượng bù cần trừ để đưa toàn bộ hệ thống đo về không trước mỗi lần đo.

c) Chuẩn đồng bộ hệ thống đo

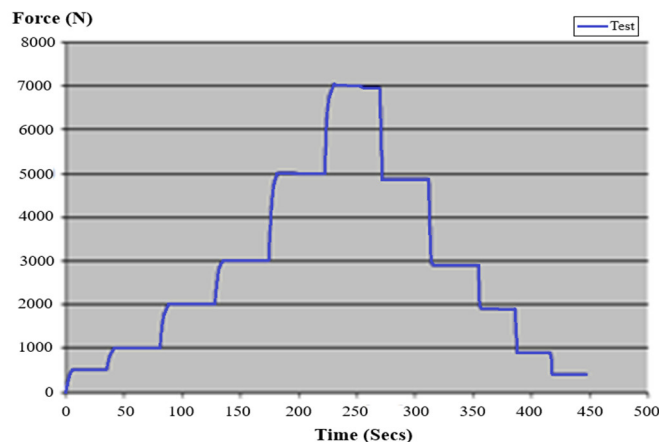
Đảm bảo hệ thống đo ổn định và tuyến tính nhằm loại bỏ các sai số hệ thống, sai số thiết bị là một yêu cầu bắt buộc trước khi tiến hành bất cứ một thí nghiệm nào. Để đảm bảo hệ thống đo là ổn định và tuyến tính chúng ta cần tiến hành chuẩn đồng bộ hệ thống. Có rất nhiều phương pháp chuẩn khác nhau, ta có thể sử dụng phương pháp chuẩn đồng bộ. Đây là một phương pháp đơn giản nhưng có độ tin cậy cao. Mục đích của chuẩn hệ thống là tìm miền đáp ứng tương thích với khoảng kích thích đã biết. Nói một cách khác là xác định giới hạn đo phù hợp với độ lớn của tham số đối tượng cần đo (theo các tính toán sơ bộ bằng lý thuyết). Hình 9 mô tả sơ đồ kết nối hệ thống thiết bị đo lực cho quá trình chuẩn đồng bộ hệ thống khi sử dụng máy kéo nén Testometric.



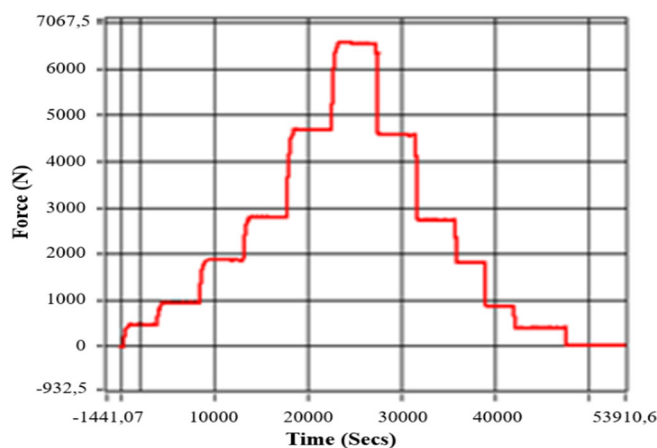
Hình 9. Sơ đồ kết nối hệ thống thiết bị đo lực cho quá trình chuẩn đồng bộ hệ thống khi sử dụng máy kéo nén Testometric

Chúng ta biết rằng trong một hệ thống đo bất kỳ nào cũng bao gồm các phần riêng biệt hợp lại. Mỗi thành phần trong đó có đặc tính riêng và cũng như vậy hệ thống có đặc tính tổng hợp của nó. Đặc tính hệ thống không

phải là tập hợp tổng hay tích của các thành phần riêng biệt mà nó được xác định theo cách riêng, đó là đáp ứng đồng bộ của hệ thống theo các kích thích mẫu.



a) Quá trình tạo tải trên thiết bị Testometric



b) Kết quả đo trên hệ thống đo cần hiệu chỉnh

Hình 10. Kết quả nhận được trên thiết bị tạo lực chuẩn Testometric và hệ thống thiết bị đo cần chuẩn đồng bộ

Sau khi có bộ kết quả chuẩn đồng bộ hệ thống (mối quan hệ giữa giá trị đầu vào - giá trị từ các thiết bị chuẩn và giá trị nhận được - giá trị hiển thị và ghi lại trên thiết bị đo), ta sẽ xây dựng được đồ thị mối quan hệ giữa giá trị nhận được trên thiết bị đo và thiết bị chuẩn, từ đồ thị này chúng ta có thể xây dựng được đặc tính hệ thống, dựa vào đó chúng ta có thể xây dựng được độ nhạy, độ phi tuyến của toàn đặc tuyến hay từng đoạn của nó.

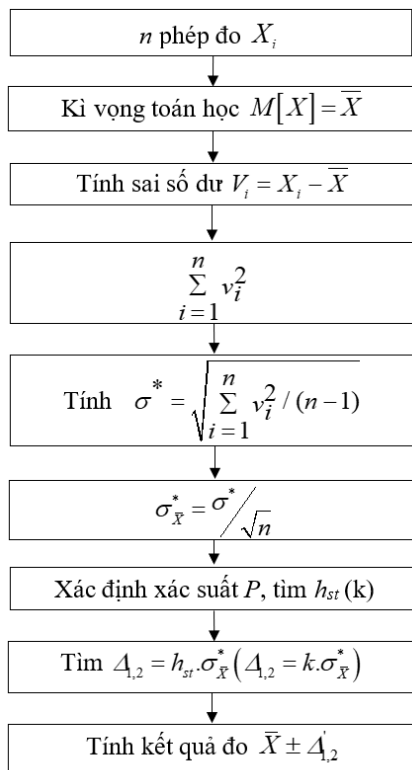
Việc chuẩn hệ thống phải được thực hiện trong môi trường phù hợp với môi trường đo để hạn chế tối đa ảnh hưởng của các yếu tố môi trường tới kết quả đo. Khi thực hiện ta nên tiến hành chuẩn theo hai chiều tăng và giảm (hồi quy), lấy giá trị trung bình để loại trừ sai số hồi quy.

2.3. Phương pháp xử lý kết quả thực nghiệm

Khi tính toán sai số ngẫu nhiên, chúng ta sử dụng các đặc tính số của chúng, đó là kỳ vọng toán học và độ lệch

bình quân phương. Các đặc trưng thống kê này đủ để đánh giá sai số của kết quả đo. Việc xác định các đặc tính số này là nội dung cơ bản trong quá trình xử lý kết quả đo. Cần phải có số lượng các phép đo đủ lớn để tính kỳ vọng toán học và độ lệch bình quân phương. Tuy nhiên trong thực tế, số lượng phép đo là có hạn (trong nghiên cứu này chỉ thực hiện 5 lần đo), nhóm tác giả chỉ xử lý kết quả tại các điểm quan tâm, vì thế chúng ta chỉ tìm được ước lượng của kỳ vọng toán học và độ lệch bình quân phương.

Sơ đồ xử lý kết quả đo được biểu hiện theo sơ đồ hình 11 [23, 24]. Kết quả cho chúng ta giá trị thực $\bar{X}$ và khoảng tin cậy $\Delta_{1,2}'$.



Hình 11. Sơ đồ xử lý kết quả đo

3. THIẾT LẬP THÍ NGHIỆM, THỬ NGHIỆM

3.1. Mục đích, đối tượng và điều kiện thử nghiệm

a) Mục đích thử nghiệm

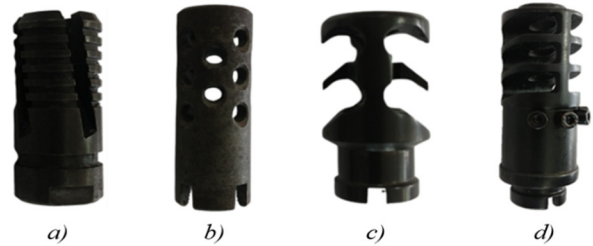
Xác định chính xác lực giật lùi của súng tác dụng lên giá đỡ khi bắn và khảo sát ảnh hưởng của một số loại thiết bị đầu nòng đến lực giật lùi của súng làm cơ sở cho việc thiết kế, chế tạo tối ưu các loại thiết bị đầu nòng dùng cho vũ khí tự động cỡ nhỏ.

b) Đối tượng thử nghiệm

Súng tiểu liên AKM (hình 12) bắn đạn K56 cấp 1 được bảo ôn ở nhiệt độ 20°C và các loại thiết bị đầu nòng đã được nhóm tác giả thiết kế, chế tạo (hình 13).



Hình 12. Súng tiểu liên AKM



Hình 13. Các thiết bị đầu nòng sử dụng trong thực nghiệm

Các thiết bị đầu nòng của súng tiểu liên AKM được sử dụng trong các thực nghiệm để đánh giá như trong hình 13, bao gồm: thiết bị che lửa rãnh vát nghiêng №1 (hình 13a), thiết bị hãm lùi nhiều lỗ №2 (hình 13b), thiết bị hãm lùi 2 vách №3 (hình 13c) có hiệu quả tăng dần theo thứ tự từ (hình 13a) đến (hình 13c) và thiết bị hãm lùi có thể điều chỉnh №4 (hình 13d).

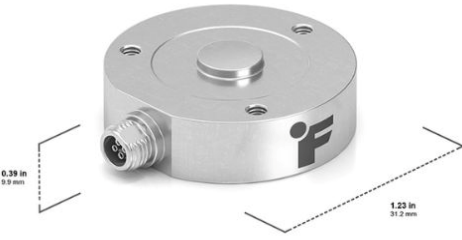
c) Điều kiện thử nghiệm

- Thử nghiệm được tiến hành tại Trung tâm Kỹ thuật Vũ khí - Học viện Kỹ thuật quân sự;
- Nhiệt độ môi trường 20°C, độ ẩm 50%, không có gió;
- Giá súng cố định, ổn định không bị ảnh hưởng bởi các yếu tố từ bên ngoài.

3.2. Các thiết bị đo được sử dụng

a) Cảm biến đo lực LB-3K

Bảng 1. Các thông số cơ bản của cảm biến đo lực LB-3K

	
- Phạm vi đo:	0 ÷ 3000Lbs.
- Dải tần số làm việc:	0 ÷ 1000Hz.
- Nhiệt độ làm việc:	-10 ÷ 100°C.
- Độ chính xác:	0,2%.
- Độ nhạy:	2mV/V.

Cảm biến đo lực giật lùi LB-3K do Mỹ sản xuất là một loại cảm biến đo lực làm việc dựa trên nguyên lý đo sử dụng cảm biến tem biến dạng đàn hồi, chúng được thiết kế để đo lực giật lùi với dải đo phù hợp. Lực giật lùi được cảm biến tiếp nhận và chuyển thành giá trị điện, tín hiệu điện này được truyền đến hệ thống thu thập và xử lý tín hiệu. Các thông số cơ bản của cảm biến đo lực LB 3K được thể hiện trên bảng 1.

b) Hệ thống thu thập dữ liệu NI và máy hiển thị, lưu trữ dữ liệu

Các cảm biến đo lực được chế tạo theo nguyên lý Tenzo (Cảm biến dạng thụ động, cấp nguồn nuôi, lấy tín hiệu ra khi điện trở mạch cầu thay đổi) nên tín hiệu đầu ra của cảm biến là điện áp. Tuy nhiên đây là loại cảm biến thụ động tín hiệu ra thường nhỏ và có thể chứa tạp chất nên chúng ta cần cấp nguồn cho cảm biến và tín hiệu từ đầu ra của cảm biến cần khuếch đại, lọc,... tương thích với đầu vào của máy đo. Khi sử dụng các cảm biến và hệ thống đo loại này, sau khi kết nối chúng ta cần đợi một khoảng thời gian hệ thống mới ổn định và có thể tiến hành đo. Nguồn nuôi cảm biến thường là nguồn một chiều 5V, 10V. Hệ thống đo lực giật lùi của súng sử dụng hệ thống thu thập dữ liệu NI SCX1-1000 với các đo biến dạng Model: SCXI-1314. Các thông số cơ bản của hệ thống NI SCX1-1000 được thể hiện trên bảng 2.

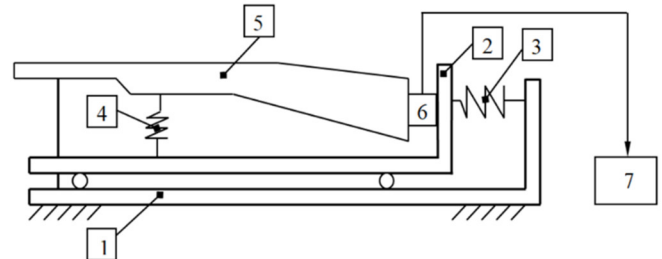
Bảng 2. Một số thông số cơ bản của hệ thống NI SCX1-1000


- Kích thước: (24,8 x 19,5 x 17,7) mm.
- Khối lượng: 3,9kg.
- Điện áp đầu vào: 100V; 120V; 220V; hoặc 240V.
- Dòng điện hoạt động: 0,6A.
- Tần số dòng AC: (50 ÷ 60) Hz.
- Nhiệt độ hoạt động: 0 ÷ 50°C.
- Nhiệt độ lưu trữ: - 20°C ÷ 70°C.
- Độ ẩm: 10% ÷ 90% RH, không ngưng tụ.

3.3. Sơ đồ thử nghiệm

Sơ đồ kết cấu thiết bị thử nghiệm bao gồm súng tiểu liên AKM gắn trên giá chuyên dụng có khối lùi liên kết đàn hồi với giá nhằm hạn chế sai số do thao tác của xạ thủ đồng thời đảm bảo mô tả chân thực nhất trong điều kiện

bắn thực tế (hình 14). Súng được bắn bằng bộ kéo cò gián tiếp, đảm bảo lực cò là nội lực (đối với súng), nhờ đó loại bỏ hoàn toàn những tác động không mong muốn của người bắn lên súng, đảm bảo điều kiện thử nghiệm giống nhau trong mọi lần thử nghiệm (hình 15).



Hình 14. Sơ đồ khối mô tả hệ thống đo lực giật lùi của súng

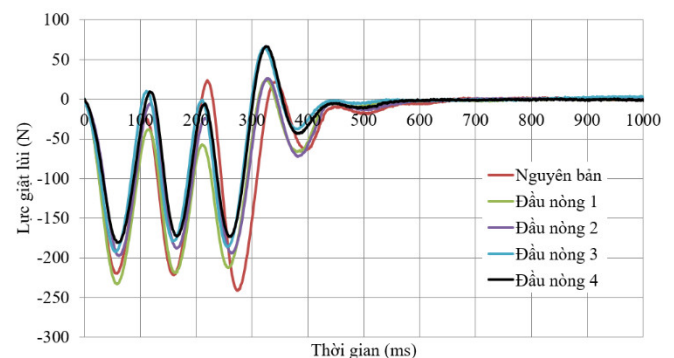
1. Giá chuyên dụng cố định; 2. Khung giá di động; 3. Lò xo thay thế tay vịn;
4. Lò xo thay thế tay giữ súng; 5. Súng tiểu liên AKM; 6. Cảm biến đo lực LB-3K; 7. Thiết bị thu thập và xử lý tín hiệu NI.



Hình 15. Bố trí thử nghiệm ở hầm bắn

4. KẾT QUẢ THỬ NGHIỆM VÀ THẢO LUẬN

Sau mỗi loạt bắn, lực giật lùi của súng được cảm biến thu nhận và biến đổi thành giá trị điện áp tương ứng. Các tín hiệu này được chuyển đến hệ thống thu thập dữ liệu NI và hiển thị kết quả trên máy tính chuyên dùng. Kết quả đo lực giật lùi khi bắn loạt ngắn 3 viên ứng với các thiết bị đầu nòng khác nhau được thể hiện trên hình 16 và bảng 3.



Hình 16. Lực giật lùi khi bắn loạt 3 viên ứng với các thiết bị đầu nòng khác nhau

Bảng 3. Kết quả đo lực giật lùi tại đế báng

Trường hợp	Phát bắn	Lần đo					$\bar{X}$ (N)	σ_x^*	ΔX	γ (%)
		1	2	3	4	5				
Đầu nòng nguyên bản	1	-220	-233	-226	-220	-238	-227	3,57	13	1,57
	2	-221	-230	-234	-222	-240	-229	3,60	14	1,57
	3	-239	-228	-231	-241	-240	-236	2,63	10	1,12
Đầu nòng №1 (hình 13a)	1	-232	-214	-226	-235	-212	-224	4,65	17	2,08
	2	-218	-221	-224	-216	-228	-221	2,14	8	0,96
	3	-211	-210	-218	-219	-221	-216	2,22	8	1,03
Đầu nòng №2 (hình 13b)	1	-197	-215	-196	-204	-206	-204	3,44	13	1,69
	2	-188	-215	-194	-195	-201	-199	4,58	17	2,31
	3	-194	-215	-191	-202	-203	-201	4,18	16	2,08
Đầu nòng №3 (hình 13c)	1	-192	-190	-185	-181	-176	-185	2,92	11	1,58
	2	-179	-173	-180	-187	-172	-178	2,71	10	1,52
	3	-186	-172	-175	-184	-182	-180	2,69	10	1,50
Đầu nòng №4 (hình 13d)	1	-180	-186	-177	-174	-170	-177	2,71	10	1,52
	2	-172	-166	-178	-172	-169	-171	1,99	8	1,16
	3	-173	-168	-169	-172	-170	-170	0,93	3	0,54

Dựa trên kết quả thu được ta có một số nhận xét như sau:

- Lực giật lùi của súng khi bắn loạt ngắn 3 viên có xu hướng giảm khi gắn thiết bị đầu nòng. Lực giật lùi giảm dần khi sử dụng các thiết bị đầu nòng có hiệu suất tăng dần từ №1 (hình 13a) đến №4 (hình 13d) (xem hình 16). Tuy nhiên, đến một giá trị nhất định thì hiệu suất của thiết bị đầu nòng ảnh hưởng đến sự thay đổi lực giật lùi không rõ rệt.

- Sai số tương đối của lực giật lùi của các phát bắn trong các loạt dao động trong khoảng từ 0% đến 2,31% (xem bảng 3). Các giá trị này đều nằm trong giới hạn cho phép (< 10%). Như vậy, kết quả thực nghiệm phản ánh đúng các quy luật ảnh hưởng của các loại thiết bị đầu nòng tới lực giật lùi của súng, điều này chứng tỏ việc nghiên cứu ảnh hưởng của các thiết bị đầu nòng này là hoàn toàn hợp lý và đáng tin cậy.

5. KẾT LUẬN

Để nghiên cứu quy luật ảnh hưởng của các loại thiết bị đầu nòng đến lực giật lùi của vũ khí tự động khi bắn, trong bài báo này đã đề xuất một phương pháp mới để mô tả phương pháp thử nghiệm và đánh giá kết quả. Để thực hiện được thí nghiệm, súng tiểu liên AKM với các loại thiết bị đầu nòng khác nhau đã được lựa chọn làm đối tượng thử nghiệm. Thí nghiệm đã tiến hành bắn 5 loạt ngắn, mỗi loạt 3 viên ứng với mỗi loại thiết bị đầu nòng khác nhau và thu được các giá trị lực giật lùi của súng, đây

là cơ sở để phân tích đánh giá ảnh hưởng của một số loại thiết bị đầu nòng đến lực giật lùi của súng. Phương pháp và nguyên lý đo lường được giới thiệu trong bài báo này có thể được áp dụng cho các hệ thống vũ khí có kết cấu tương tự. Kết quả thu được từ nghiên cứu này có thể được sử dụng để xác minh các mô hình toán học tương ứng, đồng thời đây cũng là cơ sở khoa học phục vụ cho quá trình lựa chọn, nghiên cứu thiết kế tối ưu các loại thiết bị đầu nòng sử dụng trong vũ khí tự động cỡ nhỏ.

LỜI CẢM ƠN

Nhóm tác giả xin chân thành cảm ơn Ban Chỉ huy và các thành viên của Trung tâm Kỹ thuật Vũ khí/Học viện Kỹ thuật quân sự đã tạo mọi điều kiện thuận lợi cho việc thử nghiệm các nội dung của bài báo.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Tien D.V., *The Calculating Model of Impulse Force Diagram of Gas-Operated Automatic Weapons*. Master Thesis, University of Defence, 2013.
- [2]. Dinh Tien Vu, Stanislav Procházka, Zbyněk Krist, Van Bien Vo, "Influence of Gas Port on Forces and their Impulse Acting in an Automatic Weapon," in 2021 International Conference on Military Technologies (ICMT), Czech Republic. Doi: 10.1109/ICMT52455.2021.9502832
- [3]. J. Balla, "Contribution to determining of load generated by shooting from automatic weapons," in *International conference on military technologies*, 6p, 2019. Doi: 10.1109/MILTECHS.2019.8870116
- [4]. J. Tolhurst, "Parametric design of a muzzle brake by computational fluid dynamics to reduce crew noise exposure during training," in *Proceedings of the 30th International Symposium on Ballistics*, Long Beach, CA, USA, 2017.
- [5]. Shi Chunming, Yan Liuhai, Liu Wanyu, "Test method of muzzle brake efficiency on gun carriage," *Journal of Gun Launch and Control*, 3, 2007.
- [6]. Wang Kai, Zhao Junli, Fan Shewei, "A new test method of muzzle brake efficiency," *Journal of North University of China (Natural Science Edition)*, 35, 6, 2014.
- [7]. Chen Mingliang, *Research on the Test Device of a New Muzzle Brake*. Nanjing University of Science and Technology, Nanjing, 2013.
- [8]. D.N. Zhukov, V.V. Chernov, M.V. Zharkov, *Development of an algorithm for calculating muzzle devices in the CFD package, Fundamentals of ballistic design*. All-Russian Scientific and Technical Conference, St. Petersburg, pages 126-129, 2012.
- [9]. R. Cayzac, E. Carette, T. Alziary de Roquefort, "3D unsteady intermediate ballistics modelling: Muzzle brake and sabot separation," in *Proceedings of the 24th International Symposium on Ballistics*, New Orleans, LA, USA, pages 423-430, 2008.
- [10]. J.S. Li, M. Qiu, Z.Q. Liao, D.P. Xian, J. Song, "Dynamic modeling and simulation of Gatling gun with muzzle assistant-rotating and recoil absorber,"

Acta Armamentarii, 35(9):1344-1349, 2014. doi: 10.3969/j.issn.1000-1093.2014.09.003.

[11]. N.A. Konovalov, O.V. Pilipenko, Yu.A. Kvasha, G.A. Polyakov, A.D. Skorik, V.I. Kovalenko, "On thermo-gas-dynamic processes in devices for reducing the sound level of a small arms shot," *Technical Mechanics*, 69-81, 2011.

[12]. X.Y. Zhao, K.D. Zhou, L. He, Y. Lu, J. Wang, Q. Zheng, "Numerical simulation and experiment on impulse noise in a small caliber rifle with muzzle brake," *Shock and Vibration*, 2019. Doi: 10.1155/2019/5938034.

[13]. P.F. Li, X.B. Zhang, "Numerical research on adverse effect of muzzle flow formed by muzzle brake considering secondary combustion," *Defence Technology*, 17(4):1178-1189, 2021. Doi: 10.1016/j.dt.2020.06.019.

[14]. H.H. Zhang, Z.H. Chen, X.H. Jiang, H.Zh. Li, "Investigations on the exterior flow field and the efficiency of the muzzle brake," *Journal of Mechanical Science and Technology*, 2013. Doi: 10.1007/s12206-012-1223-8.

[15]. I. Semenov, P. Utkin, I. Akhmedyanov, I. Menshov, P. Pasynkov, "Numerical investigation of near-muzzle blast levels for perforated muzzle brake using high performance computing," in *International Conference "Parallel and Distributed Computing Systems"* PDCS 2013, pages 281-289, Ukraine, Kharkiv, March 13-14, 2013.

[16]. Bien Vo Van, Phon Nguyen Duy, Phu Nguyen Minh, "Study of the effect of some muzzle device type on the firing force and firing impulse," *Archives of Advanced Engineering Science*, 2(4) 224-231, 2024. Doi: 10.47852/bonviewAAES32021349.

[17]. H.N. Nguyen, T.N. Canh, T.T. Thanh, T.V. Ke, V.D. Phan, D.V. Thom, "Finite element modelling of a composite shell with shear connectors," *Symmetry*, 11 (4), 527, 2019. Doi: 10.3390/sym11040527.

[18]. L.T. Tuan, N.T. Dung, D. V. Thom, P. V. Minh, A.M. Zenkour, "Propagation of non-stationary kinematic disturbances from a spherical cavity in the pseudo-elastic cosserat medium," *The European Physical Journal Plus*, 136, 1-16, 2021. Doi: 10.1140/epjp/s13360-021-02191-4.

[19]. P.H. Cong, D.H. Duc, D.V. Thom, "Phase field model for fracture based on modified couple stress," *Engineering Fracture Mechanics*, 269, 108534, 2022. Doi: 10.1016/j.engfracmech.2022.108534

[20]. D.H. Duc, D.V. Thom, P.M. Phuc, "Buckling analysis of variable thickness cracked nanoplates considering the flexoelectric effect," *Transport and Communications Science Journal*, 73 (5), 470-485, 2022. Doi: 10.47869/tcsj.73.5.3.

[21]. Fiser M., Popelinsky L., *Small Arms*. Textbook, University of Defence, 2007

[22]. Celens E., Plovie G., *Recoil of small arms*. RMA Brussels, Department of Armament and Ballistics, 1999.

[23]. Nguyễn Thái Dũng, Nguyễn Lạc Hồng, Bùi Trọng Tuấn, Nguyễn Duy Phấn, *Giáo trình đo lường thực nghiệm vũ khí*. Học viện Kỹ thuật Quân sự, Hà Nội, 2007.

[24]. Bùi Trọng Tuấn, Nguyễn Hải Minh, Nguyễn Duy Phấn, Trần Văn Hải, Dương Văn Thạch, *Giáo trình thử nghiệm vũ khí*. Nhà xuất bản Quân đội Nhân dân, Hà Nội, 2023.

AUTHORS INFORMATION

Vo Van Bien, Bui Quy Viet

Faculty of Special Equipment, Le Quy Don Technical University, Vietnam