

Nghiên cứu ảnh hưởng của kết cấu báng súng đến dao động của súng tự động cầm tay khi bắn

Studying the effects of stock's structure on the oscillation of rifles when shooting

Tạ Văn Phúc^{1,*}, Nguyễn Văn Dũng², Nguyễn Việt Dũng², Uông Sỹ Quyền²

¹Trường Trung cấp kỹ thuật Quân khí

²Học Viện kỹ thuật Quân sự

*Email: tvphucss@gmail.com

Mobile: 0984593536

Tóm tắt

Từ khóa:

Báng súng; Cơ sinh; Dao động;
Ổn định; Súng tự động.

Bài báo trình bày mô hình hóa cơ hệ “vũ khí - xạ thủ” và xây dựng hệ phương trình vi phân mô tả chuyển động không gian của cơ hệ khi bắn. Áp dụng cho súng tiểu liên AK và tiến hành khảo sát ảnh hưởng của kết cấu báng súng đến dao động của súng khi bắn. Đây là cơ sở cho phép khảo sát ảnh hưởng của các yếu tố đến ổn định của súng tự động cầm tay khi bắn.

Abstract

Keywords:

Stock; Biomechanical; Oscillation;
Stability; Automatic rifles.

This paper presents the modeling of the "weapon - shooter" system and the method for establishing a differential equations system to describe the oscillation of the "weapon - shooter" system while firing. This is applied to AK rifles and to investigate the effects of stock's structure to the oscillation of the rifle while firing. This is the basis for investigating the effect of the stabilizing factors of guns when shooting.

Ngày nhận bài: 01/7/2018

Ngày nhận bài sửa: 06/9/2018

Ngày chấp nhận đăng: 15/9/2018

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

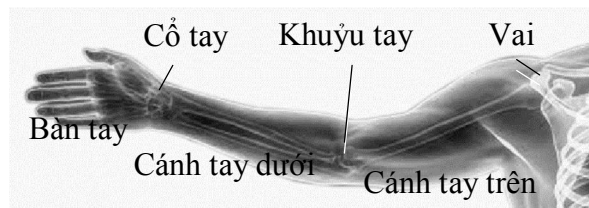
Nghiên cứu dao động của cơ hệ “vũ khí - xạ thủ” khi bắn có ý nghĩa rất quan trọng để từ đó phân tích được các ảnh hưởng của các yếu tố đến ổn định của súng khi bắn. Đã có nhiều nghiên cứu về vấn đề này, tuy nhiên những mô hình nghiên cứu trước đây chưa kể đến ảnh hưởng của vị trí cầm súng đến ổn định của súng khi bắn. Vì vậy cần xây dựng mô hình nghiên cứu sát thực tế có kể đến ảnh hưởng của vị trí cầm súng của xạ thủ. Để xây dựng được mô hình này cần có những nghiên cứu về hệ cơ sinh cơ thể người. Trên cơ sở mô hình bằng phương pháp Lagrange xây dựng hệ phương trình vi phân mô tả dao động của cơ hệ và khảo sát ảnh hưởng của kết cấu báng súng đến ổn định của súng tự động cầm tay khi bắn.

2. MÔ HÌNH CÁNH TAY XẠ THỦ

Ở phần này nghiên cứu cấu trúc và hoạt động của hệ xương, cơ chi trên (cánh tay) theo quan điểm giải phẫu và cơ sinh học, thiết lập và phân tích các mô hình cơ học tương đương.

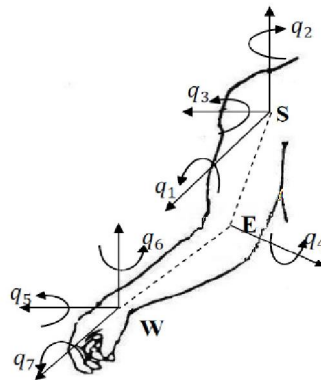
2.1. Mô hình cơ sinh học của các khớp, xương cánh tay

Cánh tay bao gồm các phần cấu thành: Cánh tay trên, cánh tay dưới và bàn tay. Các bộ phận được liên kết với thân người thông qua khớp vai, cánh tay trên liên kết với cánh tay dưới bằng khớp khuỷu tay, cánh tay dưới liên kết với bàn tay thông qua khớp cổ tay. Các bộ phận có thể chuyển động thông qua điều khiển của hệ thống thần kinh, các nhóm cơ, gân. Cánh tay có khả năng chuyển động theo các hướng khác nhau để thực hiện những nhiệm vụ nhất định như việc cầm nắm, giữ súng và thực hiện bắn súng.



Hình 1. Cánh tay

Theo mô hình Osteokinematics, mỗi cánh tay có 7 bậc tự do như trên hình 2 (vai 3, khuỷu tay 1, cổ tay 3).



Hình 2. Các bậc tự do của cánh tay

2.2. Mô hình cơ sinh học của cơ và gân

Cơ là bộ phận sinh lực, tạo ra các chuyển động, nhưng chỉ sinh lực khi co, còn khi giãn trở thành thụ động. Trong các cơ cấu vận động, các xương và khớp là các phần tử bị động. Chúng chỉ chuyển động được khi có tác dụng của ngoại lực, trong đó có lực cơ [7]. Cơ có vai trò như động cơ trong máy móc.

Hiện nay, trong các nghiên cứu về lĩnh vực cơ sinh học hiện đại khi xét đến chuyển động của các bộ phận trên cơ thể người. Các nhà khoa học đã chuyển những ảnh hưởng của đặc tính cơ, gân và khớp xương về dạng mô men đặt tại các khớp. Chúng ta có thể kể đến mô hình của Михаил Васильевич Грязев [10], Ronald L. Huston [8], ví dụ khi xét trong một mặt phẳng có các trục quay của q_1 , q_4 , q_6 song song với nhau như sau:



Hình 3. Lực của cơ bắp được thay thế bằng mô men tại các khớp

Mỗi chuyển động quay được thực hiện bởi các nhóm cơ chuyên biệt, tuy nhiên để đơn giản chúng ta giả thiết các chuyển động quay quanh các khớp được thực hiện độc lập bởi một nhóm cơ. Lúc này lực do cơ bắp được thay thế bằng các mô men M_1, M_4, M_6 [9,10] các giá trị này được tính như sau:

$$M_i = M_i^0 + k_i q_i + c_i \dot{q}_i; \quad i = 1, 4, 6 \quad (1)$$

trong đó: M_i^0 là mô men của cơ bắp lúc ban đầu (mô men giữ)

k_i là độ cứng của cơ bắp; c_i là hệ số giảm chấn của cơ bắp

q_i, \dot{q}_i lần lượt là chuyển vị góc quay và vận tốc góc quay của khớp.

Các giá trị M_i^0, k_i, c_i được xác định từ thực nghiệm và tham khảo các tài liệu [4,5,6].

3. MÔ HÌNH CƠ HỆ “VŨ KHÍ - XẠ THỦ” KHI BẮN

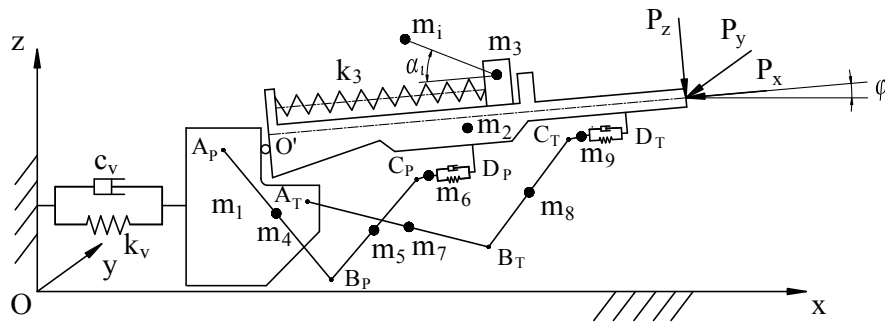
3.1. Nguyên lý hoạt động của cơ hệ

Súng tự động cầm tay làm việc theo nguyên lý trích khí thuốc qua thành nòng đẩy vào bề mặt piston làm chuyển động các bộ phận của súng. Do tác dụng của áp suất khí thuốc đẩy đầu đạn chuyển động về trước đồng thời làm cho súng chuyển động về sau quanh điểm tựa vai gây ra các dao động cho súng.

3.2. Mô hình tính toán

Mô hình cơ hệ gồm 9 vật:

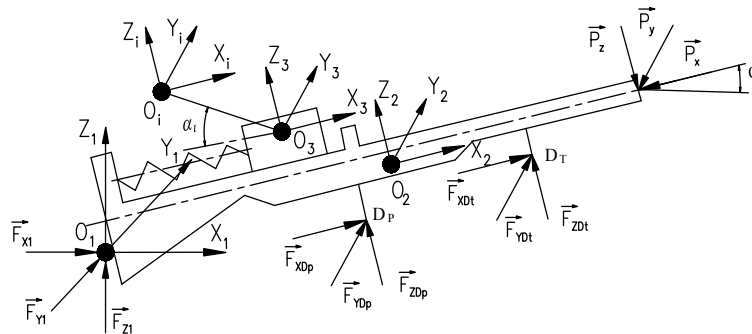
- Vật 1: Vai xạ thủ được mô phỏng thành khối lượng tập trung m_1 .
- Vật 2: Thân súng có khối lượng m_2 .
- Vật 3: Khâu cơ sở có khối lượng m_3 .
- Vật 4: Cánh tay trên của tay phải ($A_P B_P$) có khối lượng m_4 .
- Vật 5: Cánh tay dưới của tay phải ($B_P C_P$) có khối lượng m_5 .
- Vật 7: Cánh tay trên của tay trái ($A_T B_T$) có khối lượng m_7 .
- Vật 8: Cánh tay dưới của tay trái ($B_T C_T$) có khối lượng m_8 .
- Vật 6 (bàn tay phải $C_P D_P$) và vật 9 (bàn tay trái $C_T D_T$) có khối lượng là m_6, m_9 .
- Các khâu làm việc của máy tự động có khối lượng m_i .



Hình 4. Mô hình cơ hệ “súng - xạ thủ”

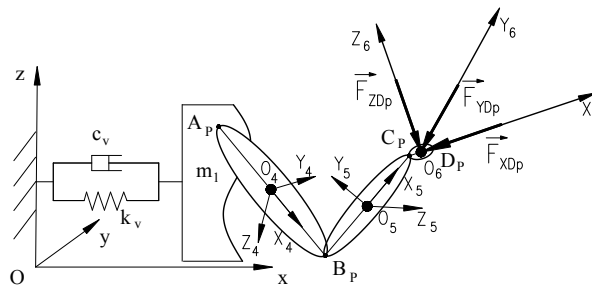
Mô hình cơ hệ nghiên cứu được xét trong không gian có tính đến sự tương quan giữa các vật đồng thời trong cùng một cơ hệ.

Để khảo sát động lực học cơ hệ ta gắn cho hệ và mỗi vật thuộc hệ một hệ trục tọa độ Đề các để việc mô tả cấu hình của cơ hệ đơn giản và thuận tiện trong tính toán [1,3].



Hình 5. Hệ trục tọa độ địa phương gắn trên các vật 1, 2, 3, i

- Hệ tọa độ cố định (hệ tọa độ đất) O_0
- Hệ tọa độ động (hệ tọa độ địa phương) O_1 gắn với vật 1
- Hệ tọa độ động O_2 gắn chặt với vật 2
- Hệ tọa độ động O_3 gắn chặt với vật 3



Hình 6. Hệ trục tọa độ địa phương gắn trên các vật 4, 5, 6 của tay phải

- Hệ tọa độ động O_4, O_7 theo thứ tự gắn chặt với vật 4, 7
- Hệ tọa độ động O_5, O_8 theo thứ tự gắn chặt với vật 5, 8
- Hệ tọa độ O_6, O_9 theo thứ tự gắn chặt với vật 6, 9 (bàn tay)
- Hệ tọa độ động O_i có gốc trùng trọng tâm ban đầu của vật i.

Đối với cơ hệ đang nghiên cứu có 13 bậc tự do, sử dụng 22 tọa độ suy rộng để miêu tả chuyển động của cơ hệ. Để thuận tiện trong các tính toán thì các tọa độ suy rộng độc lập được đánh số từ q_1 đến q_{13} , các tọa độ suy rộng phụ thuộc đánh số từ q_{14} đến q_{21} và q_i .

Bảng 1. Các tọa độ suy rộng

Kí hiệu	Mô tả chuyển động	Kí hiệu	Mô tả chuyển động
q_1	Tịnh tiến dọc trục X_0 của vật 1	q_{12}	Quay quanh trục Z_1 của vật 7
q_2	Quay quanh trục X_1 của vật 2	q_{13}	Quay quanh trục Z_7 của vật 8
q_3	Quay quanh trục Y_1 của vật 2	q_{14}	Quay quanh trục X_5 của vật 6
q_4	Quay quanh trục Z_1 của vật 2	q_{15}	Quay quanh trục Y_5 của vật 6
q_5	Tịnh tiến theo trục X_2 của vật 3	q_{16}	Quay quanh trục Z_5 của vật 6
q_6	Quay quanh trục X_1 của vật 4	q_{17}	Tịnh tiến theo trục X_2 của vật 6
q_7	Quay quanh trục Y_1 của vật 4	q_{18}	Quay quanh trục X_8 của vật 9
q_8	Quay quanh trục Z_1 của vật 4	q_{19}	Quay quanh trục Y_8 của vật 9
q_9	Quay quanh trục Z_4 của vật 5	q_{20}	Quay quanh trục Z_8 của vật 9
q_{10}	Quay quanh trục X_1 của vật 7	q_{21}	Tịnh tiến theo trục X_2 của vật 9
q_{11}	Quay quanh trục Y_1 của vật 7	q_i	Tịnh tiến theo trục X_i của vật i

3.3. Động năng

Động năng của cơ hệ bằng tổng động năng của các vật trong hệ, xét vật thứ k có:

$$T_k = \frac{1}{2} \left(\dot{\bar{R}}_k^T [M]_k^{RR} \dot{\bar{R}}_k + \bar{\omega}_k^T [A]_{k0} [J]_k [A]_{k0}^T \bar{\omega}_k \right) \quad (2)$$

trong đó: \bar{R}_k là véctơ vị trí khối tâm vật k trong hệ trục cố định O_0 .

$[M]_k^{RR}$ là ma trận khối lượng chuyển động tịnh tiến của vật k .

$\bar{\omega}_k$ là véctơ vận tốc góc của vật k biểu diễn trên hệ trục O_0 .

$[A]_{k0}$ là ma trận quay tuyệt đối của vật k .

$[J]_k$ là tenxơ quán tính của vật k đối với hệ trục O_k .

3.4. Công khả dĩ, lực suy rộng

Xét công khả dĩ, lực suy rộng của lực F_k :

$$\delta W F_k = -\bar{F}_k^T \delta \bar{R}_k \quad \text{trong đó} \quad \delta \bar{R}_k = \sum_{j=1}^{13} \frac{\partial \bar{R}_k}{\partial \bar{q}_j} \delta \bar{q}_j$$

Trường hợp công khả dĩ, lực suy rộng của mô men M_k :

$$\delta W M_k = \bar{M}_k^T \delta \bar{\theta}_k \quad \text{trong đó} \quad \delta \bar{\theta}_k = \sum_{j=1}^{13} \frac{\partial \bar{\theta}_k}{\partial \bar{q}_j} \delta \bar{q}_j$$

Từ 9 phương trình liên kết, ta tính được các biến phân phụ thuộc biểu diễn qua các biến phân độc lập và cho phép tính được lực suy rộng của hệ.

Thay các giá trị tìm được vào phương trình Lagrange ta có hệ phương trình vi phân mô tả dao động của hệ:

$$\left[Q^T - \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}} \right) + \frac{\partial T}{\partial q} \right] C_p \delta q_i = 0 \quad (3)$$

trong đó: $q = [q_d^T \quad q_i^T]^T$ với q_i, q_d lần lượt là các tọa độ suy rộng độc lập và phụ thuộc.

T, Q lần lượt là tổng động năng, lực suy rộng của cơ hệ.

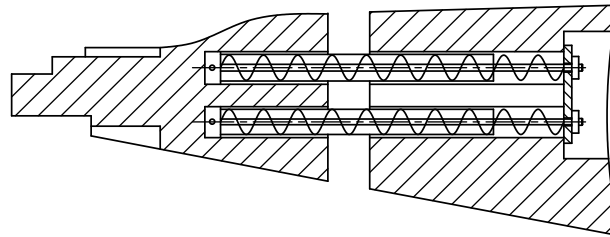
$C_p = -C_{qd}^{-1} C_{qi}$ được xác định theo hệ phương trình liên kết đủ của cơ hệ.

Hệ 6 phương trình thuật phóng trong và 3 phương trình nhiệt động buồng khí [2] của súng khi bắn:

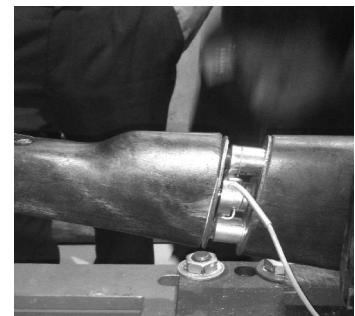
$$\begin{cases} \frac{dv}{dt} = \xi_1 \xi_3 \frac{p \cdot S}{\rho \cdot m}; & \frac{dv}{dt} = \xi_1 \xi_3 \cdot v; & \frac{dz}{dt} = \xi_2 \frac{p}{I_k}; \\ \frac{d\omega_c}{dt} = \xi_2 \chi \cdot \omega_i (1 + 2\lambda z) \frac{p}{I_k} - \xi_b G_b - (1 - \xi_3) G_d; & \frac{d\omega}{dt} = \xi_2 \frac{1 - \alpha \delta}{\delta} \chi \cdot \omega_i (1 + 2\lambda z) \frac{p}{I_k} + \xi_3 s v; \\ \frac{dp}{dt} = \frac{1}{w} \left\{ \left[\xi_2 \frac{p \chi \cdot \omega_i}{I_k} \left(f - K p \frac{1 - \alpha \delta}{\delta} \right) (1 + 2\lambda z) - K p S V \xi_3 \right] - K_p [\xi_b G_b + (1 - \xi_3) G_d] - K_t p \right\} \\ \frac{d\omega_b}{dt} = \xi_i (G_b - G_{bk}); & \frac{d\omega_b}{dt} = \xi_i (\dot{X} \cdot S_b); & \frac{dp_b}{dt} = \frac{1}{w_b} (k \cdot R \cdot T \cdot G_b - k \cdot R \cdot T_b - k \cdot p_b \cdot w_b) \xi_i. \end{cases} \quad (4)$$

4. KẾT QUẢ TÍNH TOÁN

Áp dụng cho xạ thủ có chiều cao 165 cm, cân nặng 66 kg [8] bắn súng tiểu liên AK với hai băng súng có kết cấu khác nhau: không đàn hồi và băng súng đàn hồi như trên hình:



Hình 7. Cấu tạo băng súng đàn hồi



Hình 8. Vị trí lắp các đầu đo

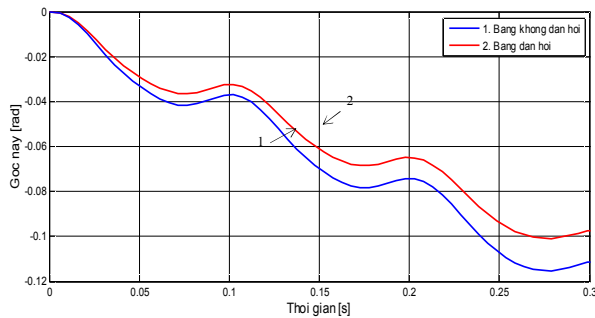
Tiến hành bắn và đo các thông số thực nghiệm để so sánh với kết quả tính toán lý thuyết được thực hiện tại hầm bắn thử nghiệm với các điều kiện thử nghiệm như sau: nhiệt độ 30°C, độ

âm 70%. Thực nghiệm sử dụng các cảm biến (sensor) gắn trên nòng súng, trên các vị trí của tay xạ thủ gồm cổ tay, khuỷu tay, vai để xác định các thông số dịch chuyển. Để so sánh các dịch chuyển chính xác, thực nghiệm sử dụng 02 camera tốc độ cao Fastcam SA1.1, model 675K - C1 với khả năng ghi tối đa 675 000 hình/giây (fr.s^{-1}), đặt theo phương ngang và phương đứng như trên hình 9. Kết quả thực nghiệm được xử lý bằng phần mềm DASyLab.

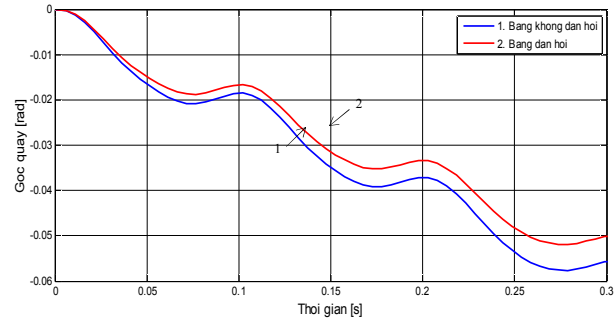


Hình 9. Hình ảnh thực nghiệm

Giải đồng thời hệ phương trình dao động của cơ hệ với 6 phương trình thuật phóng và 3 phương trình nhiệt động buồng khí [2]. Với các thông số đầu vào được xác định bằng thực nghiệm đo và tính toán trên phần mềm Solidworks cũng như sử dụng các kết quả thực nghiệm, tiến hành giải và so sánh kết quả tính toán sau khi chạy chương trình bằng phần mềm Matlab với báng súng không đàn hồi và báng súng đàn hồi được thể hiện trên hình 10, hình 11.

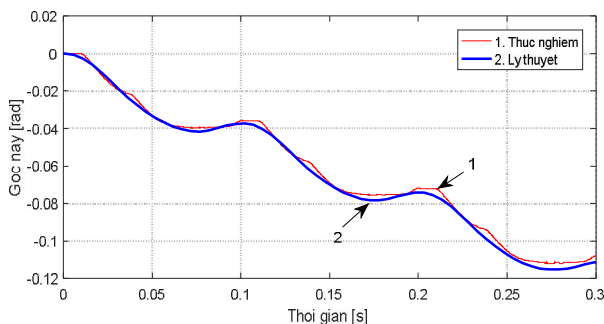


Hình 10. Đồ thị góc nảy đầu nòng trong mặt phẳng thẳng đứng (lý thuyết)

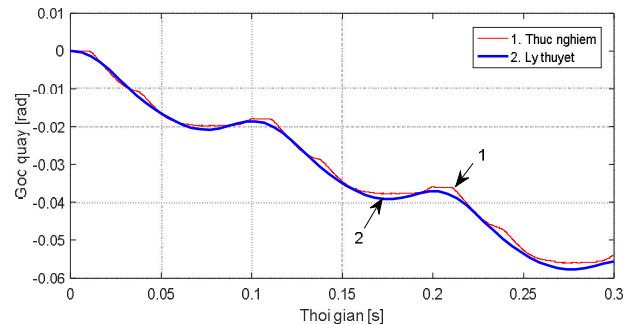


Hình 11. Đồ thị góc quay đầu nòng trong mặt phẳng nằm ngang (lý thuyết)

So sánh giữa kết quả tính toán lý thuyết và kết quả đo thực nghiệm với xạ thủ nằm bắn súng AK có báng không đàn hồi được thể hiện trên hình 12, hình 13.



Hình 12. Đồ thị góc nảy đầu nòng trong mặt phẳng thẳng đứng (lý thuyết - thực nghiệm)



Hình 13. Đồ thị góc quay đầu nòng trong mặt phẳng nằm ngang (lý thuyết - thực nghiệm)

Nhận xét:

Kết quả tính toán cho thấy giá trị của góc nảy theo phương đứng và phương ngang của nòng súng trong hai trường hợp là khác nhau. Đối với báng súng đàn hồi thì giá trị của các góc nảy, góc quay nhỏ hơn khi bắn với báng súng không đàn hồi. Vì vậy, thiết kế báng súng đàn hồi giúp cho súng ổn định. Tuy nhiên, các giá trị của độ cứng của báng đàn hồi cần được khảo sát trong dải rộng hơn (trong bài báo sử dụng độ cứng $k = 0,3 \text{ N/mm}$).

Kết quả thực nghiệm cho thấy kết quả tính toán lý thuyết là tương đối phù hợp. Do đó, mô hình này có thể được dùng để khảo sát ảnh hưởng của các thông số khác nhau ảnh hưởng đến độ ổn định của súng tự động cầm tay khi bắn.

5. KẾT LUẬN

Bài báo đã trình bày cơ sở xây dựng mô hình cơ sinh cánh tay xạ thủ. Đã xây dựng được mô hình nghiên cứu dao động của cơ hệ “vũ khí - xạ thủ” có kể đến ảnh hưởng của vai và hai tay xạ thủ khi bắn. Bài báo áp dụng khảo sát dao động của súng với 2 loại báng súng khác nhau trên súng tiểu liên AK. Kết quả thực nghiệm cho thấy mô hình này có thể dùng để khảo sát độ ổn định của hệ với các điều kiện đầu vào khác nhau làm cơ sở cho việc đánh giá mức độ ảnh hưởng của một số thông số tới độ chính xác bắn của súng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Nguyễn Đông Anh, 2000, *Động lực học hệ vật rắn*, Tài liệu dịch, NXB Xây dựng.
- [2]. Trần Đăng Điện, 2006, *Bài tập thuật phóng trong*, Học viện Kỹ thuật quân sự, Hà Nội.
- [3]. Nguyễn Văn Khang, 2007, *Động lực học hệ nhiều vật*, NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
- [4]. Jurgen Konczak , Kai Brommann, Karl Theodor Kalveram, 1999, "Identification of Time-Varying Stiffness, Damping, and Equilibrium Position in Human Forearm Movements", *Motor Control, Dusseldorf, Germany*. 3, tr. 394-413.
- [5]. M. M. Rahman , R. Ikeura and K. Mizutani, 2002, "Impedance characteristic of human arm for cooperative robot", *Muju Resort, Jeonbuk, Korea*. October 16 - 19, tr. 1455-1460.
- [6]. E. Churchill et al, *Anthropometric Source Book*, 1978, Tập I: Anthropometry for Designers, III-84 to III-97, and IV-37, NASA Reference Publication, Yellow Spring, OH.
- [7]. Hill A.V & Sec. R.S, 1938, "The Heat of Shortening and the Dynamic Constants of Muscle", *Proceedings of the Royal Society of London*. Series B, Biological Sciences, Vol.126, tr. 136-195.
- [8]. Ronald L. Huston, 2009, *Principles of Biomechanics*, Press Taylor & Francis Group.
- [9]. Yamaguchi G.T, 2001, *Dynamic Modeling of Musculoskeletal Motion*, Kluwer Academic Publishers, Springer.
- [10]. А.Г.Шипунов, В.П.Грязев, Э.Н.Давыдов, В.Ф.Матасов, Ф.В.Матасов, В.П.Танаев, 2004, *система "стрелок - оружие"*, Тула.