

XÂY DỰNG PHƯƠNG TRÌNH CHUYỂN ĐỘNG CỦA SÚNG ĐẠI LIÊN KHI BẮN

Phạm Huy Chương

Học viện Kỹ thuật Quân sự, số 236 Hoàng Quốc Việt, Cổ Nhuế, Từ Liêm, Hà Nội

Email: phamhuychuong09@gmail.com

Đến Toà soạn: 6/1/2014; Chấp nhận đăng: 10/3/2014

TÓM TẮT

Bài báo trình bày phương pháp xây dựng hệ phương trình mô tả chuyển động không gian của súng đại liên khi bắn nhờ sử dụng ma trận chuyển tọa độ. Hệ các phương trình vi phân chuyển động phi tuyến được trình bày ở dạng ma trận do đó sẽ thuận tiện để giải bằng phương pháp số.

Từ khóa: súng đại liên, động lực học.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

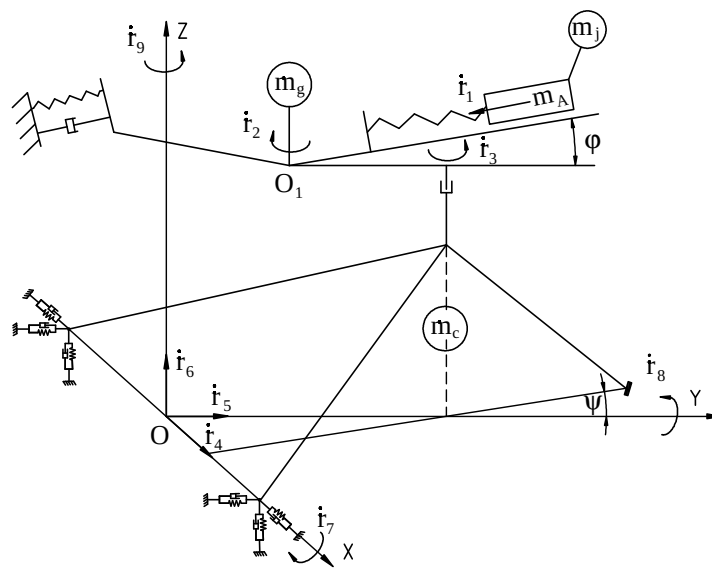
Bài toán xác định chuyển động của vũ khí tự động nói chung và của đại liên nói riêng là bài toán quan trọng nhất khi nghiên cứu tính toán thiết kế chúng. Bài toán này được bắt đầu bằng việc xây dựng phương trình mô tả chuyển động. Đại liên là loại vũ khí tự động có giá, khi bắn hệ chuyển động khá phức tạp trong không gian. Máy tự động của đại liên gồm nhiều cơ cấu truyền động cho nhau khi chuyển động. Các khâu làm việc có thể chuyển động tịnh tiến hoặc quay, khâu cơ sở chuyển động tịnh tiến. Toàn máy tự động được chuyển động trong thân súng. Thân súng được đặt lên giá. Khi bắn giá chuyển động trong gian khá phức tạp. Để xây dựng được phương trình mô tả chuyển động của cơ hệ này ta có nhiều phương pháp, trong đó sử dụng ma trận biến đổi tọa độ có nhiều ưu điểm [1, 2]. Tại Việt nam một số tác giả cũng đã chú ý đến dao động của giá súng đại liên khi bắn và đã thu được một số kết quả khả quan [3]. Ở nước ngoài trước đây khi xây dựng phương trình chuyển động cho vũ khí tự động người ta thường giả thiết giá súng cứng tuyệt đối. Để tính đến ảnh hưởng do nền biến dạng người ta thêm vào hệ một bậc tự do [4, 5]. Gần đây một số tác giả đã chú ý đến chuyển động của giá khi bắn, song do cơ hệ phức tạp nên cũng chỉ đem thêm một vài bậc tự do [6, 7, 8]. Trong bài báo này, sử dụng phương pháp ma trận biến đổi tọa độ, ta có thể xây dựng được hệ phương trình chuyển động cho vũ khí tự động một cách tổng quát. Từ đó có thể áp dụng cho các loại vũ khí tự động khác nhau.

2. XÂY DỰNG MÔ HÌNH TÍNH TOÁN

Để xây dựng mô hình tính toán ta giả thiết:

- Các khâu trong máy tự động là rắn tuyệt đối, có khối lượng tập trung.

- Liên kết giữa các khâu không có khe hở.
 - Liên kết giữa xạ thủ và súng được thay bằng liên kết đàn nhót.
 - Liên kết giữa giá súng và nền là liên kết đàn nhót.
 - Liên kết giữa thân súng và giá súng là 1 khớp cầu.
 - Súng trước khi bắn được giữ cân bằng nhờ xạ thủ.
 - Khối lượng phân bố của giá súng được thay bằng khối lượng thu gọn không đổi tập trung đặt ở vị trí khối tâm giá.
 - Khối lượng phân bố của thân súng và khối lượng chuyển động và khối lượng chuyển động của một phần cơ thể xạ thủ được thay bằng khối lượng thu gọn của thân súng, đặt ở tâm thu gọn.
- Với những giả thiết ở trên ta có mô hình cơ học để tính toán như trên hình 1.



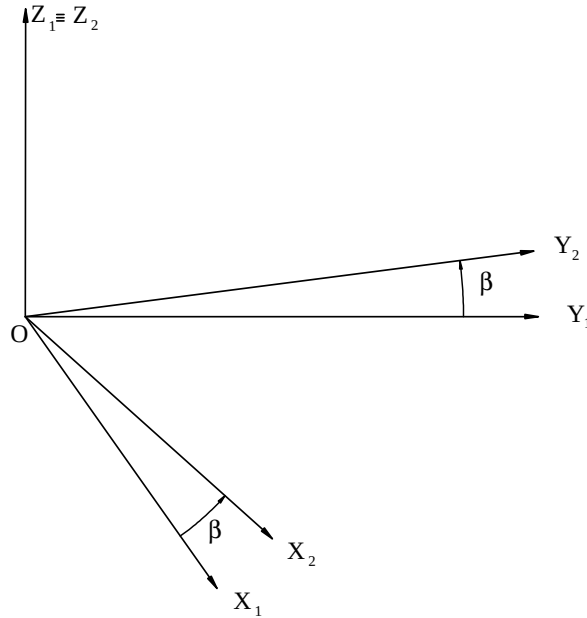
Hình 1. Mô hình tính toán.

trong đó OXYZ hệ tọa độ quán tính cố định, Hệ tọa độ địa phương $O_1X_1Y_1Z_1$ gắn với súng, m_A là khối lượng hộp súng, $m_g, m_c, \dots$ là khối lượng của các bộ phận tương ứng. Các ký hiệu sẽ được giải thích chi tiết dưới đây. Để xây dựng các ma trận biến đổi tọa độ khi quay trục, ta sử dụng các hệ tọa độ địa phương.

3. XÂY DỰNG PHƯƠNG TRÌNH CHUYỂN ĐỘNG CỦA VŨ KHÍ

Để xây dựng phương trình chuyển động của hệ khi bắn ta có thể sử dụng các ma trận biến đổi tọa độ. Trên hình 2 đã biểu diễn hai hệ trục tọa độ lệch một góc β . Ma trận biến đổi tọa độ cho hệ này có dạng sau [2].

$$[T]_1^2 = \begin{bmatrix} \cos \beta & -\sin \beta & 0 \\ \sin \beta & \cos \beta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

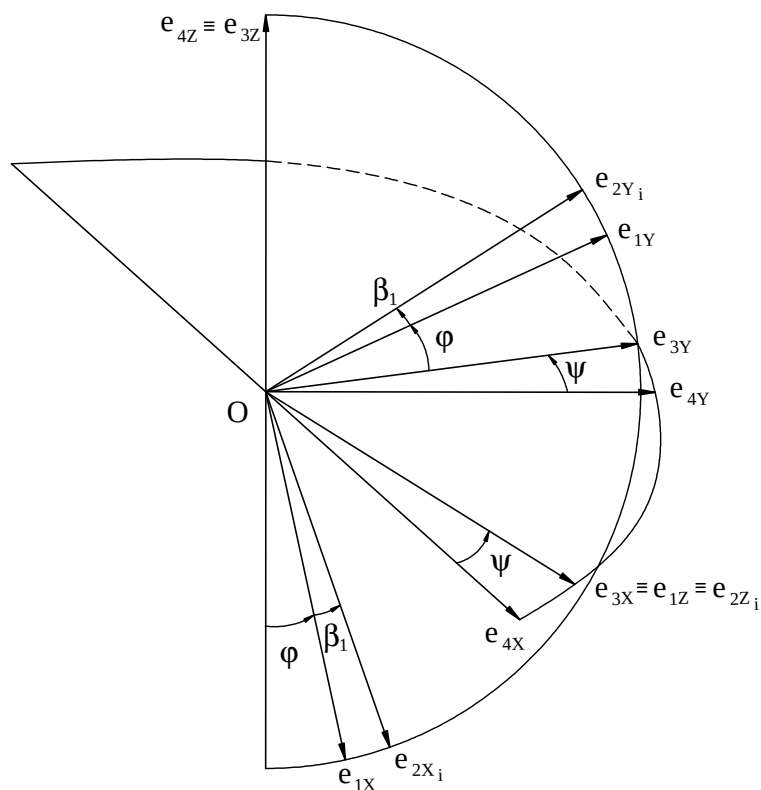


Hình 2. Các hệ tọa độ ứng với góc quay.

Khi xây dựng các ma trận biến đổi tọa độ, ta chọn các hệ tọa độ địa phương (hình 3). Hệ tọa độ e_1 dùng để xác định vị trí của bộ khóa có khối lượng m_A đối với hộp súng. Hệ e_2 dùng để xác định chuyển vị của thân súng khi nó quay quanh trục tại máng trong mặt phẳng bắn. Hệ tọa độ e_3 dùng để xác định chuyển vị quay của thân súng khi nó quay quanh trục đứng trong mặt phẳng nằm ngang. Hệ tọa độ e_4 để xác định các chuyển vị góc của giá súng và hệ tọa độ e_5 để xác định các chuyển vị dài của giá súng. Kí hiệu ψ là góc lệch của mặt phẳng bắn so với mặt phẳng đối xứng của giá (góc hướng), góc φ là góc bắn, các góc β_i xác định vị trí trọng tâm của khâu cần xét so với trục nòng. Từ hình 3 ta xác định được các ma trận biến đổi tọa độ khi xoay trục.

$$[T_i]_2^1 = \begin{bmatrix} \cos \beta_i & -\sin \beta_i & 0 \\ \sin \beta_i & \cos \beta_i & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$[T]_3^1 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ \sin \beta & \cos \beta & 0 \\ -\cos \beta & \sin \beta & 0 \end{bmatrix} \quad (3)$$



Hình 3. Các hệ tọa độ địa phương.

$$[T]_2^3 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ \sin(\varphi + \beta_i) & \cos(\varphi + \beta_i) & 0 \\ -\cos(\varphi + \beta_i) & \sin(\varphi + \beta_i) & 0 \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$[T]_4^2 = \begin{bmatrix} -\sin\psi \sin(\varphi + \beta_i) & -\sin\psi \cos(\varphi + \beta_i) & \cos\psi \\ \cos\psi \sin(\varphi + \beta_i) & \cos\psi \cos(\varphi + \beta_i) & \sin\psi \\ -\cos(\varphi + \beta_i) & \sin(\varphi + \beta_i) & 0 \end{bmatrix} \quad (5)$$

$$[T]_4^1 = \begin{bmatrix} -\sin\psi \sin\varphi & -\sin\psi \cos\varphi & \cos\psi \\ \cos\psi \sin\varphi & \cos\psi \cos\varphi & \sin\psi \\ -\cos\varphi & \sin\varphi & 0 \end{bmatrix} \quad (6)$$

$$[T]_4^3 = \begin{bmatrix} \cos\psi & -\sin\psi & 0 \\ \sin\psi & \cos\psi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (7)$$

Do tính chất của ma trận biến đổi tọa độ nên ta có:

$$[T]_1^1 = [T]_2^{T_1}, \quad [T]_1^3 = [T]_3^{T_1}, \quad \text{v.v...}$$

Để xây dựng phương trình vi phân chuyển động cho một khối lượng nào đó, ta sử dụng phương pháp tính động [2]. Các phương trình này được xây dựng theo cùng một phương pháp. Ở đây ta lấy lập phương trình chuyển động của khâu cơ sở dọc trục l_{1y} có thể viết dưới dạng:

$$m_A \{w_A\}_{1y} = \{P_A\}_{1y} \quad (8)$$

trong đó: $\{w_A\}_{1y}$ là hình chiếu của giá trị tuyệt đối của khâu cơ sở có khối lượng m_A lên phương l_{1y} , $\{P_A\}_{1y}$ là hình chiếu véc tơ ngoại lực tác dụng lên khâu m_A trên phương l_{1y} .

Sử dụng ma trận biến đổi tọa độ để xác định $\{w_A\}_{1y}$ và thế vào (8) ta được phương trình sau:

$$m_A \ddot{r}_1 + \sum_{i=2}^5 m_A [T_A]_{1y}^i \left([B_{iA}^*] \ddot{r}_i + [C_{iA}^*] \dot{r}_i^2 + [D_{iA}^*] \dot{r}_1 \dot{r}_i \right) = P_A - \sum_{j=1}^n \frac{K_j}{\eta} N_j \quad (9)$$

trong đó: j là chỉ số chỉ khâu làm việc thứ j có khối lượng là m_j ; n là tổng số khâu làm việc; K_j , η là tỉ số truyền và hiệu suất truyền động từ khâu j về khâu cơ sở; N_j là phản lực liên kết của khâu j tác dụng lên khâu cơ sở. Nó được xác định nhờ viết phương trình chuyển động cho khâu làm việc thứ j [1].

Các ma trận $[B_{iA}^*]$, $[C_{iA}^*]$, $[D_{iA}^*]$ xác định vị trí của khâu cơ sở cũng như tọa độ các góc tọa độ địa phương trong hệ quy chiếu quán tính.

Sử dụng phương pháp tương tự như trên, ta có thể viết được các phương trình sau đây:

- Phương trình chuyển động lắc của thân súng quanh trục tại máng trong mặt phẳng bắn.
- Phương trình chuyển động quay của thân súng quanh trục của trụ đứng trong mặt phẳng ngang.
- Phương trình chuyển động quay của toàn súng quanh hệ trục e_4 .
- Phương trình chuyển động tịnh tiến của toàn súng dọc hệ trục e_4 .

Sử dụng định nghĩa và các tính chất của ma trận, ta có thể gộp tất cả các phương trình vừa kể trên thành một phương trình duy nhất biểu diễn chuyển động của toàn hệ khi bắn:

$$[M] \{\ddot{r}\} + [N] \{\dot{r}^2\} + [Q] \dot{r}_1 \{\dot{r}\} + [R] \{\dot{r}\} + [H] \{r\} = \{F\} \quad (10)$$

Các ma trận $[M]$, $[N]$, $[Q]$, $[R]$, $[H]$ là những ma trận vuông cấp 9. Nó được xây dựng từ các thành phần hệ số của các phương trình chuyển động của các bộ phận đã được xây dựng riêng rẽ, $[r]$ là ma trận chuyển vị của hệ.

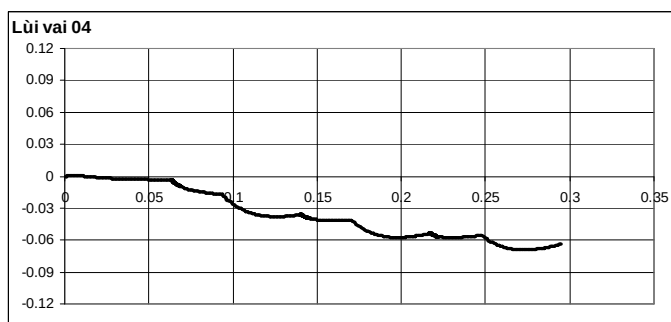
$$\{r\} = [r_1 \quad r_2 \quad \dots \quad r_9]^T$$

Hệ phương trình (10) được giải bằng phương pháp số. Do hệ lực tác dụng lên nó rất phức tạp nên khi giải hệ (10) ta phải giải đồng thời bài toán xác định lực tác dụng lên súng (bài toán thuật phóng trong). Sau khi giải hệ (10) ta có thể xác định được quy luật chuyển động của toàn hệ.

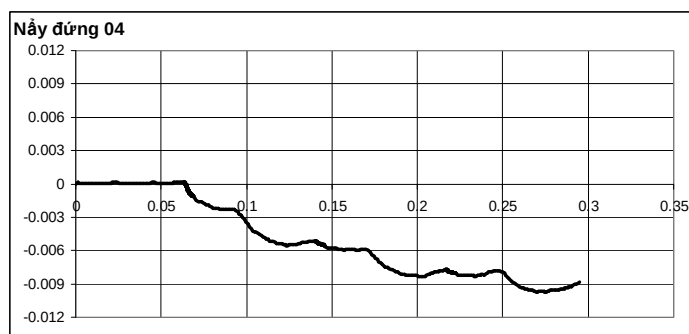
Ứng dụng phương pháp trình bày ở trên cho đại liên ПКМС (hình 4). Sử dụng phần mềm SAP 2000 đã giải hệ phương trình (10) cho đại liên ПКМС [3] ta thu được kết quả như trên hình 5, 6, 7.



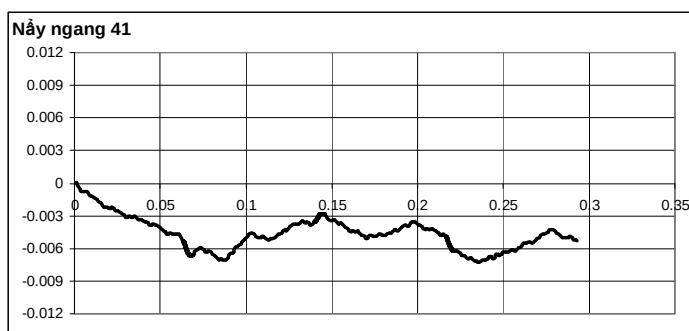
Hình 4. Súng đại liên PKMC.



Hình 5. Dịch chuyển lùi của điểm tì vai ([dm]).



Hình 6. Dịch chuyển điểm đầu nòng trong mặt phẳng đứng ([dm]).



Hình 7. Dịch chuyển điểm đầu nòng trong mặt phẳng ngang ([dm]).

Trên các hình 5 - 7 trình bày đồ thị chuyển động của điểm tì vai, chuyển động thẳng đứng và ngang của đầu nòng súng, trong trường hợp bắn loạt 3 viên đạn. Các kết quả tính toán phù hợp với thực tế và sẽ được dùng kết hợp với các kết quả thí nghiệm tại trường bắn.

4. KẾT LUẬN

Sử dụng phương pháp ma trận biến đổi tọa độ, ta có thể xây dựng được hệ phương trình chuyển động cho vũ khí tự động một cách tổng quát. Từ đó có thể áp dụng cho các loại vũ khí tự động khác nhau. Các phương trình thu được là các phương trình vi phân phi tuyến và có thể giải bằng các phương pháp số hoặc các phần mềm chuyên dụng. Kết quả của bài báo có thể tham khảo trong quá trình tính toán thiết kế chế tạo mới hoặc cải tiến nhằm giảm phản lực bắn lên người sử dụng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Phạm Huy Chương - Động lực học vũ khí tự động, Nhà xuất bản Quân đội nhân dân, 2002, tr. 363-389.
2. Phạm Huy Chương, Ngô Quý Ty - Nghiên cứu động lực học hệ vũ khí có nòng, Tạp chí Khoa học kĩ thuật quân sự **9** (1986) 38-46.
3. Trương Tư Hiếu - Ứng dụng phần mềm SAP 2000 khảo sát sự ổn định của đại liên khi bắn, Tuyển tập công trình Hội nghị khoa học các nhà nghiên cứu trẻ, Nhà xuất bản Quân đội nhân dân, Hà Nội, 2007, tr. 88-99.
4. Anpheróp V.V. - Kết cấu và tính toán vũ khí tự động. Nxb Chế tạo máy, Matscova 1977, tr. 205-220.
5. Orlóp B.V. - Thiết kế hệ thống vũ khí có nòng, Nxb Chế tạo máy 1974, tr. 350-420.
6. Jiri Balla, Marck Havlieek - Firing stability of mounted small arms, International Journal of Mathematical Models and Methods in Applied Sciences, **5** (2) (2011) pp. 412-421.
7. Fiser M. - Porolinsky, Small arms, textbook, Brono, 2007, pp. 196-238.
8. Allsop D. E. - Military small Arms, London, 1997, pp. 244-297.

ABSTRACT

SETUP THE SPACE MOTION EQUATIONS OF MACHINE GUNS WHEN SHOOTING

Pham Huy Chuong

Military Technical Academy, 236 Hoang Quoc Viet, Co Nhue, Tu Liem, Ha Noi

Email: phamhuychuong09@gmail.com

This paper presents a method to build equations describing the space motion of machine - gun when fired using coordinate transformation matrices. The system of motion of nonlinear differential equations is presented in matrix form so it is convenient to be solved by using numerical methods.

Keywords: machine gun, dynamics.