

Nghiên cứu xác định lượng bù phần tử bắn cho hỏa lực trên phương tiện cơ động

Đỗ Quang Hưng¹, Phạm Thị Phương Anh¹, Nguyễn Vũ^{2*}

¹Viện Tự động hóa KTQS, Viện Khoa học và Công nghệ quân sự, Cầu Giấy, Hà Nội, Việt Nam;

²Khoa Điện, Đại học Công nghiệp Hà Nội, Bắc Từ Liêm, Hà Nội, Việt Nam.

*Email: vutudonghoa@yahoo.com.vn

Nhận bài: 29/10/2023; Hoàn thiện: 19/12/2023; Chấp nhận đăng: 05/02/2024; Xuất bản: 25/02/2024.

DOI: <https://doi.org/10.54939/1859-1043.j.mst.93.2024.47-54>

TÓM TẮT

Bài báo đề xuất thuật toán tính toán phần tử bắn cho PPK trên phương tiện cơ động dựa trên hai thành phần: phần tử bắn được tính toán cho trạng thái cố định trên mặt đất và lượng bù do ảnh hưởng của chuyển động của phương tiện mang gây ra. Thuật toán đề xuất được mô phỏng trong nhiều trường hợp và được cụ thể hóa bằng sơ đồ cấu trúc hệ thống.

Từ khóa: Phần tử bắn; PPK mặt đất; Phương tiện mang; Mục tiêu di động.

1. MỞ ĐẦU

Ngày nay, tác chiến trong hành tiến đã trở thành phổ biến. Các xe tăng, xe chiến đấu bọc thép luôn là lực lượng thọc sâu chủ yếu trên chiến trường. Không chỉ xe chiến đấu bộ binh như xe tăng, xe bọc thép chở quân là có khả năng tác chiến trong hành tiến, các hệ thống phòng không tầm thấp cơ động như Pansir-S1, Gepard...[3] cũng có tính năng tác chiến trong hành tiến. Các tổ hợp pháo phòng không tự hành được trang bị hệ thống tự động điều khiển hỏa lực, trong đó có thuật toán tính toán phần tử bắn khi đặt cố định cũng như khi di động. Tuy nhiên, đây là bí mật quân sự và các thuật toán này không được công bố công khai. Do đòi hỏi của tác chiến hiện đại, một trong những hướng nghiên cứu hiện nay là đưa các vũ khí mặt đất lên phương tiện cơ động, trong đó có các tổ hợp pháo phòng không (PPK) mặt đất. Đối với PPK đặt cố định trên mặt đất, phần tử bắn được xác định dựa trên các tham số chuyển động của mục tiêu, vận tốc đầu nòng của đạn và các điều kiện môi trường, trong đó, ảnh hưởng của vận tốc đầu nòng và điều kiện môi trường được đưa vào thông qua lượng bù sai số do lệch điều kiện tiêu chuẩn, còn phần tử bắn được xác định theo các tham số chuyển động của mục tiêu cùng với các điều kiện tiêu chuẩn về vận tốc đạn đầu nòng và điều kiện môi trường [4, 5]. Việc đo các tham số môi trường để tính toán lượng sửa được thực hiện cho cả hai trường hợp khi PPK đặt trên phương tiện cơ động cũng như khi đặt cố định [6]. Vì vậy, vấn đề cần quan tâm là sự thay đổi của vận tốc đầu nòng và góc tầm và hướng của véc tơ vận tốc đầu nòng khi bắn trên phương tiện cơ động so với khi bắn trên mặt đất với cùng góc tầm và hướng của nòng pháo. Điều này rất quan trọng cho việc xây dựng lượng bù phần tử bắn cho PPK khi được lắp trên phương tiện cơ động. Việc tính toán phần tử bắn cho PPK là một bài toán kinh điển, đã được giải quyết trong nhiều công trình nghiên cứu và ứng dụng thực tế [1, 2]. Bài báo chỉ giới hạn ở đề xuất thuật toán tính toán lượng bù phần tử bắn cho phần tử bắn đã được tính toán khi PPK cố định trên mặt đất do ảnh hưởng chuyển động của phương tiện mang tới tham số đầu nòng của véc tơ vận tốc đạn.

2. PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN

2.1. Xây dựng mô hình tính toán véc tơ vận tốc đầu nòng của đạn pháo trên phương tiện cơ động

Giả sử $\mathbf{v}_p = (v_x \quad v_y \quad v_z)^T$ là vận tốc của phương tiện mang.

β, ε thứ tự là góc phương vị và góc tầm của nòng pháo.

\mathbf{v}_d, v_d : Véc tơ và giá trị vận tốc đầu nòng của đạn pháo trong trường hợp bắn khi pháo cố định.

\mathbf{v}_{dp}, v_{dp} : Véc tơ và giá trị vận tốc đầu nòng của đạn pháo khi phương tiện mang chuyển động.

$\beta_{dp}, \varepsilon_{dp}$: Thứ tự là góc phương vị và góc tầm của véc tơ vận tốc đầu nòng của đạn pháo khi pháo đặt trên phương tiện cơ động.

Nhiệm vụ đặt ra là xác định các tham số $v_{dp}, \beta_{dp}, \varepsilon_{dp}$ theo các giá trị đã biết v_d, β, ε .

Để giải quyết vấn đề này cần xây dựng mô hình toán để tính toán véc tơ vận tốc đầu nòng của đạn pháo trên phương tiện cơ động. Để giải quyết vấn đề này sử dụng phương pháp cộng véc tơ. Khi viên đạn thoát ra khỏi nòng pháo, nó tham gia vào hai chuyển động: chuyển động tương đối của đạn với nòng pháo do lực đẩy của thuốc phóng và chuyển động tịnh tiến của nòng pháo trong hệ tọa độ mặt đất. Khi đó, véc tơ vận tốc của viên đạn sẽ được xác định như sau:

$$\mathbf{v}_{dp} = \mathbf{v}_d + \mathbf{v}_p \quad (1)$$

Giả sử phương tiện mang chuyển động với góc hướng ψ trong mặt phẳng nằm ngang, khi đó, các thành phần của véc tơ vận tốc của phương tiện mang được xác định như sau:

$$\begin{cases} v_{px} = v_p \cos \psi \\ v_{py} = v_p \sin \psi \\ v_{pz} = 0 \end{cases} \quad (2)$$

Đồng thời các thành phần của véc tơ vận tốc đạn trong hệ tọa độ gắn liền được xác định theo các góc β, ε và giá trị v_d như sau:

$$\begin{cases} v_{dx} = v_d \cos \beta \cos \varepsilon \\ v_{dy} = v_d \sin \beta \cos \varepsilon \\ v_{dz} = v_d \sin \varepsilon \end{cases} \quad (3)$$

Đặt (2) và (3) vào (1), ta nhận được:

$$\mathbf{v}_{dp} = \begin{bmatrix} v_d \cos \beta \cos \varepsilon + v_p \cos \psi \\ v_d \sin \beta \cos \varepsilon + v_p \sin \psi \\ v_d \sin \varepsilon \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_{dpx} \\ v_{dpy} \\ v_{dpz} \end{bmatrix} \quad (4)$$

Từ (4) nhận được:

$$v_{dp} = \sqrt{v_{dpx}^2 + v_{dpy}^2 + v_{dpz}^2} \quad (5)$$

Từ (4) và (5) có thể xác định được các góc phương vị và góc tầm của véc tơ vận tốc đầu nòng của đạn pháo đặt trên phương tiện cơ động. Cụ thể như sau:

$$\begin{cases} \beta_{dp} = \arctg \left(\frac{v_{dpy}}{v_{dpx}} \right) = \arctg \left(\frac{v_d \sin \beta \cos \varepsilon + v_p \sin \psi}{v_d \cos \beta \cos \varepsilon + v_p \cos \psi} \right) \\ \varepsilon_{dp} = \arcsin \left(\frac{v_{dpz}}{v_{dp}} \right) = \arcsin \left(\frac{v_d \sin \varepsilon}{v_{dp}} \right) \end{cases} \quad (6)$$

Các phương trình (5) và (6) là cơ sở để xác định các tham số của vận tốc đầu nòng của viên đạn trong hệ tọa độ mặt đất. Không mất tính tổng quát, hệ tọa độ mặt đất được lấy là hệ tọa độ có trục OX trùng với phương chuyển động của phương tiện mang, khi đó (6) trở thành:

$$\begin{cases} \beta_{dp} = \arctg \left(\frac{v_d \sin \beta \cos \varepsilon}{v_d \cos \beta \cos \varepsilon + v_p} \right) \\ \varepsilon_{dp} = \arcsin \left(\frac{v_d \sin \varepsilon}{v_{dp}} \right) \end{cases} \quad (7)$$

Trong trường hợp chọn trục OX của hệ tọa độ gốc vuông góc với trục OX_b của hệ tọa độ gắn liền, khi đó (7) trở thành:

$$\begin{cases} \beta_{dp} = \arctg \left(\operatorname{tg} \beta + \frac{v_p}{v_d \cos \beta \cos \varepsilon} \right) \\ \varepsilon_{dp} = \arcsin \left(\frac{v_d}{v_{dp}} \sin \varepsilon \right) \end{cases} \quad (8)$$

Phương trình (7) và (8) cho thấy, độ lệch góc của véc tơ vận tốc đầu nòng khi đặt trên phương tiện cơ động phụ thuộc vào giá trị vận tốc của phương tiện mang và vận tốc đầu nòng của đạn, các góc O le của hệ tọa độ nòng pháo trong hệ tọa độ gắn liền. Để khảo sát sự phụ thuộc này, lựa chọn giá trị vận tốc đầu nòng của đạn pháo là 900 m/s, vận tốc của phương tiện mang là 10 m/s, 15 m/s. Chọn một số giá trị góc tầm là $\pi/12$, $\pi/6$, $\pi/3$, cho góc phương vị thay đổi từ 0 đến π ta sẽ nhận được các đồ thị sai lệch của giá trị vận tốc đầu nòng của đạn pháo khi bắn trên phương tiện cơ động cũng như sự sai lệch các giá trị góc phương vị và góc tầm của véc tơ vận tốc đầu nòng so với góc tầm và góc phương vị của nòng pháo. Các kết quả mô phỏng trình bày ở mục 3.1.

2.2. Xác định lượng bù phần tử bắn

2.2.1. Xác định lượng bù phần tử bắn của pháo có tính đến sự thay đổi giá trị vận tốc đầu nòng

Việc xác định lượng bù phần tử bắn khi có thay đổi giá trị vận tốc đầu nòng là một bước trong xác định phần tử bắn khi pháo đặt cố định. Trong bảng bắn [1, 2] có các giá trị lượng sửa theo vận tốc đầu nòng của đạn. Để xác định được lượng bù phần tử bắn theo sai lệch vận tốc đầu nòng so với vận tốc tiêu chuẩn cần thực hiện các bước sau:

- Xác định phần tử bắn trong điều kiện tiêu chuẩn.
- Tính toán vận tốc đầu nòng của đạn khi đặt trên phương tiện cơ động theo (4) và (5).
- Xác định sai lệch vận tốc đầu nòng so với vận tốc tiêu chuẩn và đưa vào phần mềm tính toán phần tử bắn để xác định lại các góc của phần tử bắn có tính đến giá trị vận tốc đầu nòng đã được xác định như trên.

Thuật toán xác định lượng bù phần tử bắn theo sai lệch vận tốc đầu nòng đã được xây dựng và tích hợp trong các hệ thống điều khiển PPK do Viện Tự động hóa KTQS phát triển. Ngoài việc bù sai lệch vận tốc đầu nòng, sự sai lệch về góc hướng và góc tầm của véc tơ vận tốc đạn đầu nòng so với góc hướng và góc tầm của trục nòng pháo cũng gây ra sai số cho phần tử bắn. Vì vậy, cần nghiên cứu xây dựng thuật toán xác định lượng bù theo góc của véc tơ vận tốc đạn đầu nòng. Vấn đề này sẽ được trình bày dưới đây.

2.2.2. Xác định lượng bù theo góc của véc tơ vận tốc đạn đầu nòng

Sau khi xác định được các giá trị của phần tử bắn, đối với pháo đặt cố định trên mặt đất thì các góc của nòng pháo chính là phần tử bắn, hay nói cách khác góc của véc tơ vận tốc đạn đầu nòng cần phải bằng phần tử bắn. Dưới đây sẽ trình bày phương pháp nhích dần để giải bài toán này.

Trước tiên cho góc hướng và góc tầm của nòng pháo bằng các góc của phần tử bắn đón để xác định các góc hướng và góc tầm của véc tơ đạn đầu nòng cũng như độ lệch của nó với các góc phần tử bắn. Tiếp theo sẽ dịch chuyển góc hướng và góc tầm của nòng pháo một khoảng bằng độ

lệch này và đối với bộ tham số góc này của nòng pháo xác định các góc hướng và góc tầm của véc tơ đạn đầu nòng cũng như độ lệch của nó với các góc phần tử bắn. Nếu các sai lệch này nhỏ hơn giá trị cho phép thì góc tầm và góc hướng của nòng pháo trong trường hợp này chính là giá trị phần tử bắn cần xác định. Nếu các sai lệch này lớn hơn giá trị cho phép thì cần tiếp tục dịch chuyển góc hướng và góc tầm một khoảng bằng sai lệch này và tiếp tục xác định các góc hướng và góc tầm của véc tơ vận tốc đạn đầu nòng cũng như độ lệch của nó với các góc phần tử bắn. Các bước này được thực hiện cho đến khi các sai lệch này còn lớn hơn giá trị cho phép. Giá trị sai lệch cho phép phải nhỏ hơn độ phân giải đo lường và điều khiển của các hệ thống đo lường và truyền động pháo. Hiện nay, các hệ thống này có độ phân giải khoảng 1/3 mrad, do đó, có thể chọn giá trị sai lệch cho phép là 0.1 mrad.

Như vậy, quy trình xác định lượng bù phần tử bắn theo các góc của véc tơ vận tốc đạn đầu nòng sau khi đã xác định được phần tử bắn cho pháo ở chế độ cố định có tính đến lượng bù sai lệch giá trị vận tốc đạn đầu nòng $(\beta_{ptb}, \varepsilon_{ptb})$ được thực hiện theo các bước sau:

1. Chuyển hệ tọa độ, xác định phần tử bắn của pháo theo hệ tọa độ phương tiện mang:

$$\beta_1 = \beta_{ptb} - \psi, \quad \varepsilon_1 = \varepsilon_{ptb}$$

2. Xác định góc hướng và góc tầm của véc tơ vận tốc đạn đầu nòng khi đặt trên phương tiện cơ động $\beta_{dp1}, \varepsilon_{dp1}$ theo (7).

3. Xác định độ lệch giữa các góc của véc tơ vận tốc đầu nòng với phần tử bắn của pháo:

$$\begin{cases} \Delta\beta_1 = \beta_{dp1} - \beta_1 \\ \Delta\varepsilon_1 = \varepsilon_{dp1} - \varepsilon_1 \end{cases} \quad (9)$$

So sánh $\Delta\beta_1$ và $\Delta\varepsilon_1$ với giá trị ngưỡng δ , nếu

$$\|\Delta\beta_1\| \leq \delta \cap \|\Delta\varepsilon_1\| \leq \delta \quad (10)$$

thì dừng tính toán, $\Delta\beta_1$ và $\Delta\varepsilon_1$ là lượng bù phần tử bắn và góc β_1 và ε_1 chính là góc phần tử bắn. Nếu (10) không thỏa mãn thì tiếp tục thực hiện các bước tiếp theo.

4. Xác định góc mới mà nòng pháo cần có:

$$\beta_{i+1} = \beta_i - \Delta\beta_i, \quad \varepsilon_{i+1} = \varepsilon_i - \Delta\varepsilon_i$$

5. Xác định góc hướng và góc tầm của véc tơ vận tốc đạn đầu nòng khi đặt trên phương tiện cơ động $\beta_{dp(i+1)}, \varepsilon_{dp(i+1)}$ theo (7).

6. Xác định độ lệch giữa các góc của véc tơ vận tốc đầu nòng với phần tử bắn của pháo:

$$\begin{cases} \Delta\beta_{i+1} = \beta_{dp(i+1)} - \beta_{i+1} \\ \Delta\varepsilon_{i+1} = \varepsilon_{dp(i+1)} - \varepsilon_{i+1} \end{cases} \quad (11)$$

So sánh $\Delta\beta_{i+1}$ và $\Delta\varepsilon_{i+1}$ với giá trị ngưỡng δ , nếu

$$\|\Delta\beta_{i+1}\| \leq \delta \cap \|\Delta\varepsilon_{i+1}\| \leq \delta \quad (12)$$

thì dừng tính toán. Khi đó:

$$\begin{cases} \Delta\beta = \sum_{j=1}^i \Delta\beta_j \\ \Delta\varepsilon = \sum_{j=1}^i \Delta\varepsilon_j \end{cases} \quad (13)$$

là lượng bù phần tử bắn và góc β_{i+1} và ε_{i+1} chính là góc phần tử bắn. Nếu (12) không thỏa mãn thì quay đặt $i = i + 1$ và quay lại thực hiện từ bước 4 đến bước 6 cho đến khi (12) thỏa mãn.

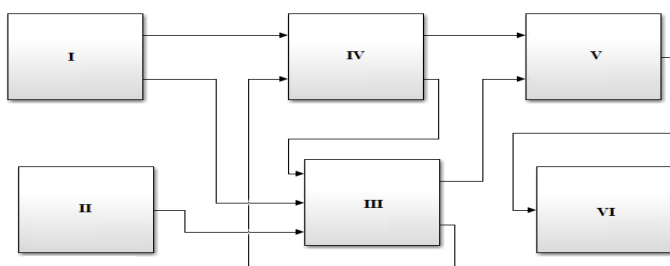
7. Xác định phần tử bắn sau khi đưa lượng bù vào:

$$\begin{cases} \beta_p = \beta_1 - \Delta\beta \\ \varepsilon_p = \varepsilon_1 - \Delta\varepsilon \end{cases} \quad (14)$$

Các kết quả mô phỏng trình bày ở mục 3.2.

2.2.3. Xây dựng sơ đồ cấu trúc khối tính toán phần tử bắn kết hợp với bù phần tử bắn

Khối tính toán phần tử bắn cho hòa lực trên phương tiện cơ động được xây dựng theo thuật toán trên có sơ đồ cấu trúc trình bày trên hình 1 dưới đây.

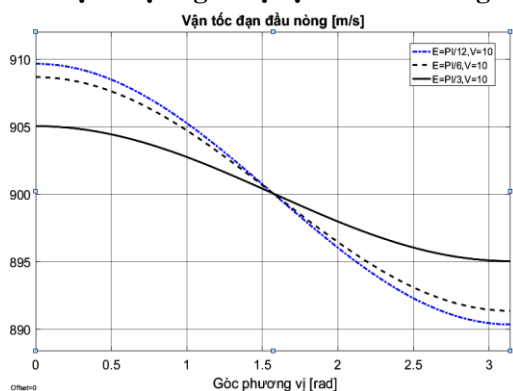


Hình 1. Sơ đồ cấu trúc khối tính toán phần tử bắn kết hợp với bù phần tử bắn.

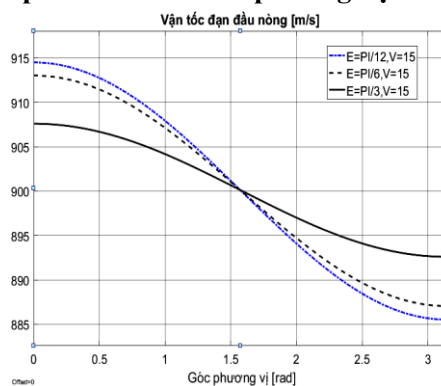
Căn cứ vào tham số chuyển động của mục tiêu trong hệ tọa độ mặt đất cố định do khối (II) đưa sang, khối tính toán phần tử bắn (III) sẽ xác định phần tử bắn cho pháo trong trường hợp đặt cố định trên mặt đất. Phần tử này sẽ được đưa sang khối tính toán vận tốc đạn đầu nòng (IV). Cùng lúc đó khối (IV) cũng nhận được các tham số chuyển động của phương tiện mang từ khối đo tham số chuyển động (I) truyền sang, trên cơ sở đó khối sẽ tính vận tốc đầu nòng của đạn pháo và đưa trở về cho khối (III) để đưa lượng sửa sai số vận tốc vào. Phần tử bắn sau khi có lượng sửa sai lệch vận tốc đầu nòng được đưa sang khối tính toán lượng bù theo góc của véc tơ vận tốc đạn đầu nòng (V). Khối (V) cũng nhận các tham số từ khối (I) và trên cơ sở các số liệu đầu vào, sẽ xác định lượng bù phần tử bắn và góc bắn của nòng pháo theo các thuật toán trình bày trên, đưa kết quả là góc hướng và góc tâm của nòng pháo sang hệ thống điều khiển truyền động pháo thông qua khối giao diện hệ thống (VI).

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Đồ thị sai lệch giá trị vận tốc đầu nòng của đạn pháo khi bắn trên phương tiện cơ động



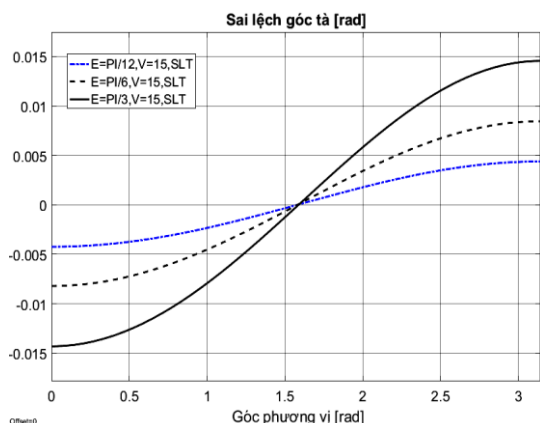
Hình 2. Vận tốc đạn đầu nòng theo góc PV với vận tốc xe mang 10 m/s.



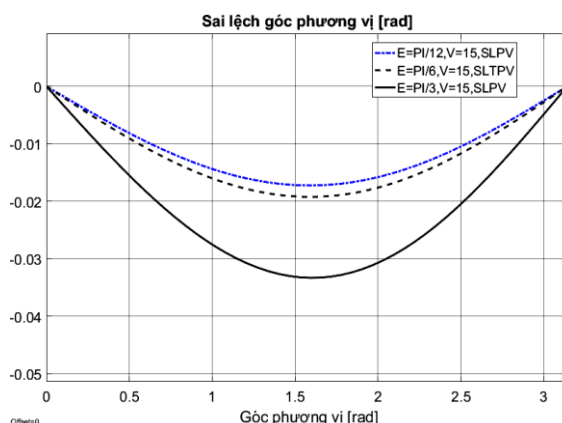
Hình 3. Vận tốc đạn đầu nòng theo góc PV với vận tốc xe mang 15 m/s.

Trên hình 2 là giá trị vận tốc đầu nòng đối với các góc tầm khác nhau khi góc phương vị thay đổi từ 0 đến 180⁰ trong trường hợp vận tốc của phương tiện mang là 10 m/s, vận tốc đầu nòng của đạn so với pháo là 900 m/s. Ta thấy, giá trị vận tốc đầu nòng thay đổi xung quanh giá trị danh định là 900 m/s, góc tầm càng nhỏ thì sự thay đổi càng lớn, giá trị vận tốc lệch khỏi giá trị danh định từ 9 m/s đến -9 m/s đối với góc tầm là 15⁰, từ 8 m/s đến -8 m/s đối với góc tầm là 30⁰, từ 5 m/s đến -5 m/s đối với góc tầm là 60⁰ trong suốt dải góc phương vị thay đổi từ 0 đến 180⁰.

Trên hình 3 cũng tương tự như trên, khi vận tốc của phương tiện mang là 15 m/s thì sự sai lệch vận tốc càng lớn. Như vậy, cần đưa lượng sửa vận tốc vào để tính toán phần tử bắn.



Hình 4. Sai lệch góc tầm theo góc phương vị khi xe mang chuyển động với vận tốc 15 m/s.



Hình 5. Sai lệch góc phương vị theo góc tầm khi xe mang chuyển động với vận tốc 15 m/s.

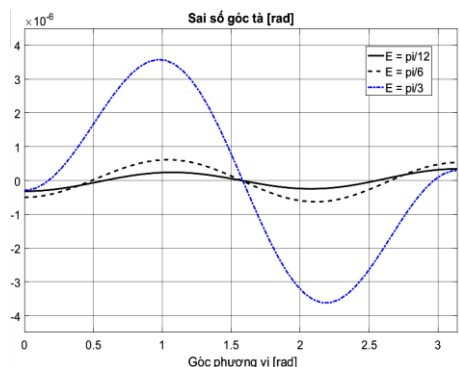
Trên hình 4 là độ lệch góc tầm đối với các góc tầm khác nhau của pháo khi góc phương vị pháo thay đổi từ 0 đến 180⁰ trong trường hợp vận tốc của phương tiện mang là 15 m/s, vận tốc đầu nòng của đạn so với pháo là 900 m/s. Ta thấy, giá trị độ lệch góc tầm thay đổi, góc tầm càng nhỏ thì sự thay đổi càng lớn, từ -14 mrad đến 14 mrad đối với góc tầm là 15⁰, từ -8 mrad đến 8 mrad đối với góc tầm là 30⁰, từ -4 mrad đến 4 mrad đối với góc tầm là 60⁰ trong suốt dải góc phương vị thay đổi từ 0 đến 180⁰.

Trên hình 5 là độ lệch góc phương vị đối với các góc tầm khác nhau của pháo. Ta thấy, giá trị độ lệch góc phương vị thay đổi giảm dần từ 0 mrad khi góc phương vị của pháo là 0⁰, đạt giá trị nhỏ nhất là -17 mrad khi góc phương vị của pháo là 100⁰ và tăng dần lên đến -5 mrad khi góc phương vị của pháo là 180⁰ không phụ thuộc vào giá trị góc tầm.

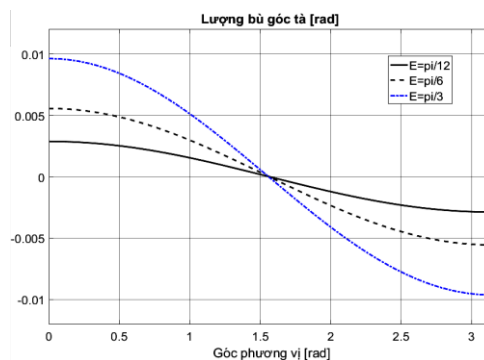
Các đồ thị trên cho thấy sự khác nhau đáng kể về góc phương vị và góc tầm của véc tơ vận tốc đầu nòng so với góc của nòng pháo khi pháo đặt trên phương tiện chuyển động. Độ lệch này cũng thay đổi phụ thuộc vào góc tầm, góc phương vị của nòng pháo cũng như vận tốc đầu nòng của đạn và vận tốc của phương tiện mang. Điều này đòi hỏi phải tính toán các sai lệch này để bù vào góc của nòng pháo hay phần tử bắn trong trạng thái tĩnh, sao cho véc tơ vận tốc đầu nòng của đạn có góc hướng và góc tầm là các góc của phần tử bắn ban đầu.

3.2. Đồ thị sai lệch giá trị vận tốc đầu nòng của đạn pháo khi bắn trên phương tiện cơ động khi đã bổ sung lượng bù phần tử bắn

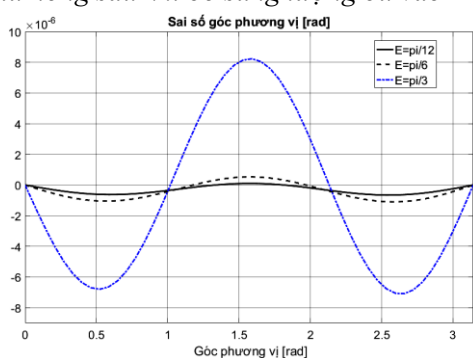
Dưới đây là kết quả mô phỏng xác định lượng bù phần tử bắn và phần tử bắn có tính đến lượng bù theo phần tử bắn ban đầu cho một số trường hợp. Các trường hợp đầu phần tử bắn ban đầu được chọn có góc tầm thứ tự là 15⁰, 30⁰, 60⁰ và có góc phương vị thay đổi từ 0 đến 180⁰. Kết quả mô phỏng được trình bày trên các hình 6 đến hình 9 dưới đây.



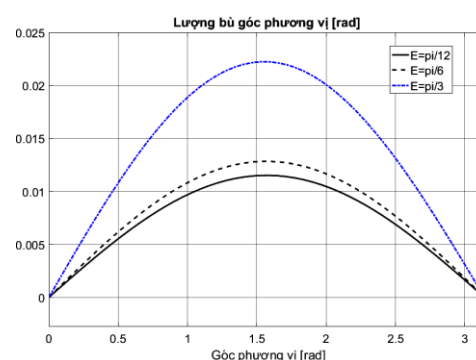
Hình 6. Sai số góc tà của véc tơ vận tốc đạn đầu nòng sau khi bổ sung lượng bù vào PTB.



Hình 7. Lượng bù phần tử bắn theo góc tà.

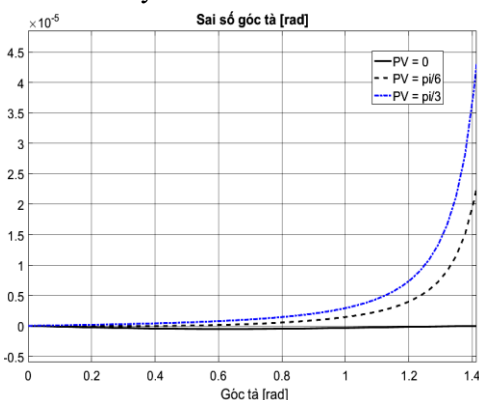


Hình 8. Sai số góc pv của véc tơ vận tốc đạn đầu nòng sau khi bổ sung lượng bù vào PTB.

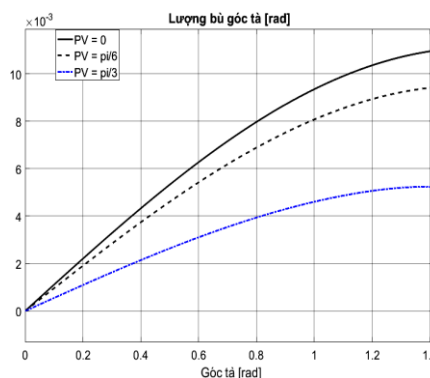


Hình 9. Lượng bù phần tử bắn theo góc phương vị.

Các trường hợp khác phần tử bắn ban đầu được chọn có góc phương vị thứ tự là 0^0 , 30^0 , 60^0 và có góc tầm thay đổi từ 0 đến 75^0 . Kết quả mô phỏng được trình bày trên các hình 9 đến hình 12 với số chu kỳ tính toán là 2.

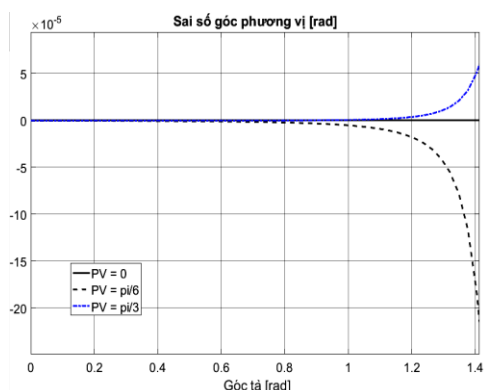


Hình 10. Sai số góc tà của véc tơ vận tốc đạn đầu nòng sau khi bổ sung lượng bù vào phần tử bắn khi góc phương vị là 0 , 30^0 , 60^0 .

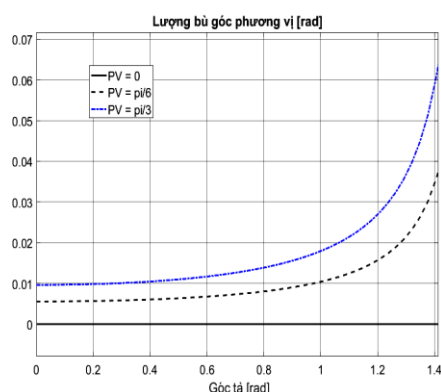


Hình 11. lượng bù phần tử bắn theo góc tà khi góc phương vị là 0 , 30^0 , 60^0 .

Qua các kết quả mô phỏng nhận thấy rằng, sau hai chu kỳ tính toán, sai lệch giữa các góc của véc tơ vận tốc đầu nòng với các góc của phần tử bắn theo (11) nhỏ hơn nhiều lần so với giá trị ngưỡng, có nghĩa là thỏa mãn điều kiện (12). Như vậy, trong thực tế, số bước tính toán sẽ dừng lại ở hai bước.



Hình 12. Sai số góc pv của véc tơ vận tốc đạn đầu nòng sau khi bổ sung lượng bù vào phần tử bắn khi góc phương vị là $0, 30^\circ, 60^\circ$.



Hình 13. Lượng bù phần tử bắn theo góc pv khi góc phương vị là $0, 30^\circ, 60^\circ$.

3. KẾT LUẬN

Khi vũ khí đặt trên phương tiện cơ động, do ảnh hưởng của sự chuyển động của phương tiện mang, hướng của véc tơ vận tốc đạn đầu nòng sẽ thay đổi. Để có thể tiêu diệt mục tiêu, véc tơ vận tốc đạn đầu nòng phải có các giá trị góc trùng với các giá trị góc mong muốn (phần tử bắn). Thuật toán nêu trên cho phép xác định lượng bù về góc của pháo đặt trên phương tiện cơ động. Các kết quả mô phỏng đã minh chứng tính hội tụ của thuật toán đề xuất. Thuật toán trình bày trong báo cáo này có khả năng áp dụng để hiệu chỉnh phần tử bắn cho các hệ thống vũ khí bắn trong hành tiến như pháo phòng không đặt trên tàu chiến cũng như các loại hỏa lực đặt trên các phương tiện cơ động khác.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. “Lotablazat AZ 57 mm-es SZ-60 típusu konnyu legvedelmi agyuhoz”, (1962).
- [2]. “Единые таблицы стрельбы по наземным и воздушным целям из 14,5мм одиночных”, Москва, (1957).
- [3]. “Ukrainian army uses together German Gepard ari defence gun system and Russian SA-8 missile system”, Army Recognition, (2022).
- [4]. “Research on launch dynamics of vehicle-mounted weapons during travel”, Nanjing University of Science and Techonology, (2015).
- [5]. “Simulation research on the shooting stability of wheeled self-propelled anti-aircraft guns during travel”, Journal of Ordnance Engineering, (2010).
- [6]. “Analysis of dispersion error characteristics under the impact load of antiaircraft gun shooting”, Nanjing University of Science and Techonology, (2012).

ABSTRACT

A study on compensation part calculation of fire parameters for firepower on a moving platform

The article proposes a fire parameters calculation algorithm for mounted on moving platform anti-aircraft guns based on two parts: main part is the fire parameters calculated for ground mounted anti-aircraft gun and compensated part caused by movement of the platform. The proposed algorithm is verified by simulation in many scenarios and concretized by a structural diagram of the system.

Keywords: Fire parameters; Ground based anti-aircraft gun; Moving platform; Moving target.