TÍNH TOÁN THỜI ĐIỂM MỞ BẢO HIỂM CHO NGÒI NỔ TÊN LỬA CHỐNG TĂNG TẦM GẦN

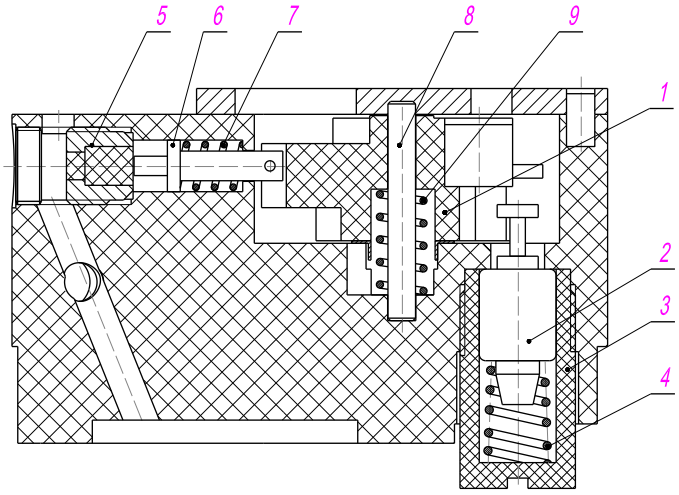
Trần Xuân Diệu*, Nguyễn Trần Duy, Trần Mạnh Tuân

Tóm tắt: *Trong bài báo, mô hình toán mô tả chuyển động trên ray dẫn hướng của bệ phóng và mô hình toán mô tả chuyển động bay của tên lửa chống tăng tầm gần (CTTG) được xây dựng. Dựa trên các mô hình này, xác định các lực quán tính tác dụng lên khối quán tính của cơ cấu bảo hiểm quán tính trong ngòi nổ, từ đó tính toán được khoảng thời gian ngòi nổ mở hiểm hoàn toàn.*

Từ khóa: Cơ cấu bảo hiểm; Tên lửa chống tăng tầm gần; Khối quán tính.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Tên lửa CTTG đang nghiên cứu lắp thêm đầu nổ tandem nhằm mở rộng tính năng kỹ chiến thuật của tên lửa. Ngòi nổ sử dụng cho tên lửa này được cải tiến từ một số ngòi nổ của tên lửa có trong trang bị và đã thu được các kết quả khả quan. Ngòi nổ hoạt động ổn định, tin cậy và có một tầng bảo hiểm xa. Để bảo đảm ngòi nổ an toàn tuyệt đối, cần thiết phải bổ sung thêm tầng bảo hiểm quán tính. Dựa trên một số kết cấu ngòi nổ tên lửa của CHLB Nga và Serbia, nhóm tác giả đề xuất sử dụng cơ cấu bảo hiểm của ngòi nổ như hình 1, kết hợp giữa bảo hiểm quán tính và bảo hiểm xa.



Hình 1. *Cấu tạo cơ cấu bảo hiểm của ngòi nổ tên lửa CTTG.*

1. Đĩa xoay; 2. Khối quán tính; 3. Cốc gá; 4. Lò xo quán tính;

5. Trụ thuốc giữ chậm; 6. Chốt hãm; 7. Lò xo bảo hiểm xa; 8. Chốt; 9. Lò xo xoắn.

Nguyên lý hoạt động của ngòi nổ trên tên lửa CTTG như sau:

Khi tên lửa chuyển động trên ray của bệ phóng, mạch điện nối đài điều khiển với ngòi nổ đóng lại. Nguồn điện từ đài điều khiển sẽ kích hoạt mồi lửa điện trong ngòi nổ. Tia lửa từ mồi lửa điện đốt cháy trụ thuốc giữ chậm (5). Trên đường bay, dưới tác dụng của lực quán tính dọc trục từ động cơ phóng, khối quán tính (2) lún xuống và không ngăn đĩa xoay (1) xoay đi. Sau khoảng thời gian trụ thuốc giữ chậm cháy hết, chốt hãm (6) dưới tác dụng của lực lò xo (7) bị đẩy sâu vào sỉ thuốc và giải phóng đĩa xoay. Lúc này, trục của kíp nổ trùng với trục của trạm truyền nổ, ngòi ở trạng thái mở bảo hiểm hoàn toàn (đối chuẩn).

Khi chạm mục tiêu, công tắc chạm nổ trên đầu nổ chập lại, tạo tín hiệu cho bộ phận giữ chậm điện tử mở khóa điện tử, cấp dòng điện kích nổ kíp nổ điện, kích nổ mạch nổ trong ngòi.

Ở hình 1: Trụ thuốc giữ chậm (5), chốt hãm (6) và lò xo (7) là thành phần của bảo hiểm xa; Khối quán tính (2), cốc gá (3) và lò xo quán tính (4) là thành phần của bảo hiểm quán tính. Cơ cấu bảo hiểm của ngòi nổ với hai tầng bảo hiểm sẽ giúp ngòi nổ an toàn tuyệt đối trong quá trình bảo quản, vận chuyển và từ khi tên lửa rời bệ đến trước thời điểm mở bảo hiểm xa. Tuy nhiên, cơ cấu bảo hiểm này lại là nguyên nhân làm giảm độ tin cậy của ngòi nổ. Vì vậy, cần thiết phải tính toán thời điểm mở bảo hiểm của ngòi nhằm bảo đảm an toàn cho xạ thủ và đồng thời ngòi nổ phải mở bảo hiểm tin cậy. Do thời gian giải phóng đĩa xoay (1) là rất nhỏ (trong khoảng từ 4 ÷ 7 ms), nên thời điểm mở bảo hiểm ngòi nổ gần tương đương với thời điểm mở bảo hiểm xa và phụ thuộc vào trạng thái mở bảo hiểm của bảo hiểm quán tính. Để xác định trạng thái mở bảo hiểm quán tính, cần tính toán quán tính dọc trục của tên lửa từ khi phát hỏa cho đến khi va chạm mục tiêu, hay nói cách khác cần phải nghiên cứu động lực học của tên lửa tương ứng với chuyển động trên ray và chuyển động bay trên quỹ đạo.

2. XÂY DỰNG MÔ HÌNH TOÁN

2.1. Xây dựng mô hình toán mô tả chuyển động của tên lửa trên ray

Chuyển động của tên lửa CTTG trên ray có thể xem như là chuyển động tịnh tiến một bậc tự do [1]. Thiết lập hệ phương trình vi phân mô tả chuyển động trên ray cần đặt ra các giả thiết và xác định các lực tác động lên tên lửa. Sử dụng cách tiếp cận Newton, các bước thiết lập hệ phương trình như sau:

Các giải thiết để thiết lập mô hình toán

- Đạn là cứng tuyệt đối, đối xứng quanh trục;

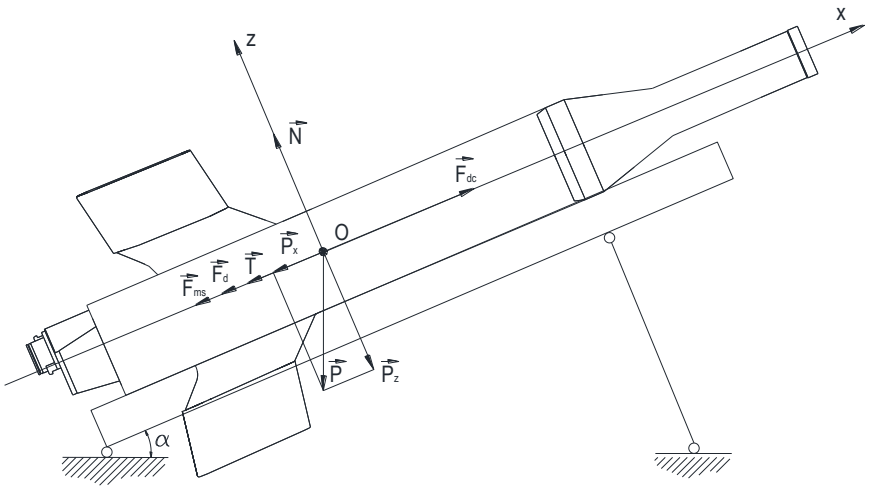
- Ray dẫn hướng là cứng tuyệt đối và không di chuyển trong không gian;

- Trong quá trình chuyển động lực đẩy động cơ, lực căng của dây quấn rotor và lực căng của dây điều khiển luôn tác động dọc theo trục tên lửa;

- Coi dây kéo rotor là mềm và các ổ lăn của rotor là không có ma sát.

Hệ quy chiếu

Do đây là mô hình một vật chuyển động một bậc tự do nên sử dụng hệ quy chiếu quán tính Oxz, có gốc tọa độ O gắn với một điểm cố định trên ray trượt, phương Ox song song với ray trượt và chiều theo hướng chuyển động của tên lửa như hình 2.



Hình 2. *Mô hình hình học tên lửa trên ray trượt.*
F_{dc} - Lực đẩy động cơ, N - Phản lực, P - Trọng lực,
F_{ms} - Lực ma sát, T - Lực kéo dây, α - Góc bắn.

Các ngoại lực tác dụng lên tên lửa bao gồm:

- *Lực đẩy động cơ phóng F_{dc}:* Lực đẩy là một hàm phụ thuộc thời gian sau:

$$F_{dc} = f_{dc}(t) \tag{1}$$

- *Lực kéo của dây điều khiển F_d:* Mô hình lực kéo dây tín hiệu [2] thể hiện ở phương trình:

$$F_d = -k_d V^2 = -k_d \dot{x}^2 \tag{2}$$

trong đó, k_d - Hệ số dây, V - Vận tốc của tên lửa.

- *Lực kéo dây quấn rotor T_{rt}:* Lực kéo dây quấn rotor con quay được xác định qua phương trình chuyển động quay quanh trục của rotor có dạng:

$$T_{rt} = -\frac{J_{rt}}{r_{rt}} \frac{d\omega_{rt}}{dt} \tag{3}$$

ở đây, T_{rt} - Lực căng dây kéo rotor; J_{rt} - Mô men quán tính trục của rotor; ω_{rt} tốc độ góc quay quanh trục của rotor; r_{rt} - Bán kính của trục quấn dây kéo.

Mối quan hệ giữa vận tốc góc và vận tốc dài của rotor:

$$V = r_{rt}\omega_{rt} \tag{4}$$

Thay (4) vào (3) ta được:

$$T_{rt} = -\frac{J_{rt}}{r_{rt}^2} \frac{dV}{dt} = -\frac{J_{rt}}{r_{rt}^2} \ddot{x} \tag{5}$$

- *Trọng lực P:* Trọng lực P tác dụng lên tên lửa chia thành 2 thành phần theo 2 trục Ox và Oz như sau:

$$P_x = -mg\sin\alpha \tag{6}$$

$$P_z = -mg\cos\alpha \tag{7}$$

trong đó, m - Khối lượng của tên lửa; g - Gia tốc trọng trường; α - Góc bắn.

- *Phản lực của ray trượt lên vấu tên lửa N:* Phản lực này cân bằng với thành phần trọng lực theo trục Oz, do đó:

$$N = mg\cos\alpha \tag{8}$$

- *Lực ma sát tác dụng lên vấu tên lửa F_{ms}:* Lực ma sát tác dụng lên vấu tên lửa là lực ma sát trượt cản Culong, ngược chiều trục Ox.

$$F_{ms} = -kN \tag{9}$$

ở đó, k là hệ số ma sát trượt giữa bề mặt ray và bề mặt vấu trượt.

- *Lực tác dụng của vòng chặn con quay:* Thời điểm ban đầu, thanh kéo dây quấn rotor được giữ bằng một vòng chặn. Khi có lực kéo thì dây dẫn sẽ thoát ra khỏi rãnh dẫn. Lực này xác định bằng thực nghiệm, ký hiệu là: F_{vc}.

Thiết lập hệ phương trình vi phân

Sử dụng định luật II Newton thiết lập phương trình chuyển động theo phương Ox:

$$m\ddot{x} = F_{dc} + F_d + T_{rt} + F_{ms} + P_x \tag{10}$$

Thay các lực từ (1) đến (9) vào (10) ta có:

$$\left(m + \frac{J_{rt}}{r_{rt}^2}\right)\ddot{x} + k_d\dot{x}^2 + kmg\cos\alpha + mg\sin\alpha - f_{dc}(t) = 0 \tag{11}$$

Khối lượng tên lửa thay đổi trong quá trình tên lửa chuyển động, nếu coi thuốc phóng cháy là định diện thì phương trình độ hụt khối được tính gần đúng:

$$\dot{m} = -\frac{m_{tp}}{t_c} \tag{12}$$

trong đó, m_{tp} là khối lượng ban đầu của thuốc phóng; t_c là thời gian cháy hết của thuốc phóng.

Như vậy, hệ phương trình mô tả chuyển động của tên lửa trên ray trượt là các phương trình (11) và (12).

2.2. Xây dựng mô hình toán mô tả chuyển động bay của tên lửa

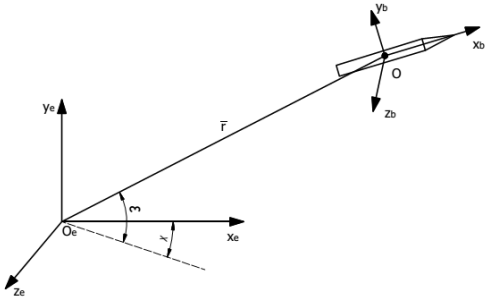
Sau khi tên lửa CTTG rời bệ phóng, chuyển động của tên lửa được coi là chuyển động của vật rắn 6 bậc tự do, bao gồm chuyển động tịnh tiến của khối tâm và chuyển động quay xung quanh khối tâm.

Các giả thiết khi xây dựng mô hình toán:

- Coi tên lửa là vật rắn tuyệt đối, đối xứng hình học quanh trục;

- Trong quá trình chuyển động lực căng của dây điều khiển luôn tác động theo hướng dọc theo trục tên lửa.

Các hệ tọa độ sử dụng khi xây dựng mô hình toán:



Hình 3. *Hệ tọa độ khảo sát.*

- Hệ tọa độ mặt đất $O_ex_ey_ez_e$*:* Gốc toạ độ O_e đặt ở điểm phóng tên lửa. Mặt phẳng $O_ex_ey_e$ mặt phẳng bắn. Trục O_ex_e hướng vào mục tiêu thời điểm phóng. Trục O_ez_e vuông góc với mặt phẳng $O_ex_ey_e$ và tạo thành hệ toạ độ tam diện thuận.

- Hệ tọa độ gắn liền $Ox_by_bz_b$*:* Gốc toạ độ O đặt ở tâm khối của tên lửa. Mặt phẳng Ox_by_b nằm trong mặt phẳng đối xứng của tên lửa**,** trục Oy_b hướng lên trên tại thời điểm phóng, trục Oz_b vuông góc với mặt phẳng Ox_by_b và tạo thành hệ toạ độ vuông góc thuận.

- Hệ tọa độ cầu $O_e[r][\varepsilon][\chi]$*:* Hệ tọa độ cầu dùng để xác định vị trí của một điểm P nào đó trong không gian so với hệ tọa độ mặt đất bằng: bán kính véc tơ $r_p = \overline{O_eP}$ *;* góc tà của bán kính véc tơ với mặt phẳng ngang ε; và góc phương vị χ là góc hình chiếu của bán kính véc tơ r_p trên mặt phẳng ngang và trục O_ez_e**.**

Ngoại lực tác dụng lên tên lửa từ khi rời bệ phóng đến khi chạm mục tiêu là: trọng lực, lực đẩy động cơ, tải trọng khí động và lực kéo của dây điều khiển.

- *Trọng lực* có điểm đặt tại khối tâm tên lửa tại thời điểm khảo sát, hướng về tâm trái đất.

- *Lực đẩy động cơ phóng* gồm 2 thành phần: thành phần dọc trục và thành phần tiếp tuyến tạo mô men quay tên lửa quanh trục đối xứng:

$$M_{xphong} = P_{phong} * \sin\tau \tag{13}$$

τ là góc nghiêng của loa phụt động cơ phóng so với đường sinh tên lửa.

- *Lực đẩy động cơ hành trình* gồm 2 thành phần: thành phần dọc trục và thành phần ngang đóng vai trò lực điều khiển. Quan hệ của lực dọc trục R_{HTdoc} và lực ngang $R_{Htngang}$ so với lực đẩy tổng R_{HT} như sau:

$$\frac{R_{HTdoc}}{R_{HT}} = 0,875; \frac{R_{HTngang}}{R_{HT}} = 0,48 \tag{14}$$

- *Tải trọng khí động* gồm lực khí động và mô men khí động biểu diễn tương ứng thông qua các hệ số khí động trong hệ tọa độ gắn liền:

$$\begin{cases} F_x = C_x \rho S_M \dfrac{V^2}{2} \\ F_y = C_y \rho S_M \dfrac{V^2}{2} \\ F_z = C_z \rho S_M \dfrac{V^2}{2} \end{cases}; \begin{cases} M_x = m_x \rho S_M L_{ref} \dfrac{V^2}{2} \\ M_y = m_y \rho S_M L_{ref} \dfrac{V^2}{2} \\ M_z = m_z \rho S_M L_{ref} \dfrac{V^2}{2} \end{cases} \tag{15}$$

Các hệ số lực khí động đối với tên lửa một kênh bay với vận tốc dưới âm lấy theo góc tấn không gian α_p, là góc giữa véc tơ vận tốc chuyển động của khối tâm tên lửa so với trục đối xứng của tên lửa:

$$C_x = C_x(\alpha_p);\ C_y = C_y(\alpha_p).\cos\alpha_p;\ C_z = C_z(\alpha_p).\sin\alpha_p \tag{16}$$

Các bản cánh nâng đặt lệch góc $3^0 15'$ so với đường sinh tên lửa sinh ra mô men khí động Cren làm quay tên lửa quanh trục dọc. Giá trị hệ số mô men Cren:

$$m_x = m_{x0} + m_x^{\omega_x}.\omega_x \tag{17}$$

trong đó: m_{xo} là thành phần hệ số mô men Cren sinh ra do góc lệch của các bản cánh nâng so với đường sinh tên lửa; $m_x^{\omega_x}$ thành phần hệ số mô men cản do việc tên lửa quay quanh trục.

Hệ số mô men kênh chúc ngóc:

$$m_z = m_z(\alpha_p) + m_z^{\bar{\omega}_z}\bar{\omega}_z = C_y \frac{x_{tt} - x_f}{L_{ref}} + m_z^{\bar{\omega}_z}\bar{\omega}_z \tag{18}$$

trong đó: $m_z(\alpha_p)$ - Hệ số mô men phụ thuộc vào góc α_p; $m_z^{\bar{\omega}_z}\bar{\omega}_z$ - Hệ số giảm chấn được xác định bằng phương pháp bán thực nghiệm; $\bar{\omega}_z = \omega_z L_{ref} / V$ - Tốc độ góc kênh chúc ngóc không thứ nguyên; x_{tt} – Tọa độ tâm khối; x_f – Tọa độ tâm áp; L_{ref} – chiều dài đặc trưng.

Tương tự đối với hệ số mô men kênh tầm:

$$m_y = C_z \frac{x_{tt} - x_f}{L_{ref}} + m_y^{\bar{\omega}_y}\bar{\omega}_y \tag{19}$$

- *Lực kéo của dây điều khiển* vẫn được sử dụng như phương trình (2).

Sử dụng cách tiếp cận Newton ta được hệ phương trình mô tả chuyển động tịnh tiến của khối tâm và chuyển động góc quanh khối tâm trong hệ tọa độ gắn liền:

$$\begin{cases} \dot{V}_x = -\omega_y V_z + \omega_z V_y + \dfrac{F_x}{m} \\ \dot{V}_y = -\omega_z V_x + \omega_x V_z + \dfrac{F_y}{m}; \\ \dot{V}_z = -\omega_x V_y + \omega_y V_x + \dfrac{F_z}{m} \end{cases} \begin{cases} \dot{\omega}_x = \dfrac{1}{I_x}\{M_x + \omega_y\omega_z(I_y - I_z)\} \\ \dot{\omega}_y = \dfrac{1}{I_y}\{M_y + \omega_z\omega_x(I_z - I_x)\}; \\ \dot{\omega}_y = \dfrac{1}{I_z}\{M_z + \omega_x\omega_y(I_x - I_y)\} \end{cases} \tag{20}$$

trong đó:

$\overline{V} = \begin{bmatrix} V_x & V_y & V_z \end{bmatrix}$ là vận tốc chuyển động của khối tâm;

$\overline{\omega} = \begin{bmatrix} \omega_x & \omega_y & \omega_z \end{bmatrix}$ là vận tốc góc quay quanh khối tâm;

$I = \begin{bmatrix} I_x & I_y & I_z \end{bmatrix}$ là các thành phần mô men quán tính chính của tên lửa;

$\overline{F} = \begin{bmatrix} F_x & F_y & F_z \end{bmatrix}$ là véc tơ tổng ngoại lực tác dụng lên tên lửa;

$\overline{M} = \begin{bmatrix} M_x & M_y & M_z \end{bmatrix}$ là véc tơ tổng mô men ngoại lực tác dụng lên tên lửa.

Tọa độ của tên lửa so với hệ tọa độ mặt đất xác định theo hệ phương trình sau:

$$\begin{cases} \dot{\psi} = \dfrac{\omega_z \sin\gamma - \omega_y \cos\gamma}{\cos\vartheta} \\ \dot{\vartheta} = \omega_z \cos\gamma + \omega_y \sin\gamma \\ \dot{\gamma} = \omega_x + (\omega_z \sin\gamma - \omega_y \cos\gamma)\tan\vartheta \\ \dot{x}_e = (\cos\psi\cos\vartheta)V_x + (\sin\psi\sin\gamma - \cos\psi\sin\vartheta\cos\gamma)V_y \\ + (\sin\psi\cos\gamma + \cos\psi\sin\vartheta\sin\gamma)V_z \\ \dot{y}_e = (\sin\vartheta)V_x + (\cos\vartheta\cos\gamma)V_y - (\cos\vartheta\sin\gamma)V_z \\ \dot{z}_e = -(\sin\psi\cos\vartheta)V_x + (\cos\psi\sin\gamma + \sin\psi\sin\vartheta\cos\gamma)V_y \\ +(\cos\psi\cos\gamma - \sin\psi\sin\vartheta\sin\gamma)V_z \end{cases} \quad (21)$$

trong đó: ψ, ϑ, γ là góc Ơ-le xác định vị trí hệ tọa độ gắn liền so với hệ tọa độ mặt đất; x_e, y_e, z_e là tọa độ tâm khối tên lửa trong hệ tọa độ mặt đất.

Để dẫn tên lửa tới mục tiêu sử dụng phương pháp dẫn ba điểm. Ý tưởng của phương pháp là làm cho sai lệch góc phương vị và góc tà của tên lửa so với mục tiêu tiến tới không. Khi đó, tọa độ mục tiêu và tọa độ tên lửa biểu diễn trong hệ tọa độ cầu mặt đất:

$$\begin{cases} \Delta\varepsilon = \varepsilon_{MT} - \varepsilon_{TL} \to 0 \\ \Delta\chi = \chi_{MT} - \chi_{TL} \to 0 \end{cases} \quad (22)$$

Thuật toán điều khiển tên lửa một kênh quay quanh trục dọc biểu diễn bởi các phương trình sau:

$$\begin{cases} u_y = k_\varepsilon \varepsilon + k_{\dot{\varepsilon}} \dot{\varepsilon} + u_b \\ u_z = k_\chi \chi + k_{\dot{\chi}} \dot{\chi} \\ U_o = \sqrt{u_y^{\,2} + u_z^{\,2}} \end{cases} ; \begin{cases} \varphi = arctan(u_z / u_y) \\ U_{dk} = U_0 \sin(\gamma - \varphi) + U_{tt} \sin 2(\gamma - \varphi) \\ \delta = \delta_{\max} sign(U_{dk}) \end{cases} \quad (23)$$

Chú ý khoảng cách của tên lửa so với bệ phóng: $L_{be} = \sqrt{x_e^2 + y_e^2}$.

Giải các hệ phương trình từ (20) đến (23) nhận được kết quả là bộ tham số quỹ đạo chuyển động của tên lửa từ khi rời bệ phóng đến khi chạm mục tiêu.

3. PHÂN TÍCH LỰA CHỌN THỜI ĐIỂM MỞ BẢO HIỂM QUÁN TÍNH CHO NGÒI NỔ TÊN LỬA CTTG

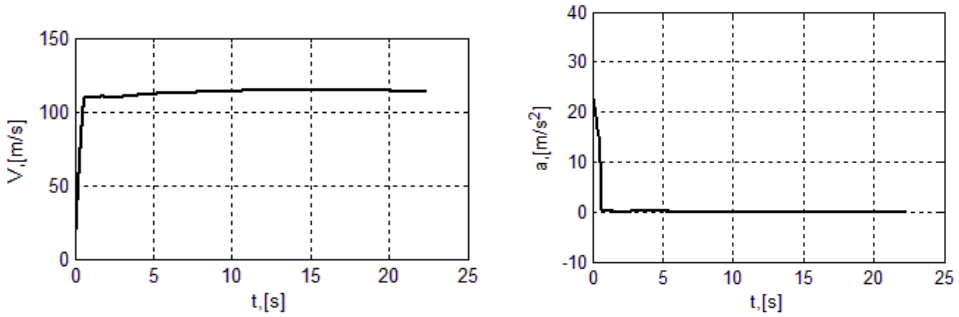
Giải hệ phương trình vi phân như đã trình bày ở mục 2, xác định lực quán tính trục và vị trí của tên lửa CTTG trong không gian theo thời gian. Từ đó, phân tích lựa chọn thời điểm mở bảo hiểm cho ngòi nổ.

Bộ thông số đầu vào cần thiết được đưa ra ở bảng 1 được lấy từ tài liệu tham khảo [2] của tên lửa CTTG.

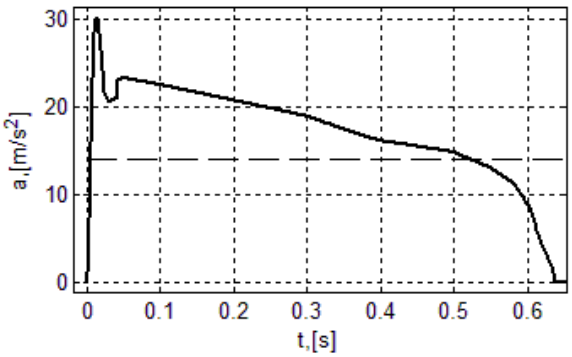
Điều kiện ban đầu để giải hệ phương trình vi phân bao gồm: $V_0 = 0$, $m_0 = 13$; thời điểm kết thúc chuyển động trên ray được xác định $x = L$. Sử dụng phương pháp số Runge-Kutta để giải hệ phương trình vi phân.

Bảng 1. *Các thông số thực nghiệm bắn tên lửa CTTG [2].*

Thông số	Giá trị
Khối lượng ban đầu tên lửa	13kg
Khối lượng ban đầu của thuốc phóng	0,8kg
Thời gian cháy hết của thuốc phóng	0,65s
Góc bắn	8^0
Chiều dài dây quấn rotor	0,35m
Mô men quán tính trục của rotor	$18{,}82.10^{-6}$kgm^2
Bán kính trục quấn dây	$4{,}6.10^{-3}$m
Hệ số dây	$(0{,}0008 + 4{,}21.10^{-5}.t)$N/m^2
Lực tác dụng vòng chặn con quay	300N
Tốc độ quay của rotor	23.000v/ph ÷ 27.000v/ph
Chiều dài ray trượt	0,18m
Hệ số ma sát giữa bề mặt ray và mặt vấu	0,45



Hình 4. *Vận tốc và gia tốc của tên lửa từ khi bắn đến khi chạm mục tiêu.*

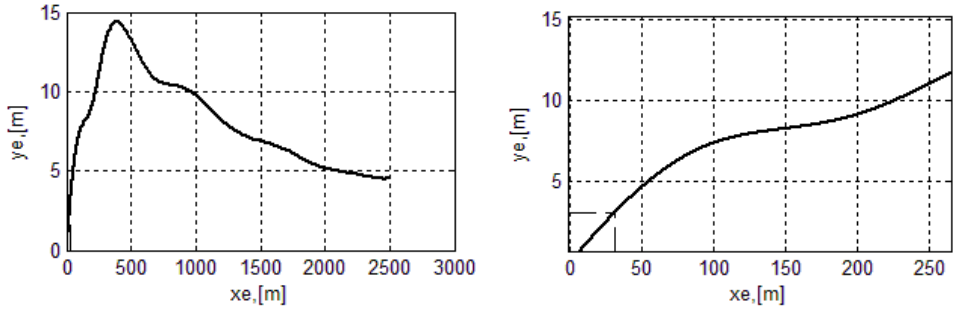


Hình 5. *Gia tốc tên lửa trong giai đoạn động cơ phóng hoạt động.*

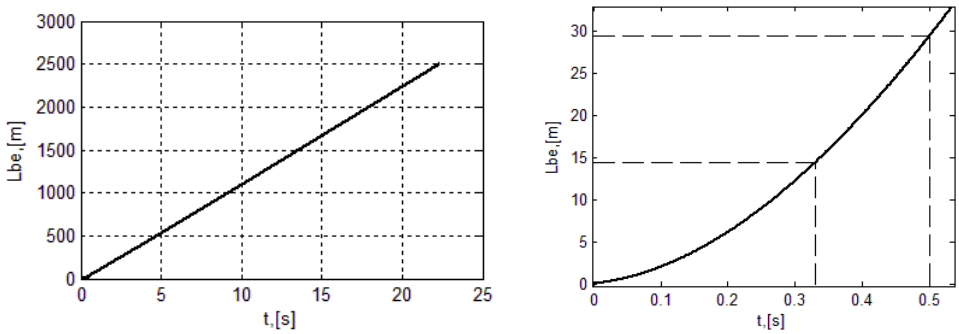
Vận tốc và gia tốc dọc trục của tên lửa CTTG thể hiện ở hình 4. Kết quả này thấy rằng, vận tốc tên lửa tăng nhanh khi động cơ phóng hoạt động (khoảng 0,65 s) và duy trì ổn định ở giai đoạn tên

lửa bay ở chế độ hành trình. Tương ứng gia tốc quán tính trục của tên lửa tăng nhanh và giảm dần trong khoảng thời gian động cơ phóng hoạt động (hình 5), sau đó gia tốc gần như bằng 0. Có thể khẳng định thời điểm mở bảo hiểm quán tính của ngòi nổ chỉ xảy ra trong giai đoạn động cơ phóng hoạt động, hay thời điểm lực quán tính trục tác dụng lên ngòi nổ là lớn nhất. Điều này cho phép lựa chọn độ lớn gia tốc mở bảo hiểm quán tính ngòi nổ phù hợp, bảo đảm những ngoại lực xuất hiện ngẫu nhiên trong bảo quản, vận chuyển sẽ không mở bảo hiểm quán tính của ngòi nổ.

Theo [3], để mở bảo hiểm quán tính ngòi nổ 9Э249 cần gia tốc quán tính dọc trục nhỏ nhất là 14 g. Giá trị gia tốc này được tính toán phù hợp với đặc điểm làm việc của tên lửa và các yêu cầu an toàn trong quá trình vận chuyển, bảo quản. Do đó, có thể lấy giá trị gia tốc dọc trục 14 g là giới hạn mở bảo hiểm quán tính trong ngòi nổ tên lửa CTTG. Theo hình 5, thời điểm mở bảo hiểm quán tính của ngòi nổ sẽ nằm trong khoảng từ t_{mbh} = 0,00056 s (tên lửa nằm trên bệ) đến t_{dbh} = 0,524 s (tên lửa bay cách bệ L_{be} = 31,94 m (hình 7) và ở độ cao X_{dbh} = 3,15 m (hình 6)). Như vậy, điều kiện để cơ cấu bảo hiểm của ngòi nổ có thể mở bảo hiểm hoàn toàn (mở đồng thời bảo hiểm quán tính và bảo hiểm xa) là bảo hiểm xa cũng phải mở bảo hiểm trong thời gian từ 0,00056 s đến 0,524 s, đây cũng chính là thời điểm mở bảo hiểm của ngòi nổ. Nếu bảo hiểm xa mở bảo hiểm ngoài khoảng thời gian này, khối quán tính sẽ nhô lên ngăn cản chuyển động của đĩa xoay, ngòi sẽ không mở bảo hiểm hoàn toàn. Nhằm bảo đảm an toàn cho xạ thủ, cần thiết phải lựa chọn thời điểm mở bảo hiểm xa cách xa bệ phóng. Tuy nhiên, thời gian mở bảo hiểm xa còn phụ thuộc vào khả năng công nghệ chế tạo thuốc hỏa thuật ở trong nước. Qua tìm hiểu thấy rằng, thời gian cháy của trụ thuốc giữ chậm trong khoảng từ 0,33 s đến 0,5 s là phù hợp với kết cấu của ngòi và khả năng công nghệ (Ví dụ: trụ thuốc giữ chậm VP-9 khi ép thuốc bằng mặt hai đầu, trụ thuốc giữ chậm 270,…).



Hình 6. *Quỹ đạo của tên lửa trong mặt phẳng bắn và tọa độ mở bảo hiểm.*



Hình 7. *Khoảng cách tên lửa so với bệ phóng theo thời gian.*

Thời điểm ngòi nổ mở bảo hiểm trong khoảng từ 0,33 s đến 0,5 s sau khi tên lửa phóng, tương ứng tên lửa bay cách cách bệ phóng từ 14,37 m đến 29,38 m. Khi lắp thêm bảo hiểm quán tính, ngoài việc tăng yêu tố an toàn trong bảo quản và vận chuyển, quan trọng hơn là bảo đảm cho ngòi nổ không bị kích nổ khi tên lửa gặp sự cố trên đường bay, bị rơi trước thời điểm mở bảo

hiểm xa (cách xa bệ phóng tối thiểu 14,37 m). Bởi vì khi tên lửa rơi, gia tốc tên lửa giảm dần về 0, khối quán tính có xu hướng nhô lên ngăn quá trình mở bảo hiểm của ngòi, giúp ngòi nổ an toàn dù bảo hiểm xa sẽ mở sau đó. Điều này không thể thực hiện được nếu chỉ có một tầng bảo hiểm xa, do cơ cấu bảo hiểm xa được kích hoạt ngay khi tên lửa rời bệ, tức là sau thời điểm này ngòi nổ đã mất an toàn và có thể phát nổ bất kỳ lúc nào.

4. KẾT LUẬN

Dựa vào việc thiết lập các mô hình toán mô tả chuyển động của tên lửa CTTG ở các giai đoạn khác nhau và giải hệ phương trình vi phân mô tả chuyển động tương ứng, các tham số động học của tên lửa đã được xác định. Cùng với các phân tích, đánh giá và lựa chọn, nhóm nghiên cứu đã tìm ra khoảng thời gian mở bảo hiểm của ngòi nổ trong khoảng từ 0,33 s đến 0,5 s. Kết quả nghiên cứu này có ý nghĩa thực tiễn cao trong nghiên cứu thiết kế và chế tạo ngòi tên lửa CTTG. Bảo đảm ngòi nổ tuyệt đối an toàn khi có đầy đủ hai tầng bảo hiểm và hoạt động tin cậy tương đương các mẫu ngòi nổ tên lửa của Nga, Sebia.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Nguyễn Xuân Anh (2000), "*Động lực học bệ phóng tên lửa"*, Nhà xuất bản Quân đội nhân dân.
[2]. Nguyễn Văn Chúc (2016), "*Mô phỏng động lực học tổ hợp tên lửa có điều khiển một kênh tầm gần phục vụ tính toán thiết kế*". Báo cáo tổng hợp kết quả nghiên cứu đề tài nền cấp Viện KH-CN quân sự, Hà Nội.
[3]. Thuyết minh kỹ thuật và hướng dẫn sử dụng ngòi nổ 9Э249 (*ПЭ3.141.055 TO)- Albom5.*

ABSTRACT

CACULATING THE OPEN TIME OF THE SAFETY MECHANISM
OF THE FUZE FOR THE SHORT-RANGE ANTI-TANK MISSILE

In the paper, the mathematical models describing the motion on the launcher's guide rail and on the trajectory of the short-range anti-tank missile is investigated. Based on these models, the inertial force acting on the pin of the safety mechanism of the fuze are determined, thereby the limit of the open time and some parameters of the safety mechanism is estimated for designing and improving the fuze.

Keywords: Safety mechanism; Short-range anti-tank missile; Inertial pin.

Nhận bài ngày 20 tháng 9 năm 2021
Hoàn thiện ngày 20 tháng 10 năm 2021
Chấp nhận đăng ngày 28 tháng 10 năm 2021

Địa chỉ: Viện Tên lửa - Viện Khoa học và Công nghệ quân sự.
*Email: xuandieuvtl@gmail.com.