

MỞ ĐẦU

1. Tính cấp thiết của đề tài

Ở Việt Nam, do công nghiệp quốc phòng còn chưa phát triển mạnh, điều kiện kinh tế còn hạn hẹp nên việc duy trì, phát huy và hoàn thiện cải tiến các loại trang bị vũ khí trong biên chế nhằm nâng cao tính năng và hiệu quả sử dụng phù hợp với đặc điểm nhiệm vụ là cần thiết. Ngoài ra, công tác nghiên cứu khoa học cũng được đẩy mạnh nhằm hướng vào việc nâng cao tốc độ bắn, độ chính xác bắn và độ ổn định cho các loại vũ khí phục vụ cho quá trình thiết kế sau này. Trong các loại trang bị hiện nay, pháo phòng không hai nòng 37mm K65 được trang bị với số lượng lớn và được quy hoạch để sử dụng lâu dài. Tuy nhiên, các nghiên cứu về pháo chủ yếu tập trung vào việc lắp đặt pháo lên các phương tiện cơ động (xe, tàu thuyền,...), chưa có nhiều nghiên cứu về các yếu tố ảnh hưởng trực tiếp đến quá trình bắn của pháo để nâng cao ổn định cho pháo khi bắn. Trong các công trình nghiên cứu trước đây, các tác giả đưa ra giả thiết xem hai thân pháo giống nhau và do tính đối xứng nên mô hình nghiên cứu khi tính toán chỉ coi là một thân pháo có khối lượng nhân đôi. Tuy nhiên, thực tế khi bắn chuyển động của hai thân pháo luôn có độ lệch pha nhau do ảnh hưởng các yếu tố nội tại của pháo như: máy hãm lùi, đẩy lên của hai thân pháo khác nhau làm chiều dài lùi của mỗi thân pháo không giống nhau, độ mòn các chi tiết của bộ phận tổng đạn và phát hỏa của 2 thân pháo khác nhau, đạn pháo khác nhau về năm, lô sản xuất, ... Điều này dẫn đến khi bắn sẽ sinh ra momen hướng do lực phát bắn tác dụng lên hai thân pháo khác nhau. Vấn đề đặt ra là phải nghiên cứu những nguyên nhân nào đã ảnh hưởng đến độ lệch pha này và ảnh hưởng của nó đến chuyển động của pháo khi bắn.

Với lý do nêu trên, NCS lựa chọn đề tài **“Nghiên cứu ảnh hưởng một số thông số của hai thân pháo đến chuyển động của pháo phòng không hai nòng 37mm K65 khi bắn”** nhằm tìm kiếm những căn cứ khoa học cho việc đề xuất các giải pháp trong khai thác, bảo quản bảo dưỡng và hoàn thiện kết cấu của loại pháo được khảo sát trong những bước nghiên cứu tiếp theo.

2. Mục đích nghiên cứu của luận án

Xây dựng mô hình cho pháo phòng không hai nòng 37mm K65 khi bắn

đặt trên nền đất, có tính đến biến dạng đàn hồi của cơ cấu tâm - hướng và xem hai thân pháo không đồng nhất về kết cấu và tải trọng tác dụng. Trên cơ sở đó khảo sát ảnh hưởng của một số thông số và thời điểm phát hỏa khác nhau của hai thân pháo đến chuyển động của pháo khi bắn.

3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu của luận án

Đối tượng nghiên cứu: Pháo phòng không hai nòng 37mm K65.

Phạm vi nghiên cứu: Nghiên cứu và khảo sát một số yếu tố kết cấu đặc trưng ảnh hưởng đến chuyển động của pháo khi bắn

4. Nội dung nghiên cứu của luận án

- Giới thiệu tổng quan về các vấn đề định nghiên cứu, các loại pháo nhiều nòng, tình hình nghiên cứu và phân tích ưu, nhược điểm của các mô hình đã nghiên cứu về pháo phòng không hai nòng 37mm K65.

- Xây dựng mô hình bài toán động lực học cho pháo phòng không 37mm K65 với giả thiết hai thân pháo khác nhau. Mô hình được xây dựng có tính mới so với các mô hình trước đây: có tính đến biến dạng đất, biến dạng đàn hồi của cơ cấu tâm, hướng; hai thân pháo là 2 vật chuyển động riêng biệt.

- Từ kết quả bài toán dao động, chương này sẽ khảo sát ảnh hưởng các thông số của từng thân pháo khi bắn liên thanh, kết hợp với mô hình và phương trình trong chương 2 đưa ra được sự ảnh hưởng của sai lệch các thông số của hai thân pháo đến tốc độ bắn của pháo và hoạt động của khối lù, đưa ra được sai lệch về góc tâm và hướng của pháo.

- Trên cơ sở nghiên cứu mô hình lý thuyết ở chương 2 và kết quả khảo sát chương 3, thực hiện bắn đạn thật thử nghiệm đối chứng. Từ các số liệu đo được, phân tích, đánh giá kết quả khẳng định sự đúng đắn, phù hợp của mô hình nghiên cứu lý thuyết. Từ đó góp phần hoàn thiện cơ sở khoa học nghiên cứu chuyển động của pháo nhiều nòng khi bắn để nâng cao độ ổn định của pháo khi bắn liên thanh, tăng xác suất tiêu diệt mục tiêu, nâng cao độ chính xác và hiệu quả bắn.

5. Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp nghiên cứu lý thuyết kết hợp với nghiên cứu thử nghiệm.

Về nghiên cứu lý thuyết: Trên cơ sở tìm hiểu kết cấu thực sử dụng phần mềm Inventor để mô phỏng cấu tạo và quá trình hoạt động thực tế của pháo phòng không hai nòng 37mm K65, luận án sử dụng lý thuyết động lực

học hệ nhiều vật để xây dựng mô hình vật lý - toán học của cơ hệ, xây dựng chương trình tính toán số trong phần mềm Maple và khảo sát ảnh hưởng của một số thông số của hai thân pháo đến chuyển động của pháo khi bắn.

Phần thử nghiệm: Tiến hành bắn thực nghiệm, sử dụng các thiết bị đo, ghi hình để xác định các đại lượng nghiên cứu cần kiểm chứng và sử dụng kết quả thực nghiệm để đánh giá tính đúng đắn của mô hình khảo sát lý thuyết.

6. Cấu trúc luận án

Luận án gồm: phần mở đầu, bốn chương và phần kết luận, tài liệu tham khảo, phụ lục. Trong đó có 134 trang thuyết minh, 21 bảng, 81 hình vẽ và đồ thị, 39 tài liệu tham khảo và 9 trang phụ lục.

Mở đầu. Trình bày tính cấp thiết của đề tài luận án.

Chương 1. Tổng quan về động lực học pháo tự động nhiều nòng.

Chương 2. Xây dựng mô hình và giải bài toán động lực học pháo phòng không hai nòng 37mm K65.

Chương 3. Nghiên cứu ảnh hưởng sai lệch một số thông số của hai thân pháo đến chuyển động của pháo phòng không hai nòng 37mm K65.

Chương 4. Thử nghiệm và đánh giá kết quả

Kết luận và kiến nghị: Trình bày những kết quả mới của luận án và một số kiến nghị của tác giả rút ra từ nội dung nghiên cứu.

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN VỀ ĐỘNG LỰC HỌC PHÁO TỰ ĐỘNG NHIỀU NÒNG

Trình bày tổng quan phân tích kết cấu và hoạt động của các loại vũ khí nhiều nòng; một số công trình nghiên cứu đã được công bố trong và ngoài nước về các loại pháo nhiều nòng và các mô hình xây dựng của các tác giả về pháo phòng không 37mm 2 nòng K65.

Từ các công trình đã công bố, mỗi mô hình đều có các ưu điểm riêng nhưng có một số nội dung chưa được tính đến như sau:

- Đa số các mô hình xây dựng đều tính toán ổn định cho pháo 37mm lắp trên các phương tiện cơ động: xe bánh lốp, tàu, ... Các nghiên cứu đi sâu phân tích ảnh hưởng của sóng biển, đặc trưng kết cấu của xe đến quá trình bắn của pháo nhưng chưa có nghiên cứu nào cho mô hình pháo hai nòng khi bắn trên nền đất.

- Các mô hình tính toán của pháo nhiều nòng đều xem thân pháo là đồng nhất, các nòng xem như giống nhau đối xứng nên xây dựng mô hình xem như một nòng có khối lượng nhân đôi. Tuy nhiên, thực tế khi bắn thì hai nòng luôn có độ lệch pha nhau do ảnh hưởng các yếu tố nội tại của pháo như: máy hãm lùi, đẩy lên của hai thân pháo khác nhau làm chiều dài lùi của mỗi thân pháo không giống nhau, độ mòn các chi tiết của bộ phận tổng đạn và phát hỏa của 2 thân pháo khác nhau, đạn pháo khác nhau về năm, lô sản xuất nên tốc độ cháy và lực thuốc phóng khác nhau,...

- Các mô hình nghiên cứu khi xây dựng đều bỏ qua liên kết giữa bánh xe hay các chân kích thủy lực với nền đất. Khi nghiên cứu về tính toán biến dạng đàn hồi của cơ cấu tầm hướng đã thay thế bằng bộ truyền động mới HD. Các chi tiết có kích thước lớn, kết cấu có độ cứng vững cao đều đưa ra giả thiết là tuyệt đối cứng.

Với những điểm hạn chế của các mô hình trước, luận án sẽ tập trung nghiên cứu và giải quyết các vấn đề như sau:

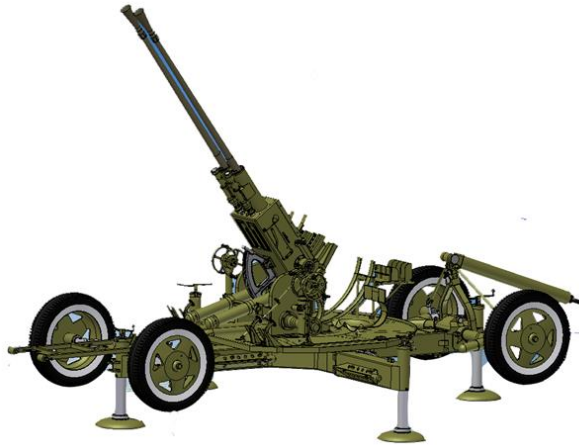
- Xây dựng mô hình khảo sát động lực học pháo phòng không hai nòng 37mm K65 trong đó có kể đến tải trọng tác dụng độc lập của hai thân pháo, biến dạng đàn hồi của cơ cấu tầm hướng và biến dạng của nền đất.

- Xây dựng mô hình và tính toán bài toán động lực học của pháo khi bắn, thiết lập hệ phương trình vi phân dao động của cơ hệ làm cơ sở cho các khảo sát tiếp theo.

- Khảo sát ảnh hưởng của một số thông số của pháo như độ cứng lò xo đẩy lên, khe hở giữa vòng điều tiết và cán điều tiết, độ mòn các chi tiết của bộ phận tổng đạn và phát hỏa,... đến sự sai lệch của hai thân pháo.

CHƯƠNG 2. XÂY DỰNG MÔ HÌNH VÀ GIẢI BÀI TOÁN ĐỘNG LỰC HỌC PHÁO PHÒNG KHÔNG HAI NÒNG 37MM K65.

2.1. Các giả thiết xây dựng mô hình cơ hệ pháo phòng không hai nòng 37mm K65



Hình 2.1. Toàn cảnh pháo phòng không hai nòng 37mm K65

Để xây dựng mô hình pháo 37mm hai nòng K65 theo cơ hệ các vật rắn, căn cứ vào mối liên kết giữa các bộ phận cụ thể của pháo như hình 2.1, đưa ra một số giả thiết làm đơn giản hóa quá trình xây dựng mô hình và tính toán như sau:

- Pháo khi bắn được đặt trên nền đất có biến dạng đàn hồi; khi bắn 4 càng pháo được cố định bằng 4 cọc sắt nên các đế kích luôn liên kết với mặt đất trong quá trình bắn. Do biến dạng của kích nhỏ hơn biến dạng của nền đất nên lúc này các biến dạng đàn hồi của các chân kích và giường pháo được quy đổi qua vị trí nền đất đặt chân kích. Khi đó có thể xem liên kết giữa kích và nền đất được mô hình hóa bằng phần tử có độ cứng k_i và hệ số cản nhớt c_i .

- Sự dao động của khối tầm và khối hướng do chính các phần tử biến dạng đàn hồi gây nên dao động của hệ. Giả thiết rằng liên kết giữa các phần tử của cơ cấu tầm và cơ cấu hướng không có khe hở. Khi đó biến dạng của chúng được thay thế bằng bằng lò xo xoắn có độ cứng lần lượt là c_{ek} , c_{eq} .

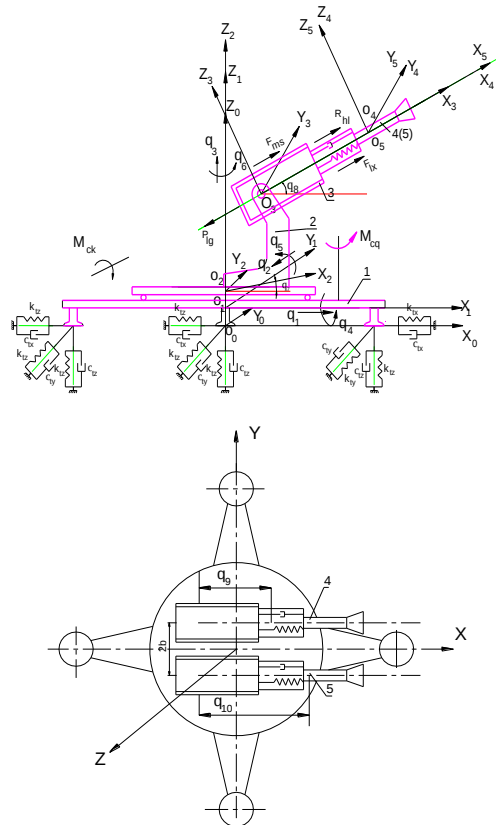
- Việc chế tạo và lắp đặt hai nòng pháo khó đảm bảo cho trục nòng của chúng song song tuyệt đối nên giả thiết coi như song song tuyệt đối. Vì cơ cấu hướng không có tính tự hãm nên coi lực giữ tay quay hướng của xạ thủ là đủ lớn để mô men của lực phát bắn phải nhỏ hơn mô men lực giữ tay quay hướng của xạ thủ.

- Hai thân pháo khi bắn xem như hai vật độc lập về khối lượng và tải trọng tác dụng chuyển động dọc theo trục nòng pháo.

- Các liên kết giữa các khâu, các cơ cấu là không biến dạng trong quá trình làm việc và không có khe hở.

2.2. Mô hình cơ hệ pháo phòng không hai nòng 37mm K65

Trên cơ sở kết cấu của mô hình thực, các mối liên kết giữa các cơ cấu, các bộ phận của pháo và các giả thiết xây dựng mô hình theo quan điểm cơ hệ các vật rắn ta được mô hình cơ hệ như hình 2.2. Khi nghiên cứu khảo sát tổng thể pháo 37mm K65 ở trạng thái chiến đấu, lúc này trong quá trình bắn pháo đảm bảo ổn định bằng 4 chân kích, góc quay tầm φ , góc quay hướng α . Ta xây dựng được mô hình cơ hệ như sau:



Hình 2.2. Mô hình pháo phòng không hai nòng 37mm K65

Vật 1 (Xe pháo có khối lượng m_1): Do biến dạng của xích nhỏ hơn biến dạng của nền đất nên lúc này các biến dạng đàn hồi của các chân kích và giường pháo được dồn vào vị trí nền đất đặt chân kích. Khi bắn, do có sự lệch pha của 2 nòng khi đó giường pháo có khối lượng m_1 sẽ bị quay quanh các trục O_1X_1 , O_1Y_1 , O_1Z_1 và dịch chuyển dọc trục O_1X_1 , O_1Y_1 , O_1Z_1 .

Vật 2: Bộ pháo có khối lượng m_2 dùng để liên kết khối tâm, hướng. Bộ pháo có thể quay quanh tâm của xe pháo.

Vật 3: Máng pháo (hay khối lên xuống) có khối lượng m_3 có thể chuyển động quay quanh trục tại máng.

Vật 4: Khối lùì và các vật chuyển động theo khối lùì của thân pháo bên trái có khối lượng m_4 .

Vật 5: Khối lùì và các vật chuyển động theo khối lùì của thân pháo bên phải có khối lượng m_5 .

Ngoài 5 vật còn có các cơ cấu của máy tự động làm việc. Vì vật 4, 5 là khâu cơ sở truyền chuyển động cho các khâu làm việc, mỗi khâu sẽ có khối lượng thu gọn m'_i , tỷ số truyền K_i , hiệu suất η_i .

Chọn các tọa độ suy rộng:

q_1 - dịch chuyển dọc của mâm pháo (dọc theo trục O_1X_1);

q_2 - dịch chuyển ngang của mâm pháo (dọc theo trục O_1Y_1);

q_3 - dịch chuyển lên xuống của mâm pháo (dọc theo trục O_1Z_1);

q_4 - góc quay của mâm pháo quanh trục O_1X_1 ;

q_5 - góc quay của mâm pháo quanh trục O_1Y_1 ;

q_6 - góc quay của mâm pháo quanh trục O_1Z_1 ;

q_7 - góc quay của mâm pháo trong mp $O_2X_2Y_2$;

q_8 - góc quay của thân pháo trong mp $O_3X_3Z_3$;

q_9 - dịch chuyển của trọng tâm khối lùì dọc theo trục nòng của thân pháo bên trái;

q_{10} - dịch chuyển của trọng tâm khối lùì dọc theo trục nòng của thân pháo bên phải;

q_i - các khâu làm việc của máy tự động của hai thân pháo có quan hệ giữ dừng với dịch chuyển của khâu cơ sở có khối lượng m'_i ;

Chọn vec tơ tọa độ suy rộng của hệ là $q_r = [q_1, q_2, q_3, q_4, q_5, q_6, q_7, q_8, q_9, q_{10}, q_i]^T$.

2.3. Thiết lập hệ phương trình vi phân cho cơ hệ

Cơ hệ pháo phòng không 37mm K65 chịu các liên kết được xem là liên kết hólônôm, giữ, dừng với 10 bậc tự do $q = [q_1, q_2, q_3, q_4, q_5, q_6, q_7, q_8, q_9, q_{10}]$

Để thiết lập hệ phương trình vi phân của cơ hệ, dùng dạng thức Lagrange loại 2 viết dưới dạng ma trận như sau [1], [10], [23]:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}} \right) - \frac{\partial T}{\partial q} = - \frac{\partial \Pi}{\partial q} - \frac{\partial D}{\partial \dot{q}} + Q^f \quad (2.1)$$

trong đó: T- là động năng của cơ hệ, Π - là hàm thế năng của các phần tử lực có thể; D- là hàm hao tán của các thành phần lực cản trong hệ; Q^f - là véc tơ lực suy rộng của các ngoại lực không có thể, không có cản tác dụng lên cơ hệ; q và $\dot{q}$ là các véc tơ tọa độ và vận tốc suy rộng của cơ hệ.

Vị trí của các vật rắn (từ 1 đến 5) của cơ hệ trong hệ qui chiếu quán tính O_0 được xác định bởi các véc tơ vị trí trọng tâm ri và ma trận cosin chỉ hướng của chúng A_i . Các liên kết trong cơ hệ là dừng nên $r_i = r_i(q)$, $A_i = A_i(q)$ và trạng thái vận tốc của chúng được xác định bằng véc tơ vận tốc khối tâm $v_i = \frac{dr_i}{dt} = \sum_{j=1}^{10} \frac{\partial r_i}{\partial q_j} \dot{q}_j$ và vận tốc góc ω_i , $\tilde{\omega}_i = \dot{A}_i \cdot A_i$.

Trong lý thuyết cơ học hệ nhiều vật [1] , [10], [17] đưa vào các ma trận Jacôbi tịnh tiến và Jacôbi quay như biểu thức (2.2) và (2.3):

$$J_{Ti} = \frac{\partial r_i}{\partial q} = \begin{bmatrix} \frac{\partial r_{ix}}{\partial q_1} & \frac{\partial r_{ix}}{\partial q_2} & \dots & \frac{\partial r_{ix}}{\partial q_{10}} \\ \frac{\partial r_{iy}}{\partial q_1} & \frac{\partial r_{iy}}{\partial q_2} & \dots & \frac{\partial r_{iy}}{\partial q_{10}} \\ \frac{\partial r_{iz}}{\partial q_1} & \frac{\partial r_{iz}}{\partial q_2} & \dots & \frac{\partial r_{iz}}{\partial q_{10}} \end{bmatrix} \quad (2.2)$$

$$J_{Ri} = \frac{\partial \omega_i}{\partial \dot{q}} = \begin{bmatrix} \frac{\partial \omega_{ix}}{\partial \dot{q}_1} & \frac{\partial \omega_{ix}}{\partial \dot{q}_2} & \dots & \frac{\partial \omega_{ix}}{\partial \dot{q}_{10}} \\ \frac{\partial \omega_{iy}}{\partial \dot{q}_1} & \frac{\partial \omega_{iy}}{\partial \dot{q}_2} & \dots & \frac{\partial \omega_{iy}}{\partial \dot{q}_{10}} \\ \frac{\partial \omega_{iz}}{\partial \dot{q}_1} & \frac{\partial \omega_{iz}}{\partial \dot{q}_2} & \dots & \frac{\partial \omega_{iz}}{\partial \dot{q}_{10}} \end{bmatrix} \quad (2.3)$$

Khi đó ma trận khối lượng suy rộng của cơ hệ là:

$$Mq = \sum_{i=1}^5 (m_i J_{Ti}^T J_{Ti} + J_{Ri}^T I_{i0} J_{Ri}) \quad (2.4)$$

trong đó: m_i - là khối lượng vật rắn thứ i , $I_{i0} = A_i I_i A_i^T$ - là ten xơ quán tính đối với trọng tâm mỗi vật trong hệ O_0 , I_i - ten xơ quán tính trong hệ tọa độ gắn với vật i .

Do vậy động năng cơ hệ sẽ là $T = \frac{1}{2} \dot{q}^T \cdot Mq \cdot \dot{q}$.

Các phương trình Lagrange 2 được viết lại theo ma trận khối lượng suy rộng và các véc tơ lực suy rộng như sau:

$$\left(\sum_{k=1}^{10} Mq_{i,k} \ddot{q}_k + \sum_{k=1}^{10} \left(\sum_{l=1}^{10} \left(\frac{\partial Mq_{i,k}}{\partial q_l} - \frac{1}{2} \frac{\partial Mq_{k,l}}{\partial q_i} \right) \dot{q}_k \dot{q}_l \right) \right) = -\frac{\partial \Pi}{\partial q_i} - \frac{\partial D}{\partial \dot{q}_i} + Q_i^f, (i=1..10) \quad (2.5)$$

Sử dụng các kết quả trong các tiểu mục của 2.5.1 để xác định véc tơ vị trí trọng tâm, ma trận chuyển; phần mềm Inventor để xác định ten xơ quán tính của các vật, ma trận khối lượng suy rộng; thành lập các ma trận Jacôbi tịnh tiến và quay của 5 vật rắn. Các hàm thế năng và véc tơ lực suy rộng thế năng; hàm hao tán và véc tơ lực suy rộng hao tán được xác định như sau:

2.3.1. Hàm thế năng và véc tơ suy rộng hàm thế năng

Thế năng của cơ hệ bao gồm thế năng của các lực trọng trường lấy đối với hệ quy chiếu O_0 và thế năng của các phần tử đàn hồi.

$$\Pi_{\Sigma} = \Pi_G + \Pi_{CT} + \Pi_{CS} + \Pi_{CGT} + \Pi_{CGP} + \Pi_{ek} + \Pi_{eq} \quad (2.6)$$

trong đó:

Π_G - thế năng của trọng lực các vật;

Π_{CT} , Π_{CS} , Π_{CGT} , Π_{CGP} lần lượt là thế năng của vị trí đặt chân kích của càng trước, càng sau, càng trái và càng phải;

Π_{ek} , Π_{eq} lần lượt là thế năng của cơ cấu tầm, hướng.

Véc tơ lực suy rộng thế năng là:

$$V_{\Pi}(i) = -\frac{\partial \Pi_{\Sigma}}{\partial q_i} \quad (2.7)$$

2.3.2. Hàm hao tán và véc tơ lực suy rộng hao tán

Cơ hệ gồm có 4 chân kích là thành phần sinh ra lực hao tán. Giá trị hàm hao tán ứng với các phần tử này được tính theo công thức Rayleigh như sau:

$$D_i = \frac{1}{2} C_i \cdot \frac{d^2 \zeta}{dt} \quad (2.8)$$

trong đó: C_i – ma trận hệ số cản nhớt của nền đất

$$C_{CT} = C_{CS} = \begin{pmatrix} c_{tx} & 0 & 0 \\ 0 & c_{ty} & 0 \\ 0 & 0 & c_{tz} \end{pmatrix}; C_{CGT} = C_{CGP} = \begin{pmatrix} c_{sx} & 0 & 0 \\ 0 & c_{sy} & 0 \\ 0 & 0 & c_{sz} \end{pmatrix} \quad (2.9)$$

Với c_{tx} , c_{ty} , c_{tz} lần lượt là độ cản nhót nền đất của còng trước và còng sau theo 3 phương; c_{sx} , c_{sy} , c_{sz} lần lượt là độ cản nhót nền đất của còng trái và còng phải theo 3 phương. Do tính đối xứng của các chân kích qua tâm quay nên giá trị độ cứng và hệ số cản nhót của nền tại các chân kích là bằng nhau. ζ - Tốc độ thay đổi của véc tơ biểu diễn phân tử.

2.3.3. Vec tơ lực suy rộng ngoại lực không thể không cản

Ngoại lực không thể, không cản tác dụng lên cơ hệ bỏ qua các thành phần nhiễu động thì chỉ có lực thuật phóng P_{lg} của 2 thân pháo tác dụng lên cơ hệ. Lực này luôn có phương trùng với trục nòng và có chiều tác dụng hướng về đuôi nòng. Trong hệ O_3 lực tác dụng lên cơ hệ là $F = [P_{lg} \ 0 \ 0]$.

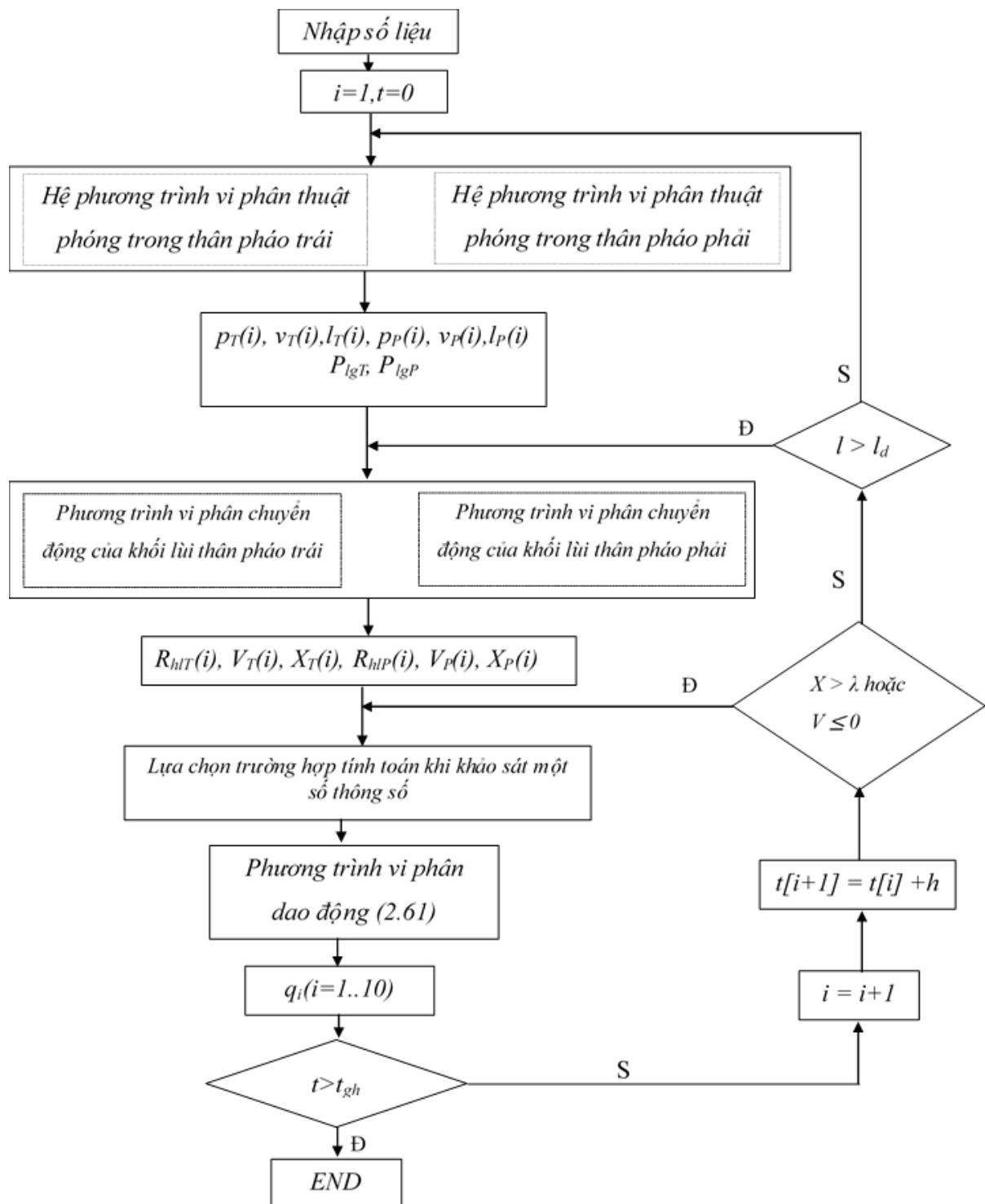
Lực thuật phóng P_{lg} rõ ràng không phụ thuộc trạng thái dao động của cơ hệ, do vậy thành phần công khả dĩ sinh ra bởi nó sẽ là $\delta W = F_t \cdot \delta r_F$, trong đó $F_t = A_3 \cdot F$ - là véc tơ lực trong hệ tọa độ O_0 . Đối với cơ hệ có các liên kết dừng, mỗi trạng thái của cơ hệ được xác định bởi các giá trị tọa độ suy rộng q , do đó $r_F = r_F(q)$, hay $\delta r_F = \sum_{i=1}^{10} \frac{\partial r_F}{\partial q_i} \delta q_i$. Từ đó có thể xác định được các thành phần của véc tơ lực suy rộng do lực của thuốc phóng tác động lên cơ hệ như sau:

$$Q_j^f = \frac{\partial(\delta W_{F_t})}{\partial(\delta q_j)} = \delta W \frac{\partial r_F}{\partial q_j} \quad (2.10)$$

2.4. Đề xuất phương pháp giải và kết quả

Để giải bài toán dao động của cơ hệ pháo 37mm K65, ta kết hợp giải đồng thời nhiều hệ phương trình: phương trình thuật phóng trong, phương trình máy tự động và hệ 10 phương trình vi phân của cơ hệ. Đặc điểm hệ phương trình cần giải là khá phức tạp vì: khối lượng tính toán rất lớn, số lượng biến điều khiển nhiều, yêu cầu bước tính hợp lý để bảo đảm độ chính xác. Có khá nhiều phần mềm ứng dụng như: Pascal, Matlab, Maple.... Để giảm nhẹ khối lượng tính toán lựa chọn phần mềm Maple cho quá trình lập

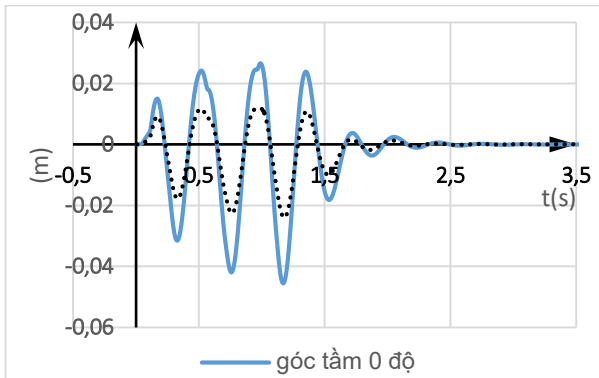
và giải hệ phương trình này. Phương pháp giải được trình bày ở sơ đồ khối hình 2.3



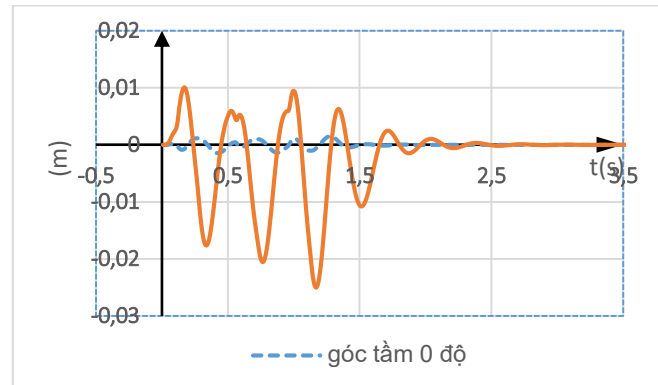
Hình 2.3. Sơ đồ khối giải bài toán cơ hệ

Với mong muốn của nhà sản xuất và yêu cầu kỹ thuật là đảm bảo cho pháo bắn ổn định, không có sự sai lệch của hai thân pháo nên giải hệ phương trình (2.61) với tải trọng tác dụng lên hai thân pháo xem như giống nhau. Bằng phần mềm maple giải hệ đưa ra được quy luật dao động của các tọa

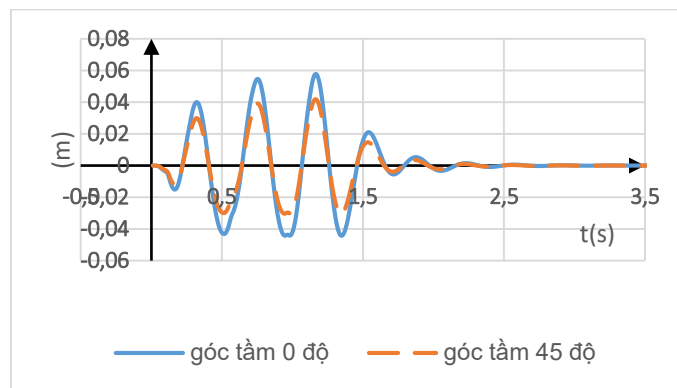
của pháo khi bắn liên thanh loạt 5 viên và được khảo sát ở hai góc tầm 0° và 45° như sau:



Hình 2.4. Dao động của pháo 37mm
theo phương x



Hình 2.5. Dao động của pháo 37mm theo
phương y



Hình 2.6. Dao động của pháo 37mm theo phương z

Kết quả dao động hình 2.4 đến 2.6 nhận thấy: Biên độ dao động theo các phương đều có giá trị nhỏ, do không có sai lệch nên biên độ dao động lắc ngang theo phương y có biên độ lớn nhất 2,5cm ở góc tầm 45° . Khi góc tầm tăng thì biên độ dao động theo phương x và z giảm.

Kết luận chương 2

- Đã sử dụng lý thuyết động lực học hệ nhiều vật để xây dựng mô hình khảo sát động lực học và thiết lập hệ phương trình vi phân dao động của cơ hệ pháo phòng không 37mm K65 trong đó có kể đến biến dạng đàn hồi của cơ cấu tầm - hướng và tính chất đàn nhớt của nền đất.

- Đã thực hành đo đạc để xác định các thông số hình học cần thiết làm cơ sở cho việc mô phỏng hoạt động của cơ hệ, xác định các đặc trưng động

lực học của các vật trong mô hình (khối lượng, vị trí khối tâm, momen quán tính khối lượng,...) làm giá trị đầu vào cho tính toán lý thuyết.

- Đã đề xuất phương pháp tính toán độ cứng quy đổi của cơ cấu tầm, hướng phục vụ cho việc xây dựng mô hình động lực học xác thực hơn.

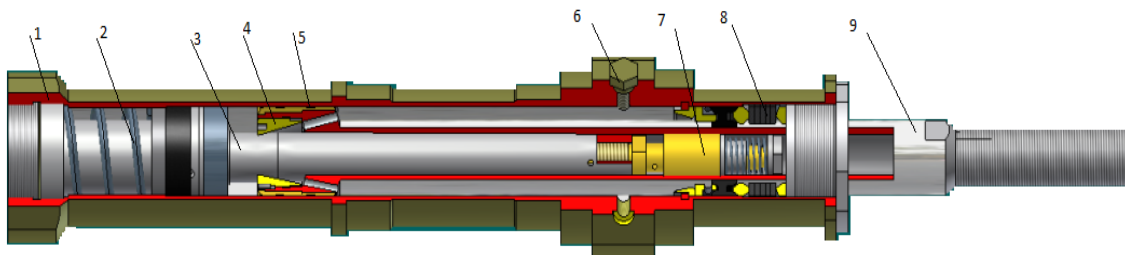
Đóng góp mới của chương 2:

- Xây dựng mô hình cơ hệ pháo 37mm bắn trên nền đất có tính biến dạng của nền, biến dạng đàn hồi của cơ cấu tầm - hướng và tính toán chuyển động của hai thân pháo là hai vật độc lập.

CHƯƠNG 3. NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG SAI LỆCH MỘT SỐ THÔNG SỐ CỦA HAI THÂN PHÁO ĐẾN CHUYỂN ĐỘNG CỦA PHÁO PHÒNG KHÔNG HAI NÒNG 37mm K65

3.2. Nghiên cứu ảnh hưởng của thông số hãm lùi – đẩy lên

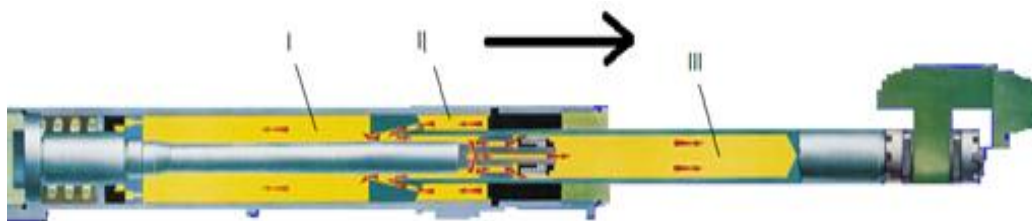
Để đánh giá được ảnh hưởng của kết cấu hãm lùi pháo phòng không 37mm đến làm việc của pháo cần nghiên cứu cấu tạo và hoạt động cụ thể của hãm lùi trong [5] nhưng có thể tóm tắt như hình sau:



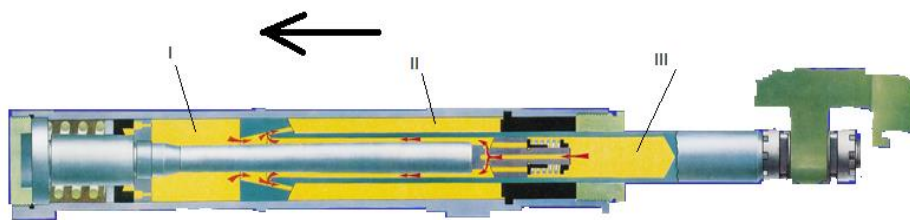
Hình 3.1. Cấu tạo máy hãm lùi

1. Ống hãm lùi; 2. Bộ phận điều hòa dầu; 3. Cán điều tiết; 4. Vòng điều tiết;
5. Piston; 6. Lỗ rút và thoát dầu; 7. Bộ phận hãm đẩy lên; 8. Bộ phận bịt kín

Hoạt động của hãm lùi được trình bày [16], [27], [34] nhưng được thể hiện cụ thể như hình 3.2 và 3.3



Hình 3.2. Chuyển động hãm lùi khi lùi

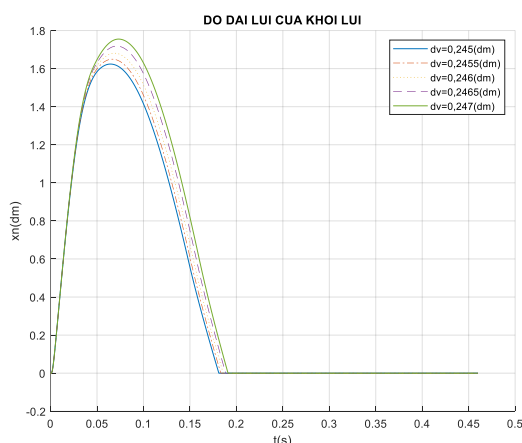


Hình 3.3. Chuyển động hãm lùi khi đẩy lên

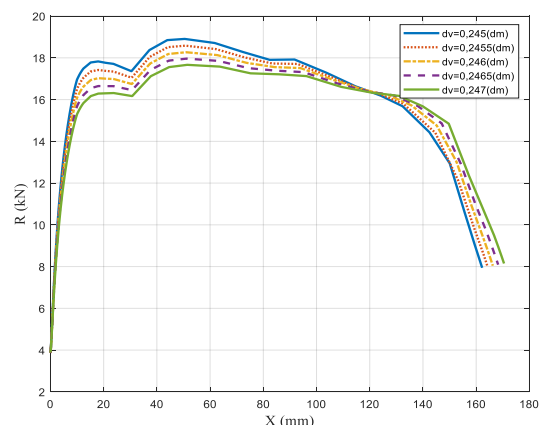
Khoang I là khoang giữa piston và vòng cách bộ phận điều hòa, khoang II là khoang giữa piston và bộ phận bịt kín, Khoang III là khoang phía sau thân hãm đẩy lên và trong lòng cán piston.

3.2.1. Ảnh hưởng của khe hở chảy dầu giữa vòng điều tiết – cán điều tiết

Trong quá trình làm việc, do dầu chảy qua khe hở giữa vòng điều tiết và cán điều tiết rất mạnh làm cho vòng điều tiết bị mòn nhanh làm cho đường kính trong vòng điều tiết bị mòn nhiều hơn. Giả thiết đường kính trong vòng điều tiết thay đổi mỗi bước là 0.05mm. Thay giá trị vào bài toán động lực học của pháo ta xác định được ảnh hưởng của khe hở chảy dầu giữa vòng điều tiết và cán điều tiết đến chiều dài lùi và lực cản lùi như hình 3.4, 3.5.

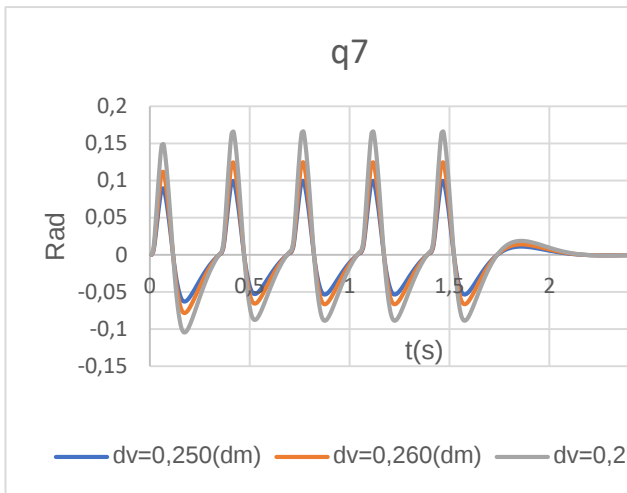


Hình 3.4. Đồ thị chiều dài khối lùi khi thay đổi đường kính trong vòng điều tiết

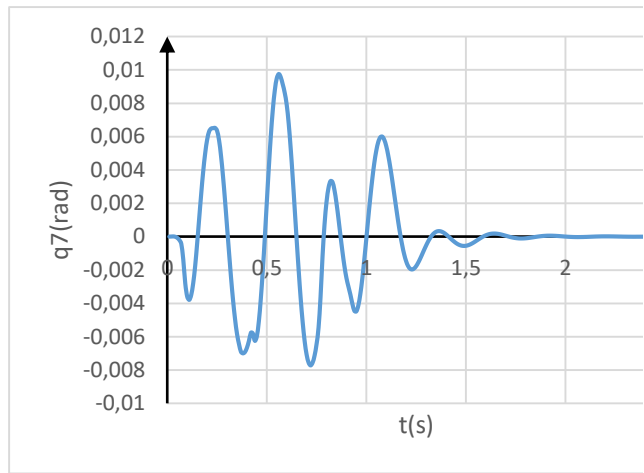


Hình 3.5. Đồ thị lực hãm lùi khí thay đổi đường kính trong vòng điều tiết

Từ đồ thị nhận thấy rằng, đường kính vòng điều tiết càng lớn thì khe hở chảy dầu càng tăng. Khi đó, chiều dài lùi tăng theo nhưng giá trị lực cản lùi càng nhỏ. Giải hệ phương trình (2.5) ta nhận được quy luật dao động góc hướng $q_7(t)$ và góc tầm $q_8(t)$ khi thay đổi đường kính vòng điều tiết:

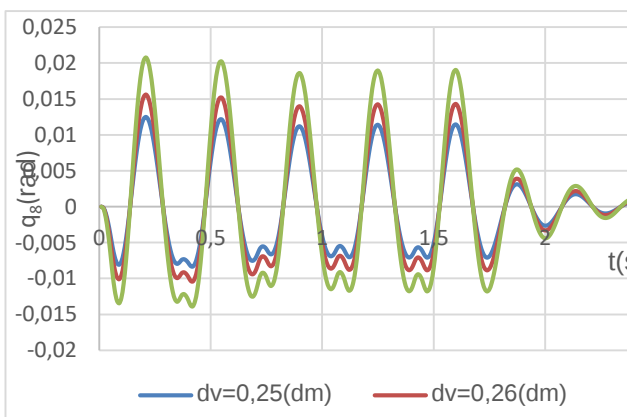


Hình 3.6. Dao động góc hướng $q_7(t)$ khi thay đổi đường kính trong vòng điều tiết

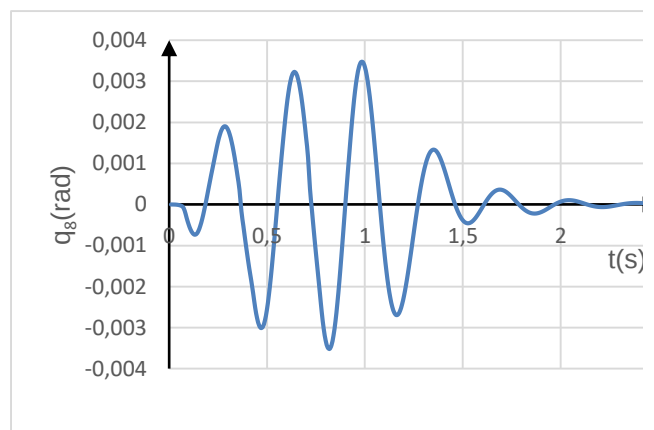


Hình 3.7. Dao động góc hướng $q_7(t)$ khi hai nòng bắn đồng thời

Như vậy, khi có sự lệch pha của hai nòng thì dao động hướng rất lớn khi quay sang phải dao động lớn hơn 10 lần và khi quay sang trái lớn hơn 8 lần. Trong khi đó, nếu càng tăng khe hở chảy dầu thì biên độ dao động càng lớn. Hình 3.6 thể hiện ứng với việc giữ nguyên $d_v=0,245(\text{dm})$ thân pháo bên trái còn thay đổi $d_v=0,26(\text{dm})$ thân pháo bên phải thì biên độ dao động sang phải lớn nhất là $0,12(\text{rad})$, khi thân pháo bên phải thay đổi $d_v=0,27(\text{dm})$ thì biên độ dao động sang phải lớn nhất là $0,17(\text{rad})$ xấp xỉ $9,75^\circ$.



Hình 3.8. Dao động góc tầm $q_8(t)$ khi thay đổi đường kính trong vòng điều tiết



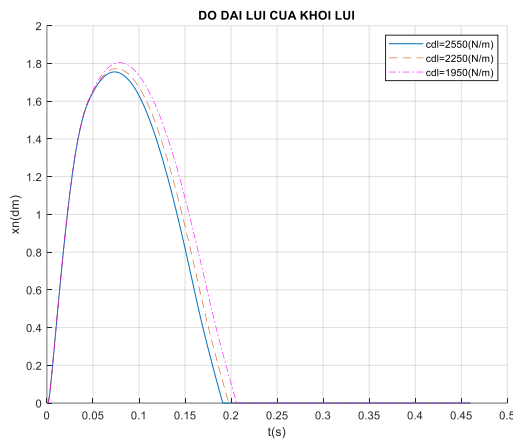
Hình 3.9. Dao động góc tầm $q_8(t)$ khi hai nòng bắn đồng thời

So sánh hình 3.8 với 3.9 nhận thấy rằng dao động tầm $q_8(t)$ khi hai nòng bắn đồng thời với biên độ lớn nhất khi dao động lên trên và xuống dưới là $0,0035(\text{rad})$ xấp xỉ $0,2^\circ$. Ứng với thân pháo bên trái $d_v=0,245(\text{dm})$ và thân pháo bên phải $d_v=0,25(\text{dm})$ thì dao động lớn nhất của 5 phát bắn khi

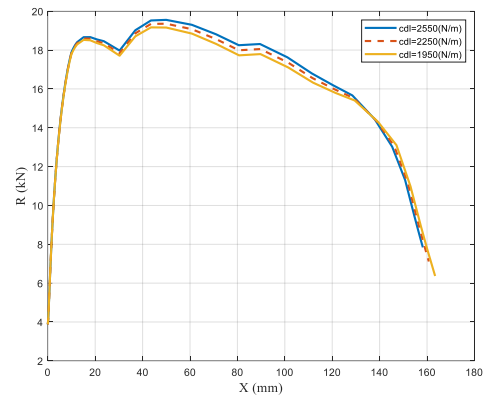
quay lên trên là $0,011(\text{rad})$ xấp xỉ $0,63$ (độ) còn quay xuống dưới là $0,008(\text{rad})$ xấp xỉ $0,46$ (độ).

3.2.2. Ảnh hưởng của độ cứng lò xo đẩy lên

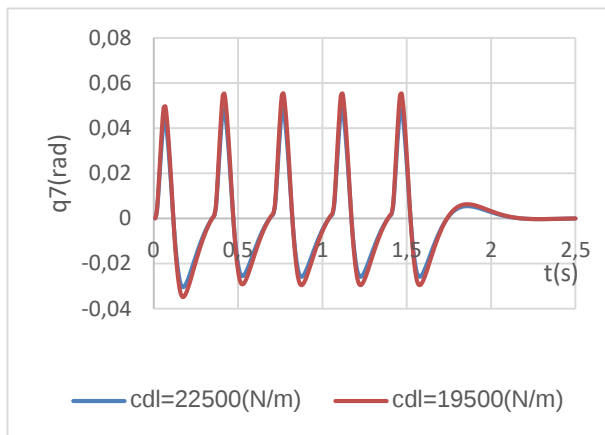
Pháo làm việc theo nguyên lý nòng lùi. Khi đạn ra khỏi nòng, dưới tác dụng của áp suất khí thuốc đẩy nòng lùi về sau nén lò xo đẩy lên lại. Hết hành trình lùi, lò xo đẩy lên đẩy nòng về vị trí cũ.



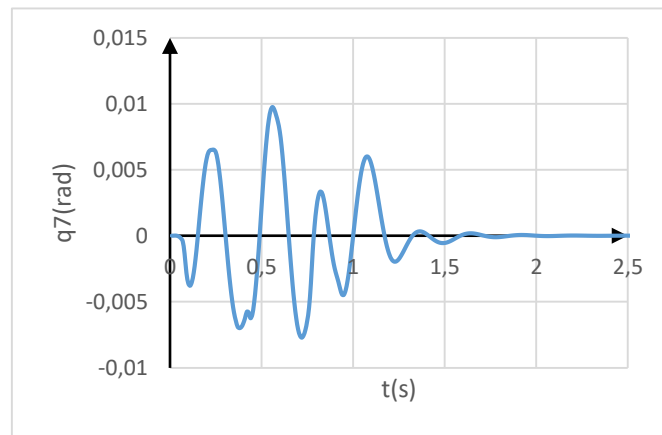
Hình 3.10. Đồ thị chiều dài khối lùi khi thay đổi độ cứng lò xo đẩy lên



Hình 3.11. Đồ thị lực hãm lùi khi thay đổi độ cứng lò xo đẩy lên

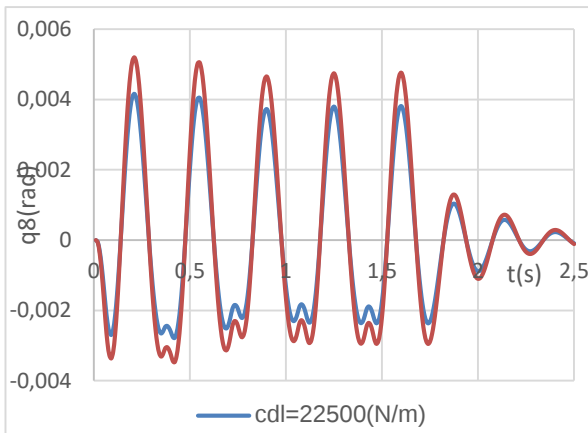


Hình 3.12. Dao động góc hướng $q_7(t)$ khi thay đổi độ cứng lò xo đẩy lên

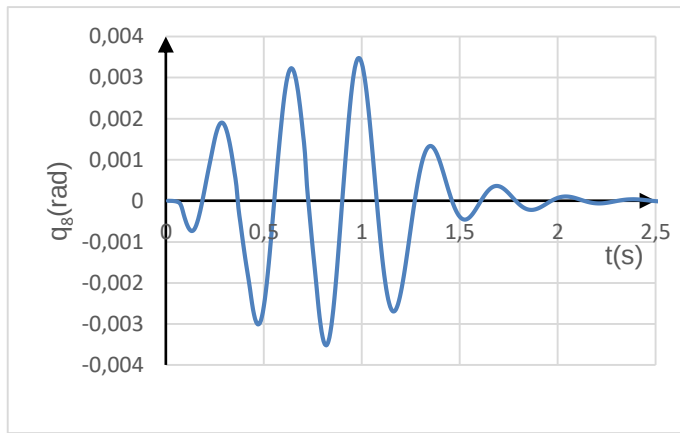


Hình 3.13. Dao động góc hướng $q_7(t)$ khi hai nòng bắn đồng thời

Khi thay đổi độ cứng lò xo đẩy lên, quy luật R_{hl} thay đổi sẽ dẫn đến dao động $q_7(t)$ thay đổi như hình 3.12. Ứng với thân pháo bên trái $C_{dl}=25500(\text{N/m})$ và thân pháo bên phải $C_{dl}=22500(\text{N/m})$ thì dao động lớn nhất của 5 phát bắn khi quay sang phải là $0,05(\text{rad})$ xấp xỉ $2,86$ (độ) còn quay sang trái là $0,035(\text{rad})$ xấp xỉ $2,01$ (độ).



Hình 3.14. Dao động góc tầm $q_8(t)$ khi thay đổi độ cứng lò xo đẩy lên

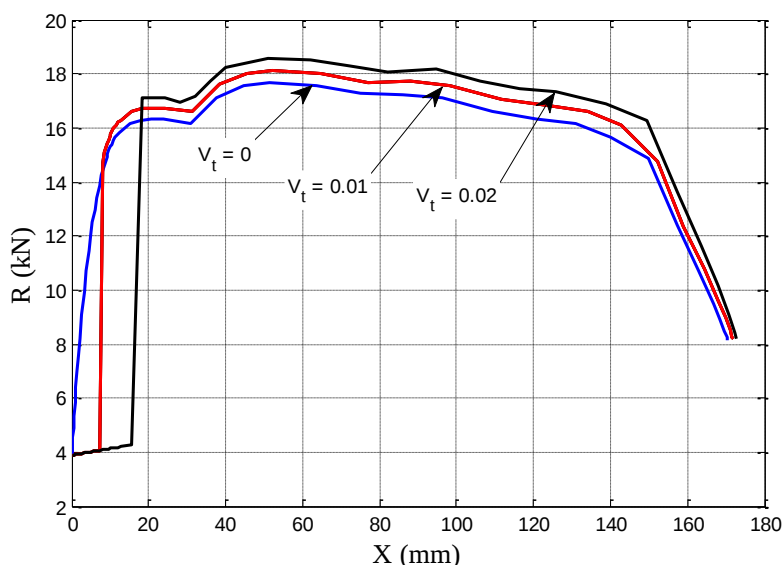


Hình 3.15. Dao động góc tầm $q_8(t)$ khi hai nòng bắn đồng thời

Từ hình 3.14, 3.15 nhận thấy biên độ dao động sai lệch về góc tầm khi thay đổi độ cứng lò xo đẩy lên không nhiều lắm.

3.3. Ảnh hưởng của sự thiếu dầu

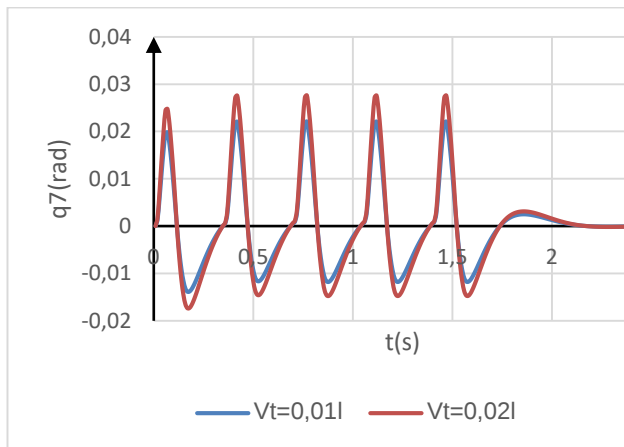
Từ bài toán ngược hãm lùi, ta có thể xác định ảnh hưởng của lượng thiếu dầu đến lực phát bắn và chiều dài lùi như sau:



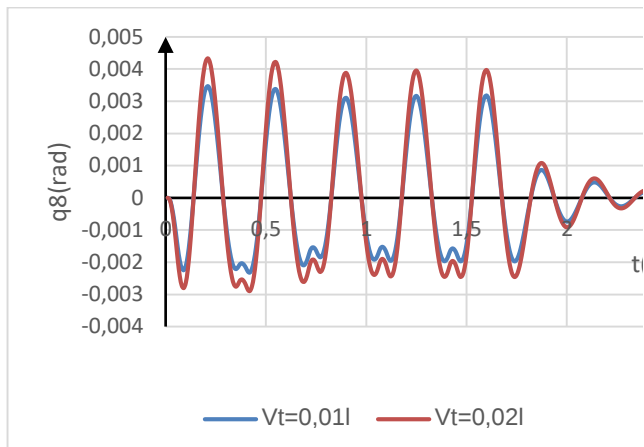
Hình 3.16. Khảo sát ảnh hưởng của thể tích dầu bị thiếu V_t đến quy luật lực cản lùi và chiều dài lùi

Qua đồ thị Hình 3.16 nhận thấy như sau: Khi có đủ dầu $V_t = 0$, pháo theo quy luật bình thường. Nếu thiếu dầu, xuất hiện khoảng chân không pháo lùi tự do. Khi lùi hết khoảng chân không, lực cản lùi tăng đột ngột. Khảo sát lượng thiếu dầu ban đầu ứng với $V_t = 0,01(l)$, $V_t = 0,02(l)$ thì lực cản lùi tăng, chiều dài lùi lúc này tăng. Thay đổi lượng thiếu dầu trong hãm lùi bên phải ứng với $V_t = 0,011$ và $V_t = 0,021$ có giá trị R_{hl} như hình 3.16

thay vào bài toán dao động xác định sai lệch góc hướng $q_7(t)$ và góc tầm $q_8(t)$ của pháo khi bắn như sau:



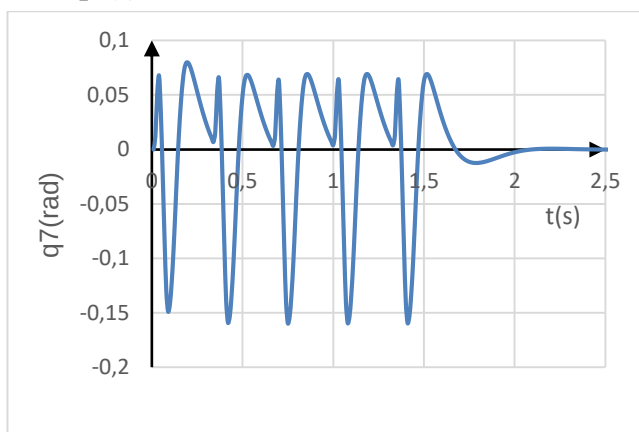
Hình 3.17. Dao động góc hướng $q_7(t)$ khi thiếu dầu



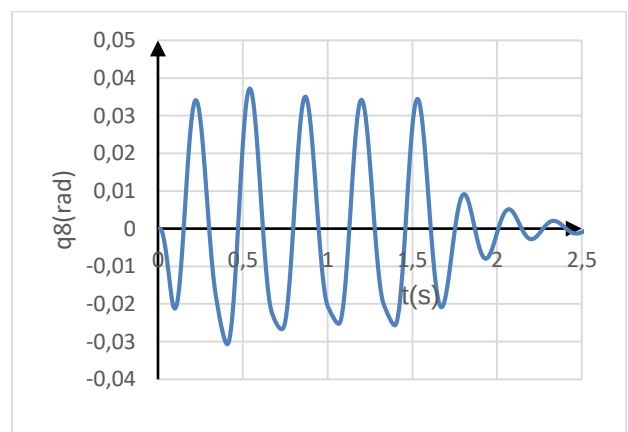
Hình 3.18. Dao động góc tầm $q_8(t)$ khi thiếu dầu

3.4. Ảnh hưởng của cơ cấu cò

Để đánh giá ảnh hưởng của cơ cấu cò giải hệ phương trình (2.61) ứng với giá trị lực cản lùi của hai thân giống nhau nhưng ứng với thời điểm phát hỏa của hai thân khác nhau. Căn cứ vào kết quả sai lệch thời điểm phát hỏa của hai thân ứng với [15] và lấy giá trị sai lệch là 0,02(s), đưa vào chương trình tính toán ta xác định được dao động góc hướng $q_7(t)$ và dao động góc tầm $q_8(t)$ như hình 3.19 và 3.20.



Hình 3.19. Đồ thị $q_7(t)$ khi sai lệch về thời điểm phát hỏa 0,02s



Hình 3.20. Đồ thị $q_8(t)$ khi có sai lệch về thời điểm phát hỏa 0,02s

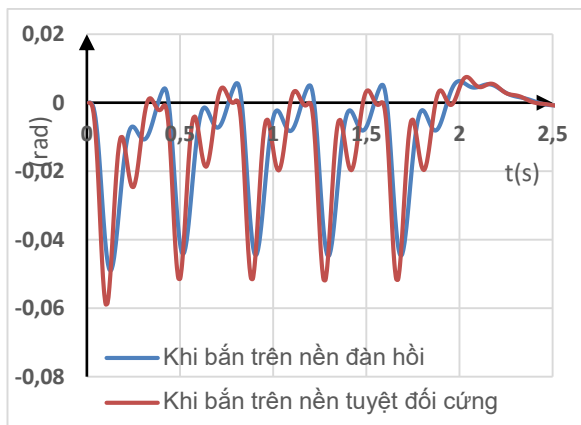
Khi có sai lệch về thời điểm phát hỏa như hình 3.19 thì dao động lớn nhất của 5 phát bắn khi quay sang phải là 0,08(rad) xấp xỉ $4,56^\circ$ và khi quay sang bên trái là 0,15(rad) xấp xỉ $8,6^\circ$. Hình 3.20 ứng với 5 phát bắn khi có

sai lệch thời điểm phát hỏa 0,02(s) thì biên độ dao động lớn nhất khi dao động lên trên là 0,038(rad) xấp xỉ $2,18^0$ và khi dao động xuống dưới là 0,03(rad) xấp xỉ $1,72^0$.

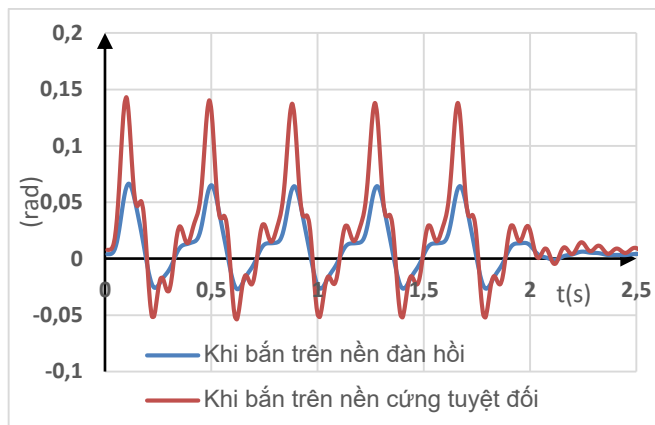
3.5. Ảnh hưởng của biến dạng nền và biến dạng đàn hồi của cơ cấu tầm – hướng đến chuyển động của pháo phòng không hai nòng 37mm K65

3.5.1. Ảnh hưởng của biến dạng nền

Để đánh giá ảnh hưởng của biến dạng nền đến chuyển động của pháo phòng không hai nòng 37mm K65 thì luận án sẽ tiến hành khảo sát mô hình pháo xây dựng trong chương 2 với trường hợp mô hình pháo bắn trên nền đất cứng tuyệt đối. Kết quả khảo sát đưa ra được quy luật dao động của $q_7(t)$ và $q_8(t)$ như hình 3.21, 3.22 ứng với chu kỳ các phát bắn như nhau.



Hình 3.21. Đồ thị $q_7(t)$ khi thay đổi độ cứng nền

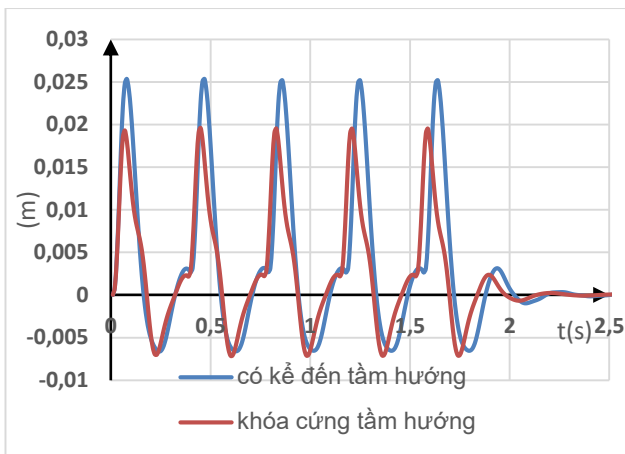


Hình 3.22. Đồ thị $q_8(t)$ khi thay đổi độ cứng nền

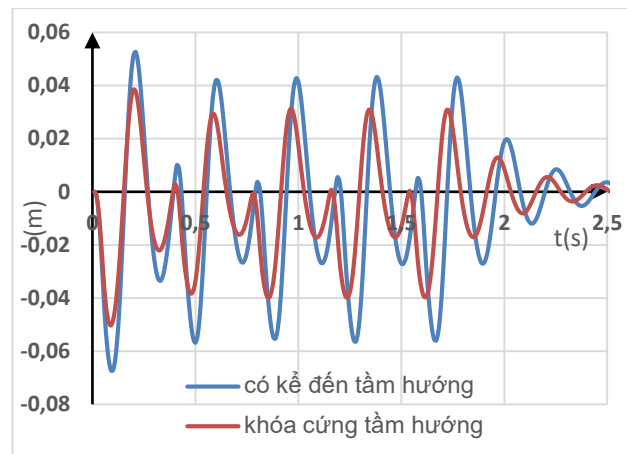
* Kết luận: Khi bắn trên nền tuyệt đối cứng thì dao động tầm và hướng của pháo lớn hơn so với pháo bắn trên nền đàn hồi. Nguyên nhân là do khi bắn trên nền tuyệt đối cứng thì biến dạng của nền coi như bỏ qua, toàn bộ lực phát bắn sẽ bị triệt tiêu bởi đàn hồi của cơ cấu tầm - hướng. Khi đó, cơ cấu tầm - hướng dễ bị hỏng hoặc phá hủy. Vì vậy, việc tính toán ổn định cho pháo khi bắn cần nghiên cứu bắn trên nền đàn hồi có độ cứng vừa phải sẽ bảo đảm độ bền cho tầm - hướng từ đó nâng cao độ chính xác bắn cho pháo.

3.5.2. Nghiên cứu ảnh hưởng của biến dạng đàn hồi của cơ cấu tầm – hướng đến chuyển động của pháo phòng không hai nòng 37mm K65

Để nghiên cứu ảnh hưởng biến dạng đàn hồi của cơ cấu tầm - hướng đến chuyển động của pháo, tiến hành khảo sát bằng cách so sánh dao động của pháo khi có tính biến dạng cơ cấu tầm - hướng với dao động của pháo khi khóa cứng cơ cấu tầm - hướng và khảo sát dao động ở góc tầm 30^0 .



Hình 3.23. Dao động theo phương x khi thay đổi độ cứng tầm – hướng



Hình 3.24. Dao động theo phương y khi thay đổi độ cứng tầm – hướng

Khi thay đổi độ cứng tầm - hướng bằng cách khóa cứng lại thì dao động của pháo theo các phương giảm đi nhưng cũng không đáng kể. Nguyên nhân là do khi khóa tầm - hướng thì coi như giá khóa cứng, lúc này lực tập trung vào giá gây ra dao động cho pháo. Vì vậy, để đảm bảo cho pháo bắn được ổn định thì trong khai thác sử dụng và thiết kế chế tạo cần nghiên cứu tăng độ cứng cho cơ cấu tầm - hướng.

Kết luận chương 3

- Trong các thông số tiến hành khảo sát nhận thấy ảnh hưởng lớn nhất đến dao động hướng và làm pháo mất ổn định nhiều nhất là khe hở chảy dầu giữa vòng điều tiết và cán điều tiết. Khe hở càng lớn, thì hai thân pháo có sự chênh lệch về chiều dài lùi tăng lên. Dao động góc hướng càng lớn và pháo càng mất ổn định trong quá trình bắn. Bên cạnh đó, sai lệch về thời điểm phát hỏa của hai thân pháo càng lớn sẽ càng làm cho dao động về tầm và hướng càng lớn. Vì vậy, cần quan tâm nhiều đến hai yếu tố này để nâng cao ổn định cho pháo hai nòng 37mm K65 khi bắn.

Những đóng góp của chương 3:

- Lựa chọn phương pháp khảo sát hợp lý cho mô hình tính toán chuyển động của pháo 37mm K65 khi bắn. Khảo sát một số thông số dẫn đến sự sai lệch về chiều dài lùi của hai thân pháo làm cho pháo mất ổn định về tầm và hướng. Đã so sánh kết quả dao động của tầm và hướng với khi hai nòng bắn đồng thời để cho thấy ảnh hưởng của nó đến chuyển động của pháo khi bắn.

CHƯƠNG 4. THỬ NGHIỆM VÀ ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ

Mục đích nghiên cứu thử nghiệm là đo đặc xác định các thông số động lực học của cơ hệ pháo phòng không 37mm K65 khi bắn dùng làm cơ sở dữ liệu so sánh, đánh giá mức độ hợp lý của mô hình lý thuyết.

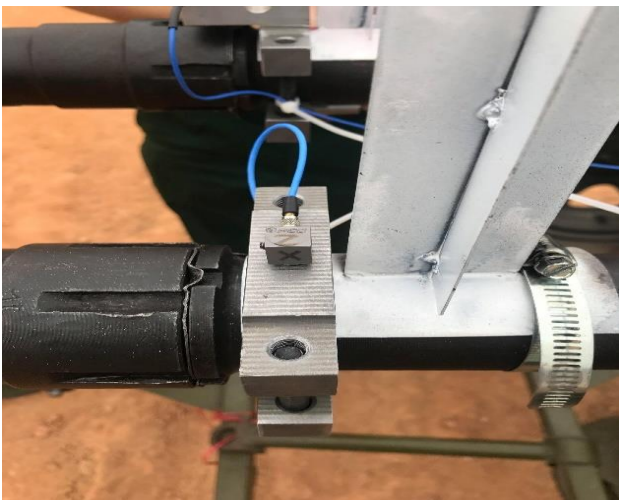
Điều kiện môi trường: Thử nghiệm được tiến hành tại trường bắn Cam Lâm, tỉnh Vĩnh Phúc ngày 10/5/2019 có nhiệt độ ngoài trời là 25°C và độ ẩm không khí 75%. Không bị ảnh hưởng bởi các yếu tố tác động khác.

Trang thiết bị thử nghiệm: Pháo 37mm K65 được Quân đội trang bị cho Học viện KTQS phục vụ cho huấn luyện, đã tiến hành bảo dưỡng kỹ thuật đảm bảo yêu cầu sẵn sàng chiến đấu.



Hình 4.4. Chuẩn bị pháo và đạn trong quá trình thử nghiệm

Chuẩn bị đồ gá đo dao động và quy luật dịch chuyển của 2 thân pháo



Hình 4.5. Đồ gá và cảm biến gia tốc ba chiều gắn đầu nòng trái



Hình 4.6. Đồ gá và cảm biến gia tốc một chiều gắn trên nòng bên phải

Căn cứ vào yêu cầu của luận án và điều kiện cơ sở thực tế đảm bảo cho thực nghiệm, NCS tiến hành thực nghiệm đo các thông số:

- Đo chiều dài lùì của 2 thân pháo: có thể xem thước chỉ độ dài trên thân pháo và dùng camera thuật phóng.

- Đo dao động đầu nòng bên phải và bên trái: dùng camera thuật phóng đo dao động trong mặt phẳng thẳng đứng và góc lệch hướng, dùng cảm biến 3 chiều xác định gia tốc đầu nòng trái và phải theo 3 phương.

Để đo được dao động theo các phương thì bố trí máy móc và thiết bị thử nghiệm theo sơ đồ như hình 4.7 và 4.8.



Hình 4.7. Bố trí trận địa pháo và kết nối phương tiện đo



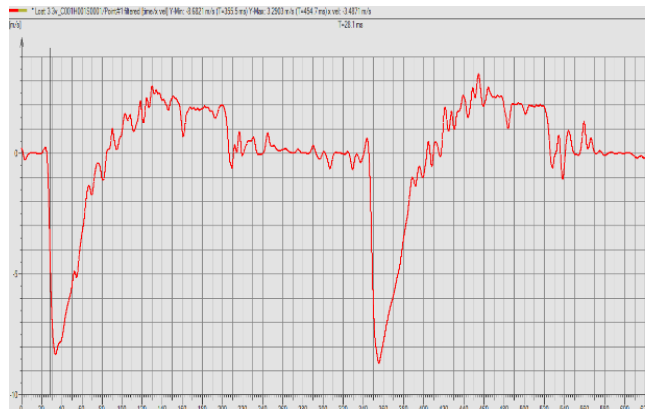
Hình 4.8. Các thiết bị đo và xử lý kết quả sau mỗi loạt bắn

* So sánh kết quả lý thuyết và thực nghiệm

+ Kết quả quy luật vận tốc lùì 2 nòng theo thực nghiệm

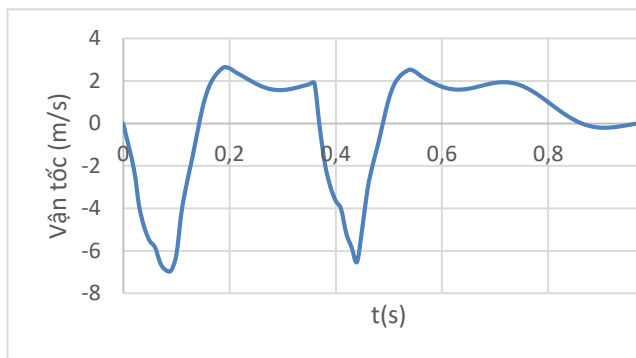


Hình 4.9. Quy luật vận tốc lùì dọc trục nòng của nòng phải

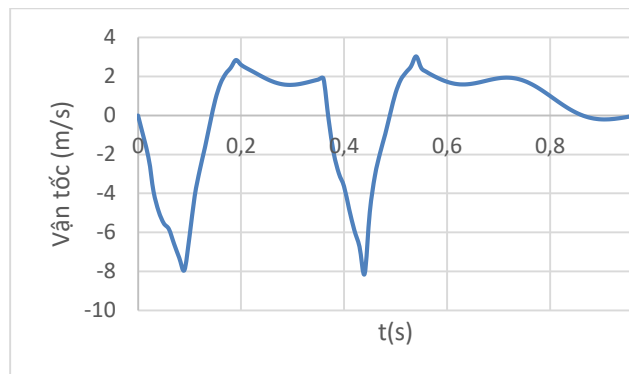


Hình 4.10. Quy luật vận tốc lùì dọc trục nòng của nòng trái

+ Kết quả quy luật vận tốc lùi 2 nòng theo lý thuyết

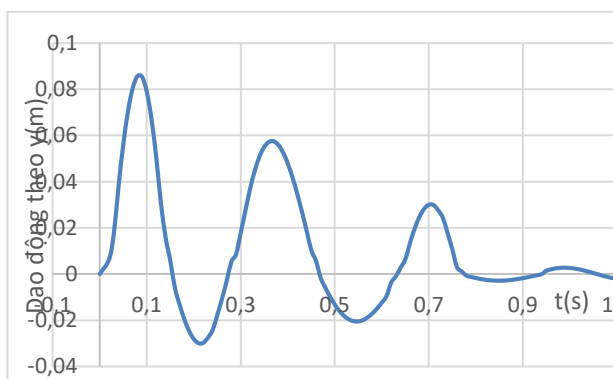


Hình 4.11. Quy luật vận tốc lùi dọc trục nòng của nòng phải

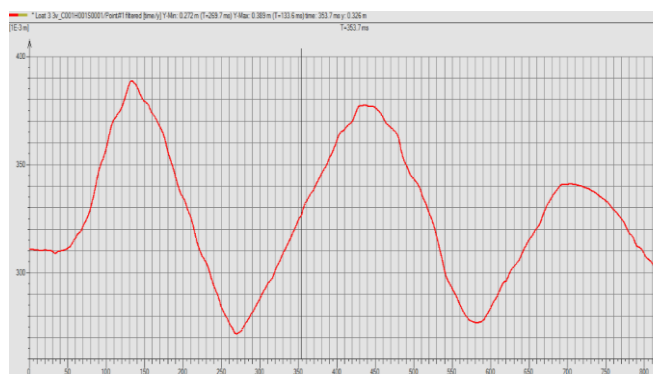


Hình 4.12. Quy luật vận tốc lùi dọc trục nòng của nòng trái

+ Kết quả quy luật dao động trong mặt phẳng $O_0X_0Z_0$

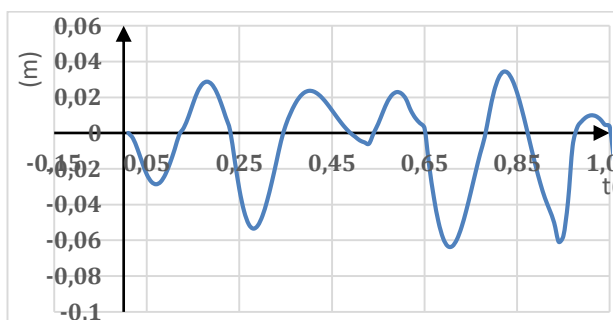


Hình 4.10. Dao động của pháo trong mặt phẳng $X_0O_0Z_0$ theo lý thuyết



Hình 4.11. Dao động của pháo trong mặt phẳng $X_0O_0Z_0$ theo thử nghiệm

+ Kết quả quy luật dao động lắc ngang



Hình 4.12. Dao động lắc ngang của pháo theo lý thuyết



Hình 4.13. Kết quả dao động lắc ngang theo thử nghiệm

Kết luận chương 4

Tiến hành đo đạc thử nghiệm, phân tích và xử lý kết quả theo đúng quy trình. Kết quả thử nghiệm đã đưa ra được các quy luật khi bắn ở trạng thái chiến đấu xác định được chiều dài lùi thực tế của hai nòng và kết quả khi rút

0,02l dầu trong hãm lùi của thân pháo bên phải. So sánh đánh giá kết quả tính toán trên mô hình tính toán lý thuyết với kết quả thử nghiệm về thời gian lùi của hai nòng, vận tốc lùi của hai nòng dọc theo trục nòng, dao động của pháo theo trục Y, Z. Kết quả tính toán lý thuyết đưa ra được các quy luật tương đối sát với thực nghiệm và giá trị biên độ của các kết quả có sai số nhỏ hơn 10%.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Luận án đã xây dựng mô hình cơ hệ pháo phòng không 37mm K65 khi bắn trên nền đất có tính đến biến dạng đàn hồi của cơ cấu tâm và cơ cấu hướng đồng thời xem hai nòng là hai vật có khối lượng và tải trọng độc lập. Thiết lập và giải hệ phương trình vi phân dao động của cơ hệ với trường hợp hai nòng bắn đồng thời, đưa ra được quy luật dao động của pháo và 10 bậc tự do của cơ hệ, trên cơ sở đó tiến hành khảo sát mô hình hai nòng có sự thay đổi của một số thông số làm cơ sở để so sánh, đánh giá ảnh hưởng của thông số đó đến chuyển động của pháo khi bắn.

1. Những đóng góp mới của luận án

Xây dựng được mô hình vật lý và toán học cho cơ hệ pháo phòng không hai nòng 37mm K65 với một số điểm mới là có tính đến biến dạng của nền, biến dạng đàn hồi của cơ cấu tâm - hướng và xem hai thân pháo là hai vật chuyển động độc lập.

Tiến hành khảo sát ảnh hưởng của một số thông số đến chuyển động của pháo khi bắn, kết hợp với thực nghiệm để khẳng định tính đúng đắn và hợp lý của mô hình đã xây dựng.

2. Hướng phát triển tiếp theo của luận án

Trên cơ sở mô hình đã xây dựng, tiếp tục mở rộng phát triển bài toán khảo sát ảnh hưởng của dao động tâm và hướng đến độ trúng, độ chụm của pháo. Xây dựng mô hình bài toán ngẫu nhiên các yếu tố dao động để nâng cao độ ổn định cho pháo khi bắn.