

MỞ ĐẦU

1. Tính cấp thiết của đề tài

Trong quân đội, các đơn vị công binh, đã và đang thực hiện nhiệm vụ xây dựng các công trình ngầm, các hầm trong núi bảo đảm sở chỉ huy, vị trí cất chứa khí tài quân sự cho các quân binh chủng, các công trình phòng thủ chiến lược của các quân khu...Để thi công đường hầm cần nhiều công đoạn, trong đó công tác bóc xúc đá nổ mìn tại gương đào là một nội dung công việc thực hiện khá phức tạp, chi phối không nhỏ tới năng suất và tiến độ thi công chung;

Qua khảo sát thực tế ở một số đơn vị thi công đường hầm cho thấy máy xúc lật đổ bên có những ưu điểm nổi trội so với các loại máy bóc xúc khác, đặc biệt máy có thể xúc và đổ vật liệu lên phương tiện vận chuyển khác trong không gian đường hầm chật hẹp;

Từ những vấn đề đặt ra nêu trên, nội dung *“Nghiên cứu quá trình bóc xúc vật liệu của máy xúc lật đổ bên trong thi công đường hầm bằng phương pháp khoan nổ”* là hết sức cần thiết, có ý nghĩa khoa học và thực tiễn.

2. Mục đích nghiên cứu của luận án

Nghiên cứu quá trình tương tác, động học và động lực học máy xúc lật đổ bên khi xúc, đổ đá nổ mìn trong không gian chật hẹp làm cơ sở cho việc đánh giá, lựa chọn khả năng, điều kiện làm việc; đồng thời là cơ sở khoa học phục vụ quá trình cải tiến, hoàn thiện kết cấu máy xúc lật đổ bên VMC E500-1 khi thi công đường hầm có khẩu độ vừa và nhỏ trong điều kiện địa chất Việt Nam.

3. Đối tượng nghiên cứu của luận án

- Đá nổ mìn trong đường hầm khẩu độ nhỏ;
- Máy xúc lật đổ bên VMC E500-1.

4. Nội dung nghiên cứu của luận án

Nghiên cứu tổng quan về tương tác giữa gầu máy xúc lật với môi trường hạt rời; các công trình nghiên cứu về động học, động lực học quá trình làm việc của máy và thiết bị công tác máy xúc lật;

Nghiên cứu quá trình tương tác giữa thiết bị công tác của máy xúc lật đổ bên với môi trường đá nổ mìn, xác định lực cản trong quá trình xúc đá nổ mìn trong đường hầm phục vụ cho việc khảo sát động lực học thiết bị công tác máy xúc lật đổ bên, xác định phương pháp xúc, quỹ đạo chuyển động hợp lý của gầu xúc khi xúc, đổ đá nổ mìn trong đường hầm có không gian chật hẹp; đồng thời xác định quy luật dịch chuyển các khâu dẫn của máy để tạo ra quỹ đạo chuyển động hợp lý của gầu xúc;

Nghiên cứu, xây dựng, khảo sát mô hình động lực học, xác định tải trọng động của thiết bị công tác máy xúc lật đổ bên VMC E500-1, khi xúc, đổ đá nổ mìn trong điều kiện không gian làm việc chật hẹp;

Nghiên cứu thực nghiệm để lấy dữ liệu đầu vào phục vụ tính toán lý thuyết đồng thời sử dụng kết quả thực nghiệm để kiểm chứng khẳng định tính đúng đắn của các mô hình và các công thức tính toán.

5. Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp nghiên cứu sử dụng trong luận án là kết hợp nghiên cứu lý thuyết với nghiên cứu thực nghiệm kiểm chứng trên thực tế; Trong nghiên cứu lý thuyết luận án đã nghiên cứu quá trình điền đầy đá nổ mìn vào gầu, xác định lực cản trong quá trình xúc đá nổ mìn, ứng dụng thuật toán thuận nghịch xác định quỹ đạo chuyển động hợp lý của gầu xúc và quy luật thay đổi các khâu dẫn để tạo ra quỹ đạo hợp lý của gầu xúc, khi xúc đá nổ mìn trong đường hầm khâu độ vừa và nhỏ; xây dựng khảo sát mô hình động lực học để xác định tải trọng động của thiết bị công tác máy xúc lật đổ bên...

Nghiên cứu thực nghiệm, được tiến hành để xác định một số thông số và hệ số phục vụ cho tính toán lý thuyết, đồng thời sử dụng một số kết quả thực nghiệm để so sánh đánh giá độ tin cậy của mô hình nghiên cứu lý thuyết..

6. Cấu trúc luận án

Luận án gồm: phần mở đầu, bốn chương và phần kết luận, tài liệu tham khảo và phụ lục. Trong đó có 136 trang thuyết minh, 13 bảng, 97 hình vẽ và đồ thị, 63 tài liệu tham khảo và 21 trang phụ lục.

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

Chương 1 : Tổng quan về vấn đề nghiên cứu.

Chương 2 : Nghiên cứu quá trình tương tác và quỹ đạo chuyển động hợp lý của gầu xúc khi xúc, đổ đá nổ mìn trong thi công đường hầm.

Chương 3 : Nghiên cứu tải trọng động của thiết bị công tác máy xúc lật đổ bên trong quá trình xúc và đổ đá nổ mìn.

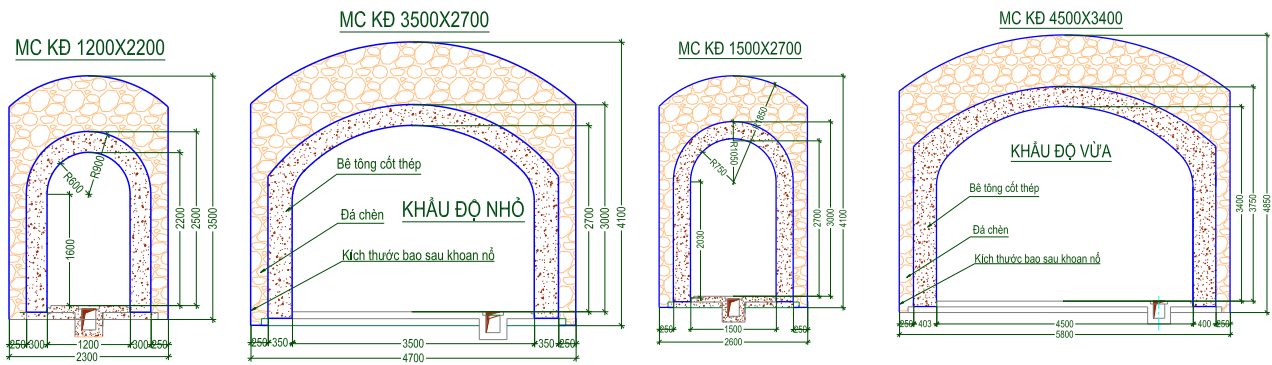
Chương 4 : Nghiên cứu thực nghiệm.

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 VẤN ĐỀ NGHIÊN CỨU

1.1. Tổng quan về điều kiện và môi trường tương tác.

Môi trường tương tác của máy xúc lật đổ bên trong thi công đường hầm khâu độ vừa và nhỏ mang tính đặc trưng bởi các yếu tố: không gian làm việc chật hẹp và không đồng nhất trong tuyến đường hầm (thu hẹp, mở rộng, thay đổi hướng); vật liệu sau khoan nổ là đá nổ mìn có những đặc điểm chung của hạt rời, đồng thời có đặc điểm riêng như: sự phân bố không tập trung thành đống mà trải dài trên nền hầm khoảng 20-25m với mật độ tăng dần từ ngoài vào trong gương hầm; kích thước các cục đá chênh lệch khá lớn $0 < d_{vi} < 35\text{cm}$;



Hình 1.1. Các kích thước cơ bản của đường hầm khẩu độ vừa và nhỏ phổ biến hiện nay: a,c) Mặt cắt vị nhỏ nhất, b,d) Mặt cắt vị trí lớn nhất.

1.2. Tổng quan về thiết bị bóc xúc và máy xúc lật đổ bên

1.2.1. Máy và thiết bị bóc xúc đá nổ mìn trong đường hầm

Để cơ giới hoá công tác bóc xúc đá nổ mìn trong thi công đường hầm, người ta cần phải sử dụng các loại máy bóc xúc chuyên dụng. Máy bóc xúc đá nổ mìn trong đường hầm rất đa dạng về hình thức, kiểu dáng, chế độ làm việc và cơ cấu di chuyển bao gồm các loại chính: kiểu gàu xúc, kiểu cào cua, kiểu vuốt đứng, kiểu gàu đào; loại bóc xúc liên tục, ngắt quãng; loại thùng lật đổ sau, đổ trước, đổ bên; loại bánh lốp, loại bánh xích, loại chạy trên ray;

Nghiên cứu tổng quan về cấu tạo, nguyên lý xúc, đổ vật liệu sau khoan nổ của các loại máy bóc xúc truyền thống đã và đang sử dụng trong thi công đường hầm cho thấy, với công suất và kích thước tương đương thì máy xúc lật đổ bên VMC E 500-1 là thiết bị phù hợp nhất trong việc xúc, đổ đá nổ mìn ở đường hầm khẩu độ vừa và nhỏ.

1.3. Tổng quan các nghiên cứu trong và ngoài nước

1.3.1. Các công trình nghiên cứu ngoài nước

Các kết quả nghiên cứu đã công bố chủ yếu về động học và quá trình tương tác của máy xúc lật bánh lốp, đổ trước với môi trường tương tác là hạt rời dạng đồng mà chưa thấy có công trình nghiên cứu đối với máy xúc lật đổ bên bánh xích, xúc và đổ đá nổ mìn trong đường hầm khẩu độ vừa và nhỏ.

1.3.2. Các nghiên cứu trong nước

Máy xúc lật đổ bên VMC E500-1, là máy sản xuất trong nước nhưng chưa thấy công bố công trình khoa học nghiên cứu chuyên sâu về quá trình làm việc loại máy này trong thi công đường hầm khẩu độ vừa và nhỏ.

Kết luận chương 1

Từ những vấn đề nêu trên cho thấy, việc nghiên cứu về quá trình tương tác, động học, đưa ra phương pháp xúc, quỹ đạo xúc và không gian làm việc hợp lý, đồng thời xác định tải trọng động của thiết bị công tác

máy xúc lật đổ bên VMC E500-1 với môi trường đá nổ mìn trong đường hầm khẩu độ vừa và nhỏ mang nhiều ý nghĩa khoa học và thực tiễn, cần được tiến hành nghiên cứu một cách đầy đủ bằng phương pháp lý thuyết kết hợp với thực nghiệm.

Chương 2: NGHIÊN CỨU QUÁ TRÌNH TƯƠNG TÁC VÀ QUỸ ĐẠO CHUYỂN ĐỘNG HỢP LÝ CỦA GÀU XÚC KHI XÚC, ĐỔ ĐÁ NỔ MÌN TRONG THI CÔNG ĐƯỜNG HẦM

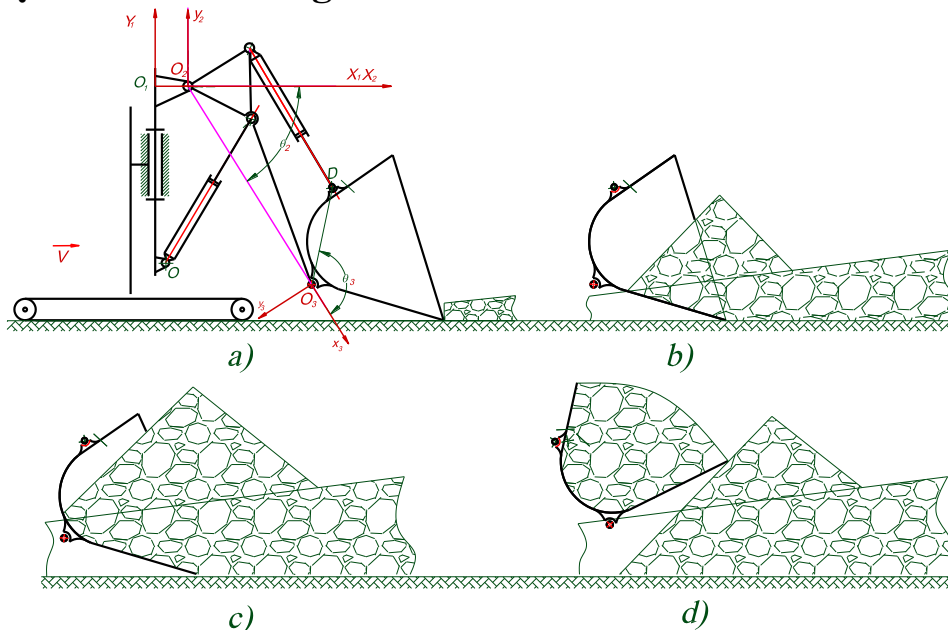
2.1. Tương tác của gầu xúc với đá nổ mìn trong quá trình xúc đá nổ mìn trong đường hầm

2.1.1. Đặc điểm kết cấu và quá trình làm việc của máy xúc lật đổ bên



Hình 2.1. Máy xúc lật đổ bên phục vụ bốc xúc trong thi công đường hầm khẩu độ vừa và nhỏ.

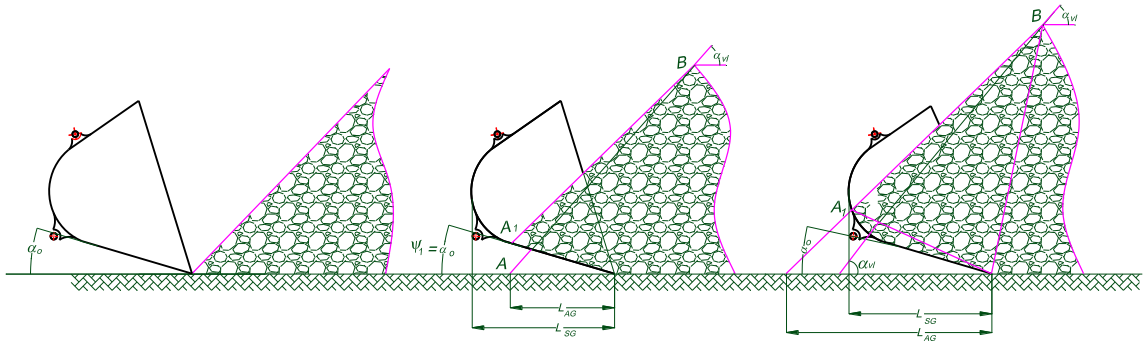
2.1.2. Mô hình khảo sát quá trình tương tác giữa thiết bị công tác của máy xúc lật đổ với môi trường đá nổ mìn sau khoan nổ.



Hình 2.2. Các giai đoạn của quá trình tích đá nổ mìn vào gầu.

* **Giai đoạn xúc không tải** (ứng với Hình 2.2 a): đặc trưng cho giai đoạn làm việc không tải của thiết bị công tác.

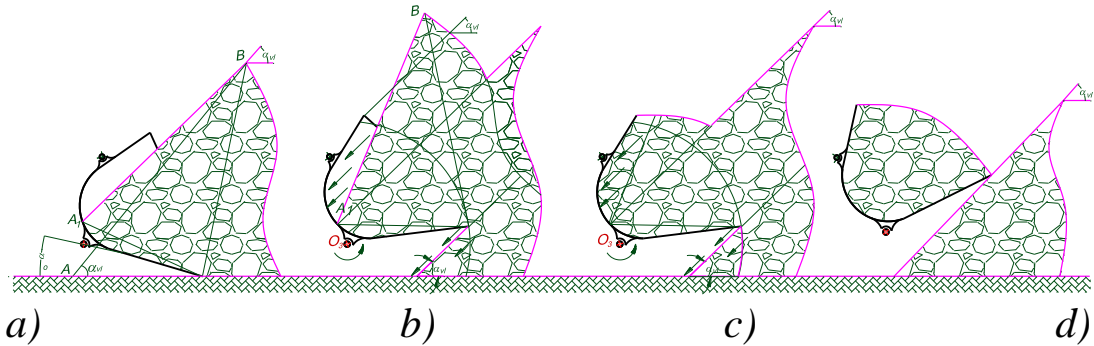
* **Giai đoạn xúc đá nổ mìn và ấn sâu gầu xúc vào trong đồng đá nổ mìn** (ứng với Hình 2.2 b,c): Đặc trưng bằng việc gầu xúc được ấn sâu dần vào trong đồng đá nổ mìn bằng đoạn dịch chuyển tịnh tiến của máy.



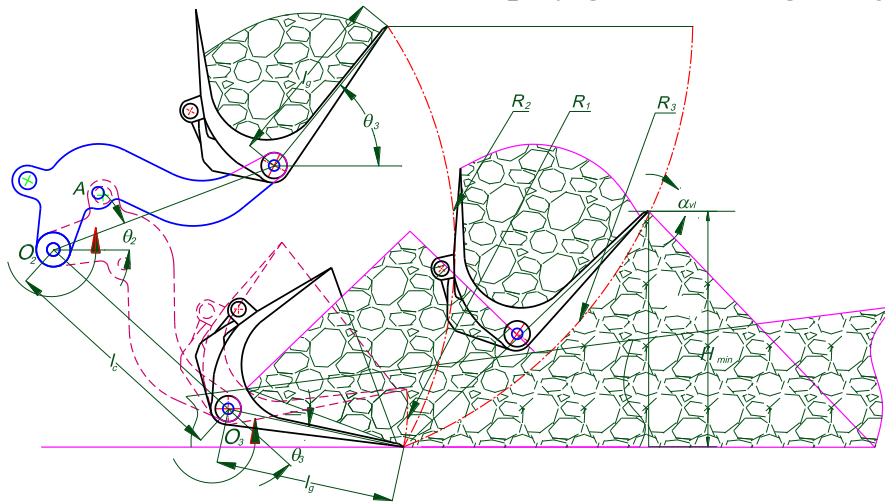
Hình 2.3 Sơ đồ mô tả vị trí các cục đá khi ấn gầu xúc vào trong đồng đá nổ mìn.

*** Giai đoạn làm đầy gầu bằng phương pháp quay gầu xúc**

Sau khi ấn sâu gầu vào trong đồng đá nổ mìn và để làm đầy gầu bằng cách quay gầu quanh khớp quay O_3 , Hình 2.4 và quay gầu cùng cần quanh khớp quay O_2 để điền đầy đá nổ mìn vào trong gầu, Hình 2.5.



Hình 2.4 Sơ đồ mô tả vị trí các cục đá khi quay gầu xúc trong đồng đá nổ mìn.

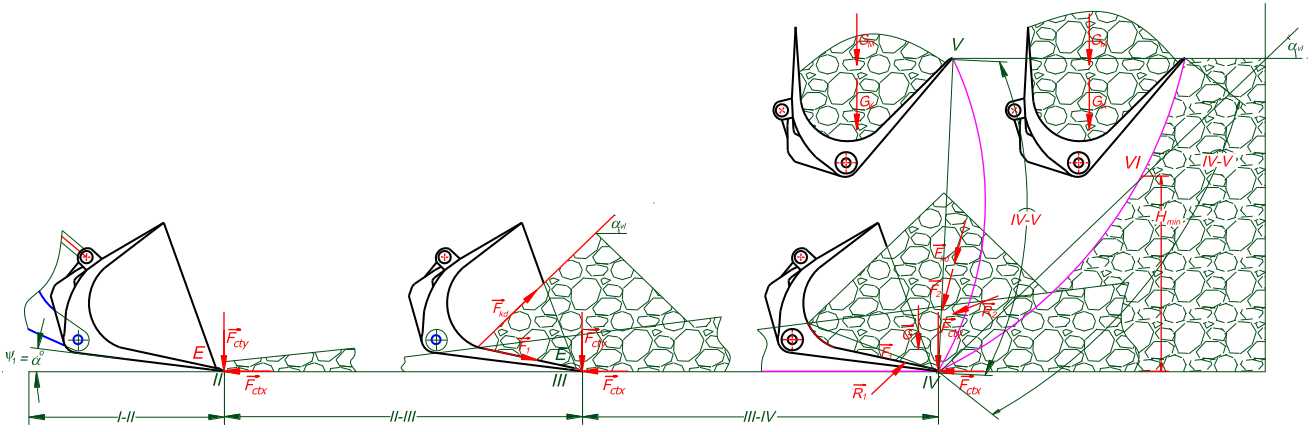


Hình 2.5. Sơ đồ chuyển động khi quay gầu xúc trong đồng đá nổ mìn.

Khi quay gầu xúc quanh điểm O_3 , cần chuyển động quay quanh điểm O_2 , đồng thời tịnh tiến máy về phía đồng đá nổ mìn, đỉnh răng gầu sẽ chuyển động theo quỹ đạo đường cong R_1 , R_2 và R_3 .

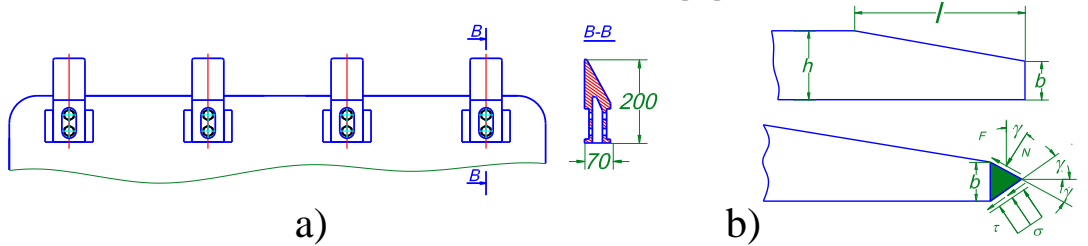
2.1.3. Xác định các thành phần lực cản thiết bị công tác máy xúc lật trong quá trình xúc đá nổ mìn

Để xác định được các thành phần lực cản thiết bị công tác cần phải khảo sát quỹ đạo chuyển động của thiết bị công tác.



Hình 2.6 Quỹ đạo chuyển động của gầu xúc khi tích đá nổ mìn.

2.1.3.1. Xác định lực cản trên đỉnh của răng gầu



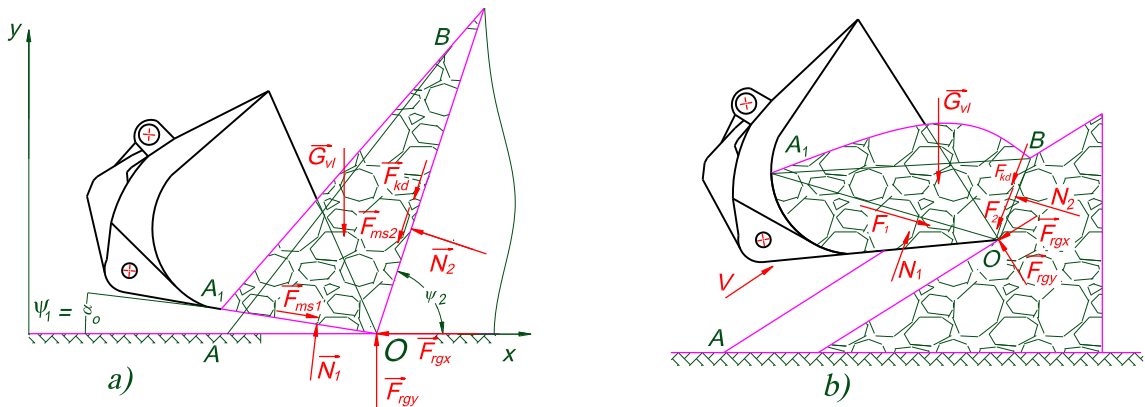
Hình 2.7 a) Sơ đồ miệng gầu xúc; b) Sơ đồ lực cản tác dụng lên răng gầu

$$F_{rgx} = (\sin \gamma + \mu_2 \cos \gamma) \frac{bb_{rg}}{\sin \gamma} \sigma_{gx} \quad (2.1)$$

2.1.3.2. Lực cản khi ấn gầu vào trong đồng đá nổ mìn.

Quá trình ấn gầu xúc vào trong đồng đá nổ mìn được xem xét trên cơ sở lý thuyết bám và cân bằng giới hạn của S. Coulon, Hình 2.8.

$$\tau = \sigma \cdot \text{tg}\phi + C \quad (2.2)$$

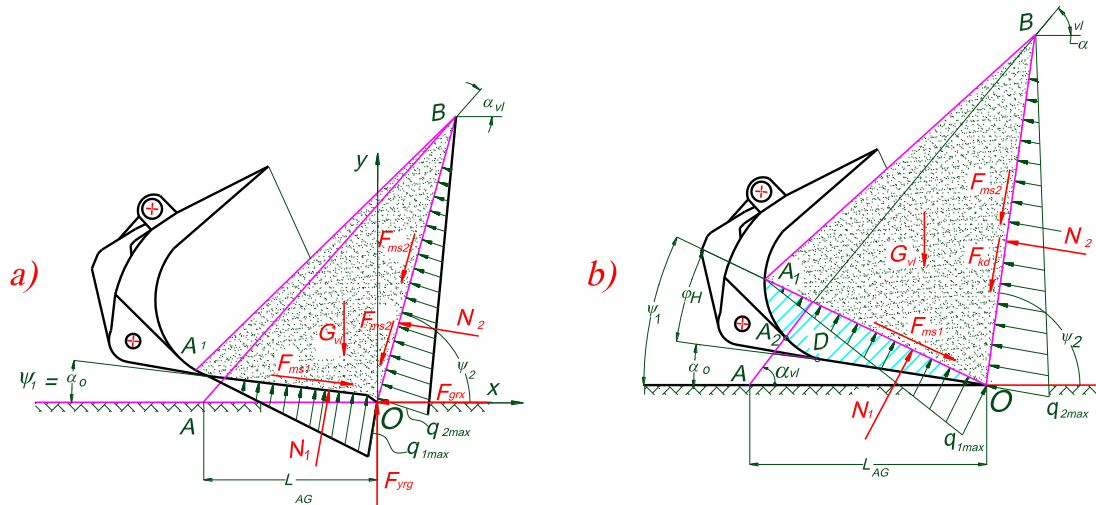


Hình 2.8 Sơ đồ các lực tương tác khi tích đá nổ mìn vào gầu.

a) Quá trình ấn gầu xúc; b) quá trình nâng gầu xúc

Lực ép của mặt đáy trên gầu xúc vào khối đá nổ mìn, về giá trị bằng phản lực N_1 , có xu hướng dịch chuyển lăng trụ OBA_1 song song với mặt phẳng có cạnh OB dưới góc Ψ_2 , còn lực ép vuông góc từ hướng mặt phẳng trượt có cạnh OB , về giá trị bằng phản lực N_2 , là lực dịch chuyển khối lăng trụ OBA_1 về phía trong gầu xúc.

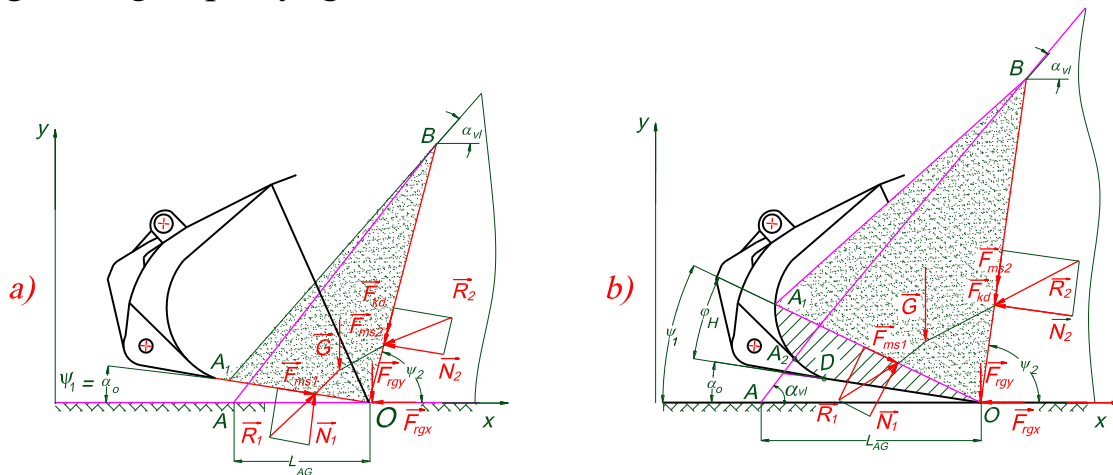
Các lực pháp tuyến N_1 và N_2 được thể hiện ở dạng các lực phân bố pháp tuyến, tuyến tính với các giá trị cường độ lớn nhất của giản đồ tam giác là q_{1max} và q_{2max} (N/m), Hình 2.9.



Hình 2.9 Sơ đồ lực phân bố lên gầu xúc

a) Khi ấn sơ bộ gầu xúc; b) Khi ấn sâu gầu xúc vào đồng đá nổ mìn.

Trên Hình 2.10 xem xét các lực chính, tác dụng lên khối đá nổ mìn dịch chuyển trong gầu xúc đối với giai đoạn tính toán thứ nhất, chuyển động của khối lăng trụ theo thành phẳng, đặt dưới góc α_0 so với mặt nền. Trong trường hợp này, góc trượt Ψ_1 với bề mặt nền; $\Psi_1 = \alpha_0$.



Hình 2.10. Sơ đồ lực chính tác dụng lên gầu xúc

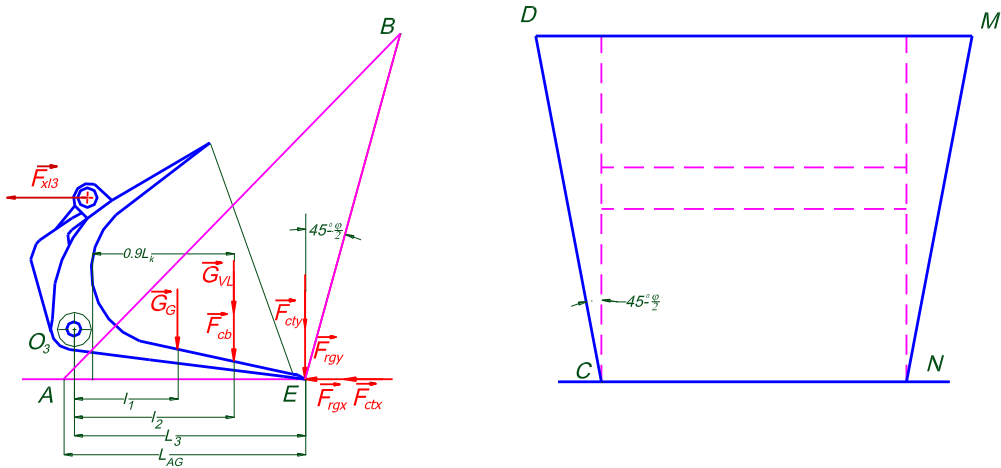
a) Khi ấn sơ bộ gầu xúc; b) Khi ấn sâu gầu xúc vào trong đồng đá nổ mìn.

$$F_{ctx} = \frac{\mu_1 \cos \psi_1 + \sin \psi_1}{K_1 K_2 + K_3 K_4} [G_{lk} (\sin \psi_2 - \mu_2 \cos \psi_2 + F_{kd})]; \quad (2.3)$$

$$F_{cty} = \frac{G_{lk} (\sin \psi_2 + \mu_2 \cos \psi_2) + F_{lk} (\cos \psi_1 - \mu_1 \sin \psi_1)}{K_1 K_2 + K_3 K_4}; \quad (2.4)$$

2.1.3.3. Lực cản khi quay gầu xúc trong đồng đá nổ mìn.

Sử dụng lý thuyết B.A. Bauman, xây dựng mô hình khảo sát lực tương tác của đá nổ mìn với gầu xúc trong quá trình tích đá nổ mìn vào gầu, Hình 2.11



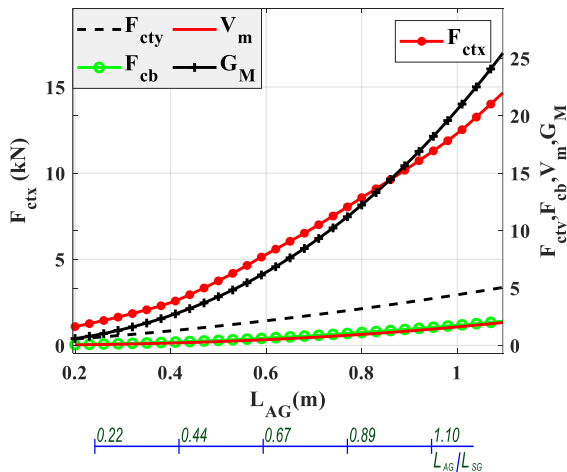
Hình 2.11 Sơ đồ tính toán khảo sát các lực tác dụng lên gầu xúc khi quay gầu xúc trong đồng đá nổ mìn.

Quá trình quay gầu, sinh ra các lực cản sau: F_{ct} - lực cản dịch chuyển đá nổ mìn theo bề mặt chính diện BE; F_{cb} - lực cản dịch chuyển đá nổ mìn theo các bề mặt bên, DC và MN; G_{VL} - trọng lượng khối đá nổ mìn dịch chuyển; G_G - trọng lượng gầu xúc.

* Phương trình tính toán khảo sát:

$$F_{x13} = \frac{G_G l_1 + (F_{cb} + G_{VL}) l_2 + (F_{cty} + F_{rgy}) l_3}{l} \quad (2.5)$$

Quá trình điền đầy gầu xúc bằng chuyển động quay hoặc nâng gầu xúc lên, khi đã ấn gầu xúc vào trong đồng vật liệu. Để thực hiện quá trình đó cần thắng được các lực: F_{ctx} , F_{cty} ; F_{cb} ; G_{VL} ; G_{gx} , Hình 2.11.

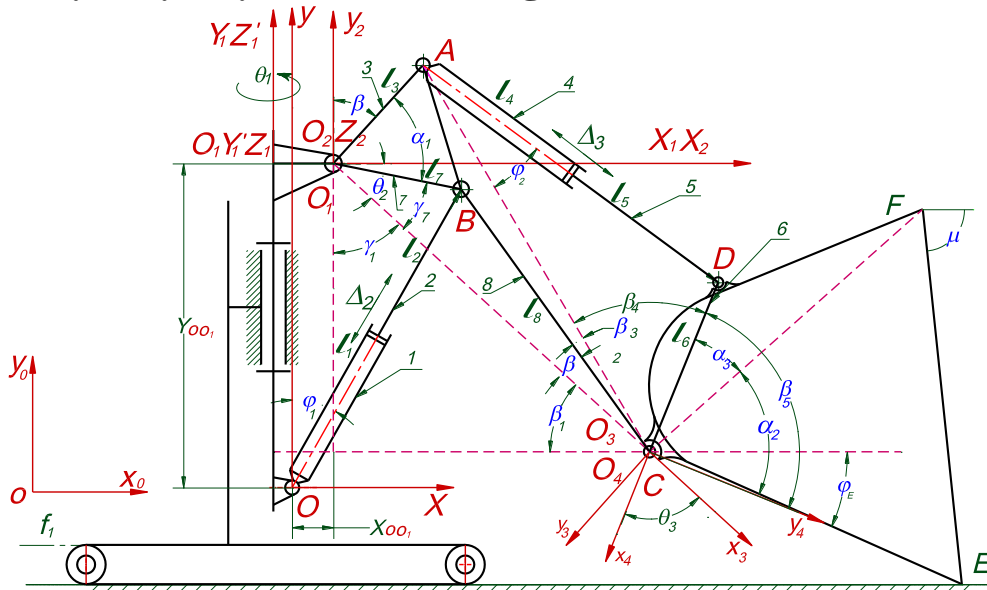


Hình 2.12 Sự phụ thuộc của các lực cản và các thông số của khối lắng trụ đá nổ mìn vào chiều sâu ấn gầu xúc trong đồng đá nổ mìn L_{AG} , và vào tỷ số không thứ nguyên L_{AG}/L_{SG} ,

Khi ấn sơ bộ gầu xúc vào đồng đá nổ mìn đến chiều sâu $L_{AG}=(0,8..0,9)L_{SG}$; ta thấy lực cản phía trước F_{ctx} , F_{cty} giảm đi 25-30%; trọng lượng khối lắng trụ đá nổ mìn dịch chuyển G_{VL} – giảm đi 40-50%, so với $L_{AG}=1,1L_{SG}$. Có nghĩa là, quá trình thực hiện tích đá nổ mìn vào gầu xúc bằng phương pháp kết hợp sẽ giúp giảm đáng kể các thành phần lực cản sinh ra trong quá trình tích đá nổ mìn, và như thế giảm được tải trọng tác dụng lên thiết bị công tác và lên xe cơ sở.

2.2. Xác định quỹ đạo làm việc hợp lý của gầu xúc khi xúc, đổ đá nổ mìn trong thi công đường hầm bằng phương pháp khoan nổ

2.2.1. Xác định tọa độ các điểm trên gầu xúc



Hình 2.13. Sơ đồ tính toán xác tọa độ các điểm trên gầu của máy xúc lật đổ bên

Quỹ đạo chuyển động của gầu, phụ thuộc vào tỷ lệ vận tốc chuyển động tịnh tiến của xe về phía trước, vận tốc nâng cần nâng và vận tốc quay gầu xúc. Để xác định quỹ đạo chuyển động của gầu, ta tiến hành xác định tọa độ các điểm A,B,C,D,E theo 2 bậc tự do.

$$\text{Tọa độ điểm A: } \begin{cases} x_A = f(t) + x_{00_1} + l_3 \cdot \sin \beta \\ y_A = y_{00_1} + l_3 \cdot \cos \beta \end{cases} \quad (2.6)$$

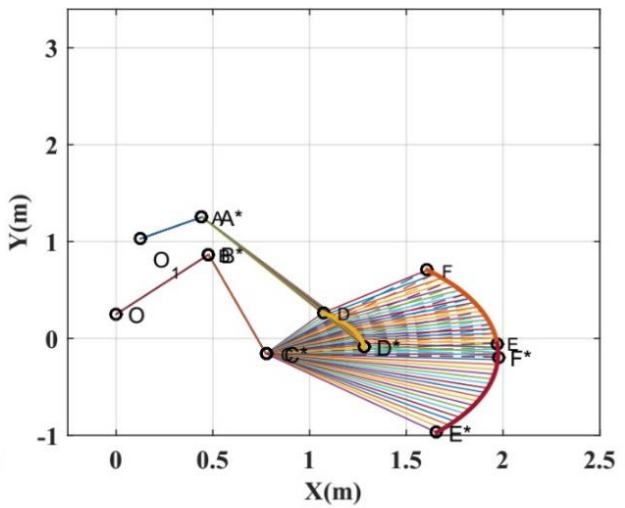
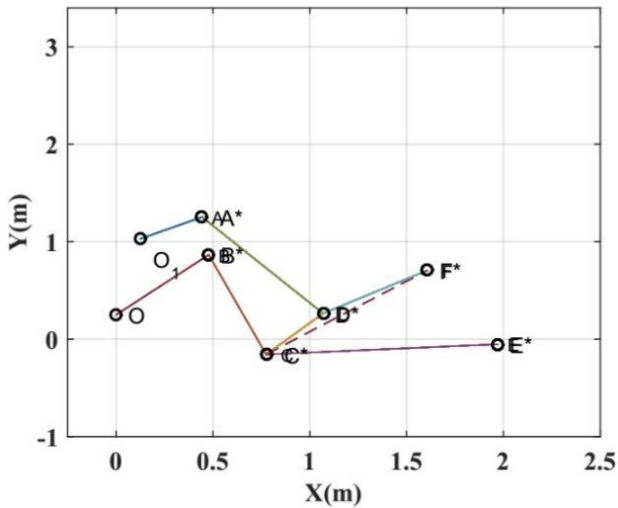
$$\text{Tọa độ điểm B: } \begin{cases} x_B = f(t) + OB \cdot \sin \varphi_1 = f(t) + (l_1 + l_2 + x_1 - \Delta_1) \sin \varphi_1 \\ y_B = OB \cdot \cos \varphi_1 = (l_1 + l_2 + x_1 - \Delta_1) \cos \varphi_1 \end{cases} \quad (2.7)$$

$$\text{Tọa độ điểm C: } \begin{cases} x_C = f(t) + O_1C \cdot \sin \gamma_1 \\ y_C = O_1C \cdot \cos \gamma_1 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} x_C = f(t) + l_{O_1C} \cdot \sin \gamma_1 \\ y_C = l_{O_1C} \cdot \cos \gamma_1 \end{cases} \quad (2.8)$$

$$\text{Tọa độ điểm D: } \begin{cases} x_D = x_C - DC \cdot \sin \beta_5 \\ y_D = y_C + DC \cdot \cos \beta_5 \end{cases} \quad (2.9)$$

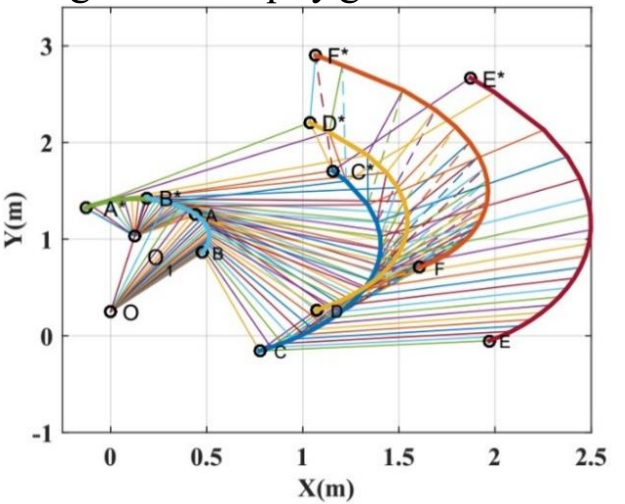
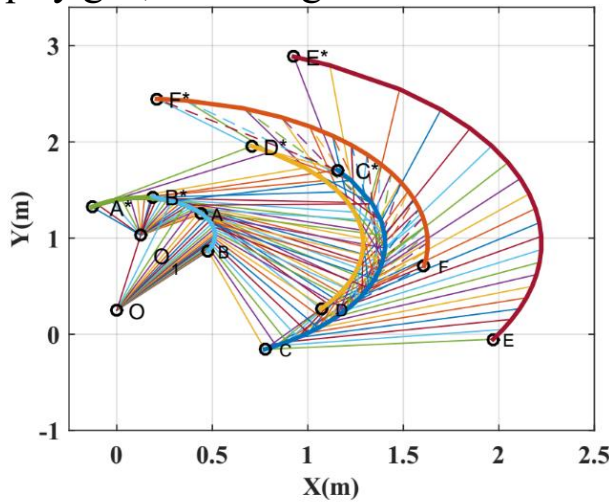
$$\text{Tọa độ điểm E: } \begin{cases} x_E = x_C + CE \cdot \cos \varphi \\ y_E = y_C - CE \cdot \sin \varphi \end{cases} \quad (2.10)$$

Quá trình tích đá nổ mìn vào gầu xúc có thể thực hiện bằng nhiều phương pháp khác nhau, thực hiện từng động tác riêng lẻ hoặc đồng thời các động tác cùng một lúc, trong Hình 2.14, mô tả quỹ đạo chuyển động của gầu xúc trong các trường hợp xi lanh nâng cần, quay gầu ở vị trí đặc biệt và khi gầu xúc tích đá nổ mìn bằng phương pháp phân đoạn và kết hợp, trên phần mềm Matlap.



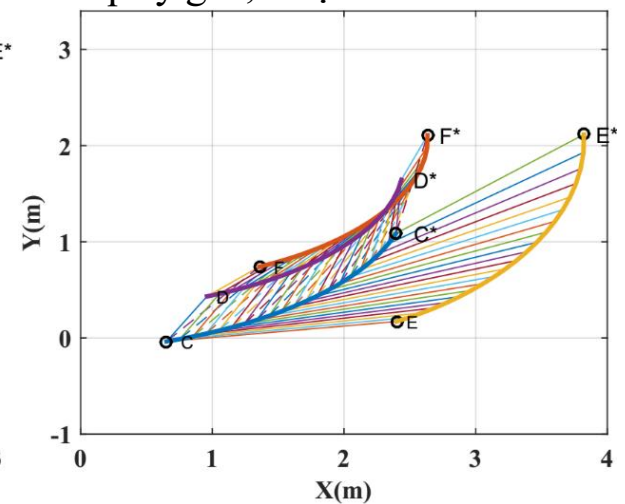
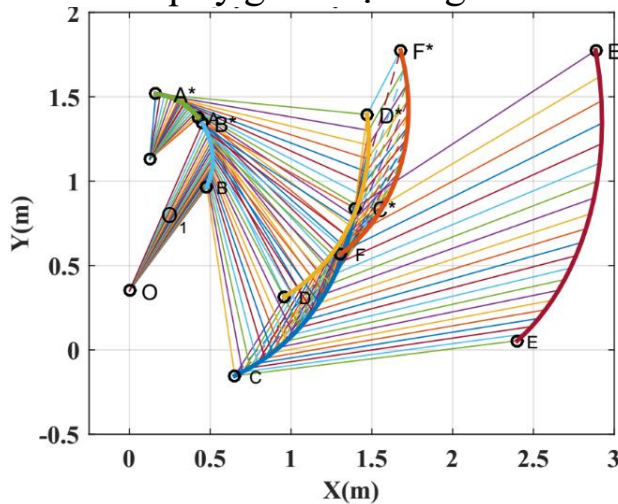
a) Hành trình của xi lanh nâng cần và quay gầu, ở vị trí ngắn nhất

b) Hành trình của xi lanh nâng cần ở vị trí ngắn nhất và quay gầu vị trí dài nhất



c) Hành trình của xi lanh nâng cần ở vị trí dài nhất và quay gầu ở vị trí ngắn nhất

d) Hành trình của xi lanh nâng cần và quay gầu, ở vị trí dài nhất

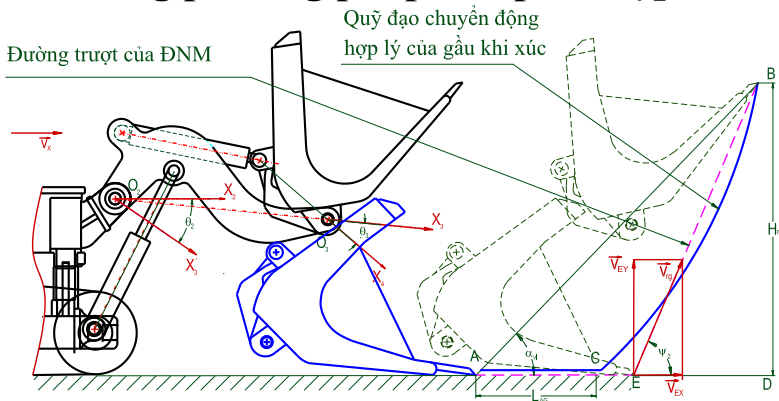


e) Quỹ đạo của gầu xúc tích đá nổ mìn bằng phương pháp phối hợp: nâng cần nâng cần kết hợp quay gầu

f) Quỹ đạo của gầu xúc tích đá nổ mìn bằng phương pháp phối hợp: kết hợp quay gầu và máy xúc tịnh tiến

Hình 2.14. Quỹ đạo chuyển động của gầu xúc trong các trường hợp làm việc.

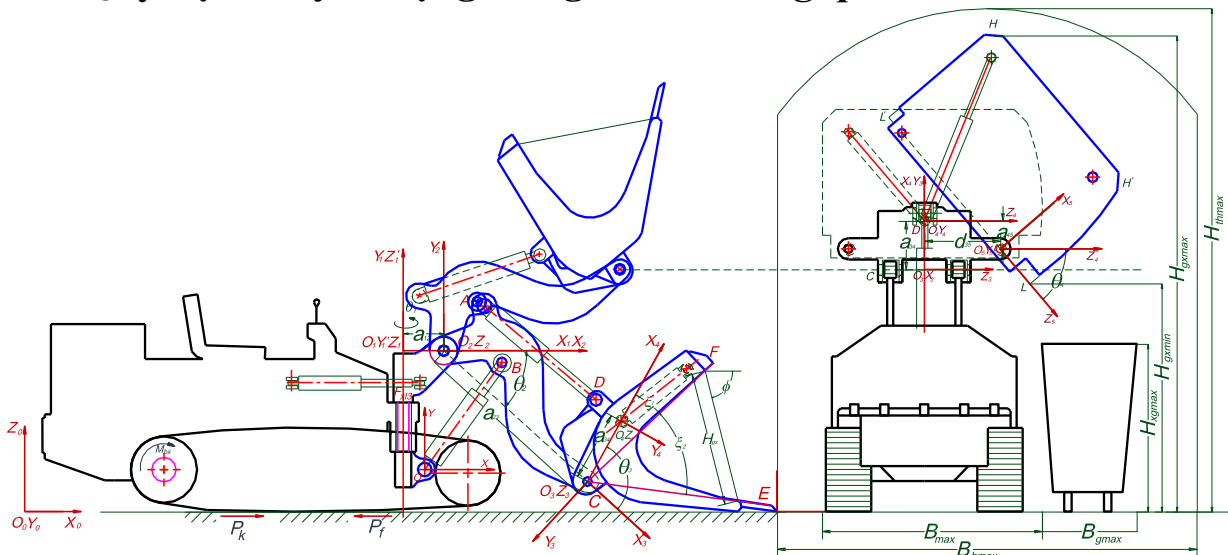
2.2.2. Xác định quỹ đạo chuyển động hợp lý của gầu xúc khi tích đá nổ mìn bằng phương pháp phối hợp



Hình 2.15. Sơ đồ xác định quỹ đạo chuyển động hợp lý của gầu xúc đá nổ mìn bằng phương pháp phối hợp

Quỹ đạo chuyển động hợp lý của gầu cho mỗi loại đá nổ mìn phụ thuộc vào góc ma sát trong φ , và góc xoắn tự nhiên α_{vl} của loại đá nổ mìn đó.

2.2.3. Quỹ đạo chuyển động của gầu xúc trong quá trình đổ đá nổ mìn.



Hình 2.16. Mô hình xác định không gian làm việc của máy xúc đổ bên trong thi công đường hầm.

Máy xúc lật đổ bên trong quá trình đổ đá nổ mìn, 2 vị trí đặc biệt cần chú ý là: điểm H ứng với vị trí cao nhất, điểm L ứng với vị trí thấp nhất của gầu. Khi đổ đá nổ mìn trong hầm, thì hai điểm đặc biệt này cần phải khống chế để gầu xúc có thể đổ được đá nổ mìn lên xe vận chuyển mà không chạm vào vòm của hầm.

Áp dụng phép biến đổi Denavit và Hartenberg, để xác định ma trận thuận nhất của hai khâu liên kế $[i$ và $(i+1)]$, được viết tổng quát là:

$$A_{i-1}^i = \begin{bmatrix} \cos\theta_i & -\cos\alpha_i \sin\theta_i & \sin\alpha_i \sin\theta_i & a_i \cos\theta_i \\ \sin\theta_i & \cos\alpha_i \cos\theta_i & -\sin\alpha_i \cos\theta_i & a_i \sin\theta_i \\ 0 & \sin\theta_i & \cos\theta_i & d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2.11)$$

Đối với máy xúc lật đổ bên, các tham số cấu trúc động học d_i , a_i , α_i và θ_i (với $i = 0:4$) cho các khâu là xác định và được liệt kê trong bảng sau. Bảng 2.1. Các thông số cấu trúc động học.

Liên kết khâu i	α_i	a_i	d_i	θ_i
0	0	$a_0=a_{01}= O_0O_1 = x$	0	0
1	90^0	$a_1=a_{12}= O_1O_2$	$d_1= d_{12}$	θ_1
2	0	$a_2=a_{23}=O_2O_3$	$d_2= d_{12}$	θ_2
3	0	$a_3=a_{34}=O_3O_4$	0	θ_3
4	-90^0	$a_4=a_{45}=O_4 O_5$	$d_4=d_{45}$	θ_4

Thế các tham số trên Bảng 2.1 vào (2.14) ta được các ma trận chuyển thuận nhất cho các khâu của máy xúc: $A_0^1; A_1^2; A_2^3; A_3^4; A_4^5$; Từ các ma trận chuyển thuận nhất áp dụng công thức ta có tọa độ tuyệt đối của các khâu là: $A_0^1; A_0^2; A_0^3; A_0^4; A_0^5$

Tọa độ tương đối của điểm L, H trong tọa độ $O_5Z_5Y_5$

$$C_5^L = \begin{bmatrix} x_5^L \\ y_5^L \\ z_5^L \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ l_5 \\ 1 \end{bmatrix} \quad (2.12)$$

$$C_5^H = \begin{bmatrix} x_5^H \\ y_5^H \\ z_5^H \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ l_5 \cos(\delta_5) \\ -(b - l_5) \sin(\delta_5) \\ 1 \end{bmatrix} \quad (2.13)$$

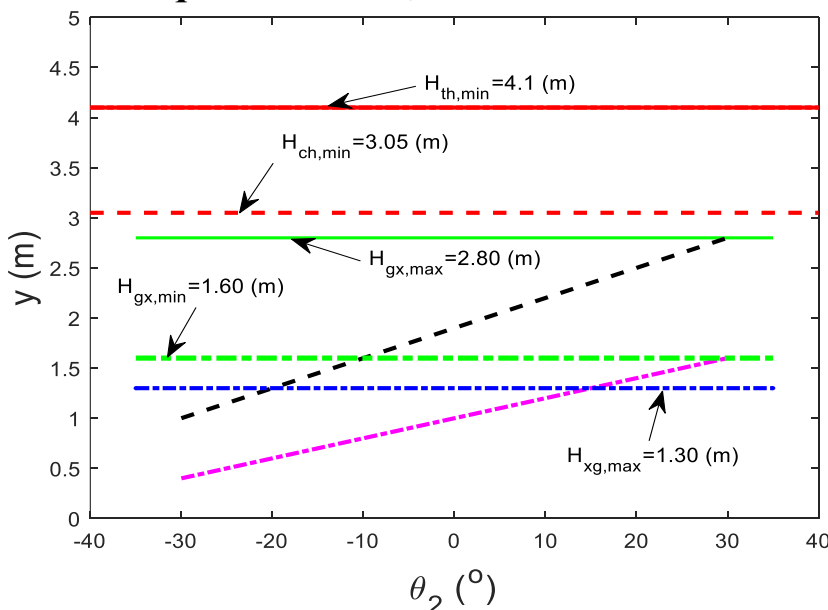
Tọa độ tuyệt đối của các điểm này là:

$$C_0^H = A_0^5 C_5^H \quad (2.14)$$

$$C_0^L = A_0^5 C_5^L \quad (2.15)$$

Sau khi nhân ma trận và biến đổi ta được véc tơ xác định vị trí tuyệt đối của hai điểm H, L; Từ hai biểu thức (2.14) và (2.15), chúng ta có thể dễ dàng xác định được quỹ đạo chuyển động của hai 2 điểm móc trên gầu xúc;

Kết quả tính toán, khảo sát



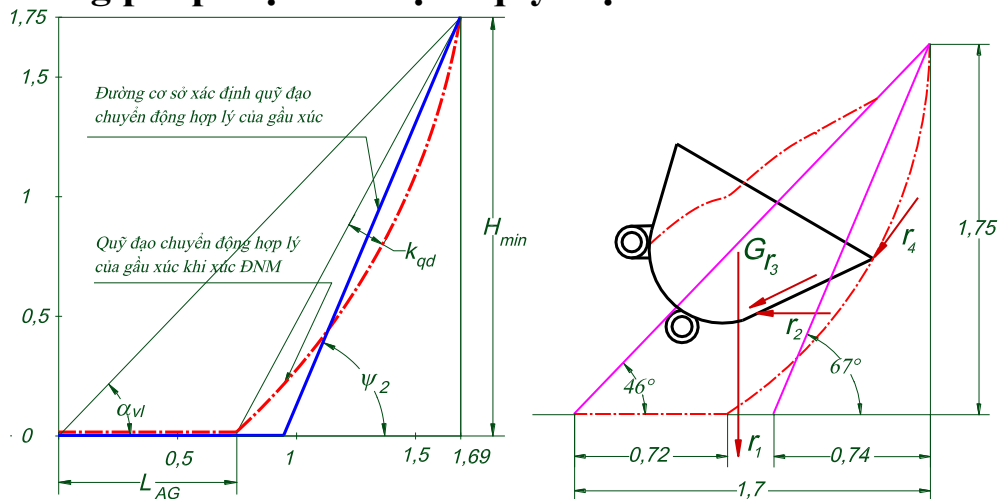
- $H_{th,max}$ - chiều thân hầm thấp nhất;
- $H_{ch,min}$ - chiều cao cửa hầm thấp nhất;
- $H_{gx,max}$ - chiều cao gầu xúc lớn nhất;
- $H_{gx,min}$ - chiều cao gầu xúc thấp nhất;
- $H_{xg,max}$ - chiều cao xe goong lớn nhất;

Hình 2.17. Sự thay đổi chiều cao của gầu theo giá trị góc nâng cần

Với kết quả khảo sát: $H_{gx,max} = 2,8m < H_{ch,min} = 3,05m$ và $H_{gx,min} = 1,6m > H_{xg,max} = 1,3m$ cho thấy MXLĐB VMC E500-1 có kích thước thiết bị công tác phù hợp và làm việc hiệu quả trong đường hầm khâu độ nhỏ, kể cả vị trí mặt cắt nhỏ nhất của đường hầm có chiều rộng $b = 2,3m$, chiều cao $h = 3,5m$;

2.3. Xác định quy luật điều khiển khâu dẫn đáp ứng quỹ đạo chuyển động hợp lý của gầu xúc khi xúc đá nổ mìn

2.3.1. Phương pháp luận xác định quy luật điều khiển khâu dẫn



Hình 2.18. Quỹ đạo chuyển động hợp lý của gầu xúc khi xúc đá nổ mìn

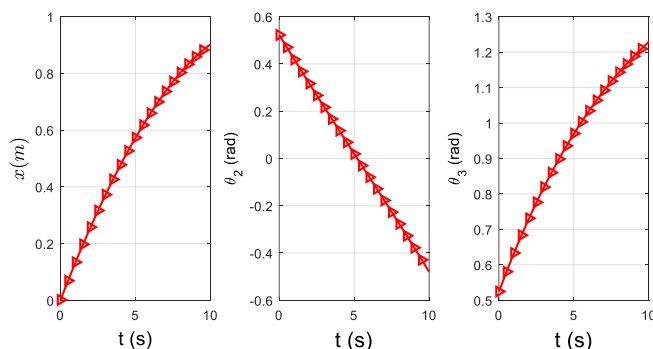
Từ đường quỹ đạo chuyển động hợp lý của gầu xúc trong quá trình tích đá nổ mìn bằng phương pháp hỗn hợp, sử dụng thuật toán, giải bài toán động học ngược xác định sự thay đổi của các khâu dẫn: góc nâng cần (θ_2); góc quay gầu (θ_3) và dịch chuyển của xe (x).

2.3.2. Thuật toán giải bài toán động học ngược

Bài toán động học ngược là xác định được các giá trị θ_2 ; θ_3 , x để đạt được giá trị ε như mong muốn, tức là thiết lập được mối quan hệ $\theta = \Gamma^{-1}(\varepsilon)$.

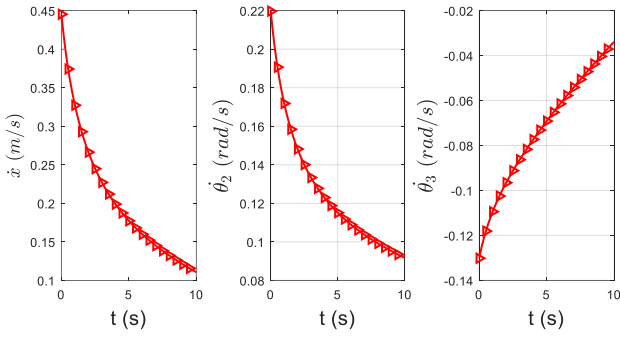
2.3.3. Quy luật thay đổi của các khâu dẫn để tạo ra quỹ đạo chuyển động hợp lý của gầu xúc khi xúc đá nổ mìn.

1. Quy luật chuyển động của các khâu:

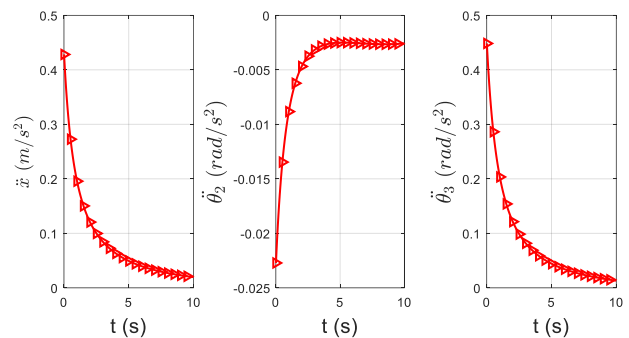


Hình 2.19. Quy luật dịch chuyển của các khâu dẫn

2. Quy luật thay đổi vận tốc và gia tốc các khâu



Hình 2.20. Quy luật vận tốc chuyển động của các khâu



Hình 2.21. Quy luật gia tốc chuyển động của các khâu

Kết luận chương 2

- Nghiên cứu quá trình tương tác cho thấy, các lực cản sinh ra trong quá trình xúc đá nổ mìn bằng gầu xúc trên máy xúc lật bao gồm: lực cản răng gầu F_{rgx} , F_{rgy} ; lực cản ấn gầu xúc vào trong đồng đá nổ mìn phía trước F_{ctx} , F_{cty} ; lực cản bên F_{cb} ; trọng lượng khối lăng trụ vật liệu dịch chuyển G_{VL} . Giá trị của các lực này phụ thuộc vào tính chất cơ lý của đá nổ mìn và tỷ lệ chiều sâu ấn gầu L_{AG}/L_{SG} ;

- Khi xúc vật liệu hoặc đá nổ mìn mỗi loại sẽ có quỹ đạo xúc hợp lý khác nhau, phụ thuộc vào các thông số: α - góc xoắn tự nhiên, φ - góc ma sát trong, d_{tb} - kích thước hạt trung bình của đá nổ mìn, L_{AG} - chiều sâu ấn gầu và H_{min} - chiều cao tối thiểu của đồng đá nổ mìn;

- Quỹ đạo chuyển động hợp lý của gầu xúc, khi xúc đá nổ mìn chính là quỹ đạo chuyển động của răng gầu xúc trong đồng đá nổ mìn, sao cho quỹ đạo này phải trùng hoặc gần với đường dịch chuyển của từng loại đá nổ mìn. Điều này được xác định bằng sự thay đổi của các khâu dẫn: góc quay nâng cần (θ_2), quay gầu xúc (θ_3) và chuyển động tịnh tiến của máy xúc (x); thông qua phương pháp nghiên cứu động học ngược như luận án đã trình bày.

Chương 3: NGHIÊN CỨU TẢI TRỌNG ĐỘNG CỦA THIẾT BỊ CÔNG TÁC MÁY XÚC LẬT ĐỒ BÊN TRONG QUÁ TRÌNH XÚC ĐÁ NỔ MÌN

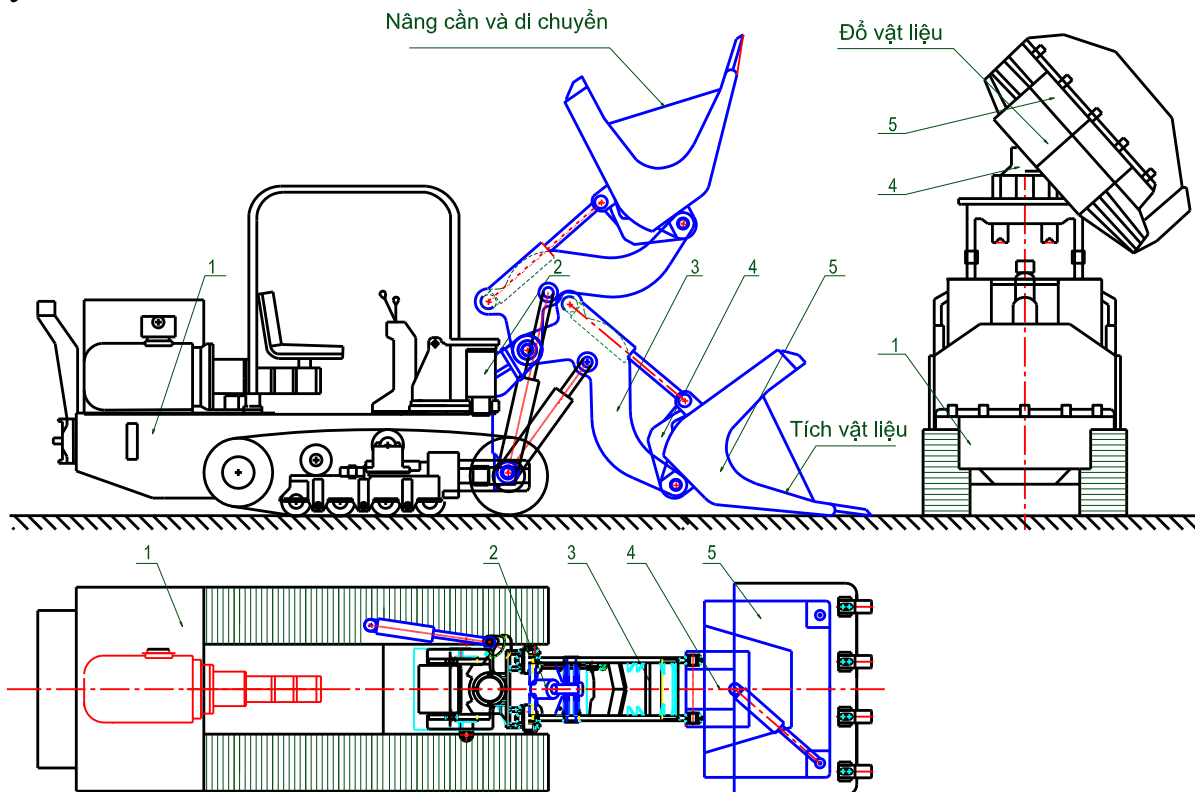
3.1. Xây dựng mô hình khảo sát động lực học

3.1.1. Mục đích xây dựng mô hình khảo sát động lực học

Xây dựng mô hình, phương pháp tính toán, giải các bài toán, các kết quả khảo sát động lực học là cơ sở phục vụ quá trình tính toán khảo sát tải trọng động tác dụng lên các khâu, khớp của thiết bị công tác, đồng thời là cơ sở để giải các bài toán khác về động lực học máy, kiểm tra độ bền và tối ưu kết cấu của máy xúc lật đồ bên VMC E500-1.

3.1.2. Cơ sở xây dựng mô hình khảo sát động lực học

Mô hình được xây dựng trên cơ sở cấu tạo, nguyên lý hoạt động của máy xúc lật đổ bên VMC E500-1, Hình 2.1.



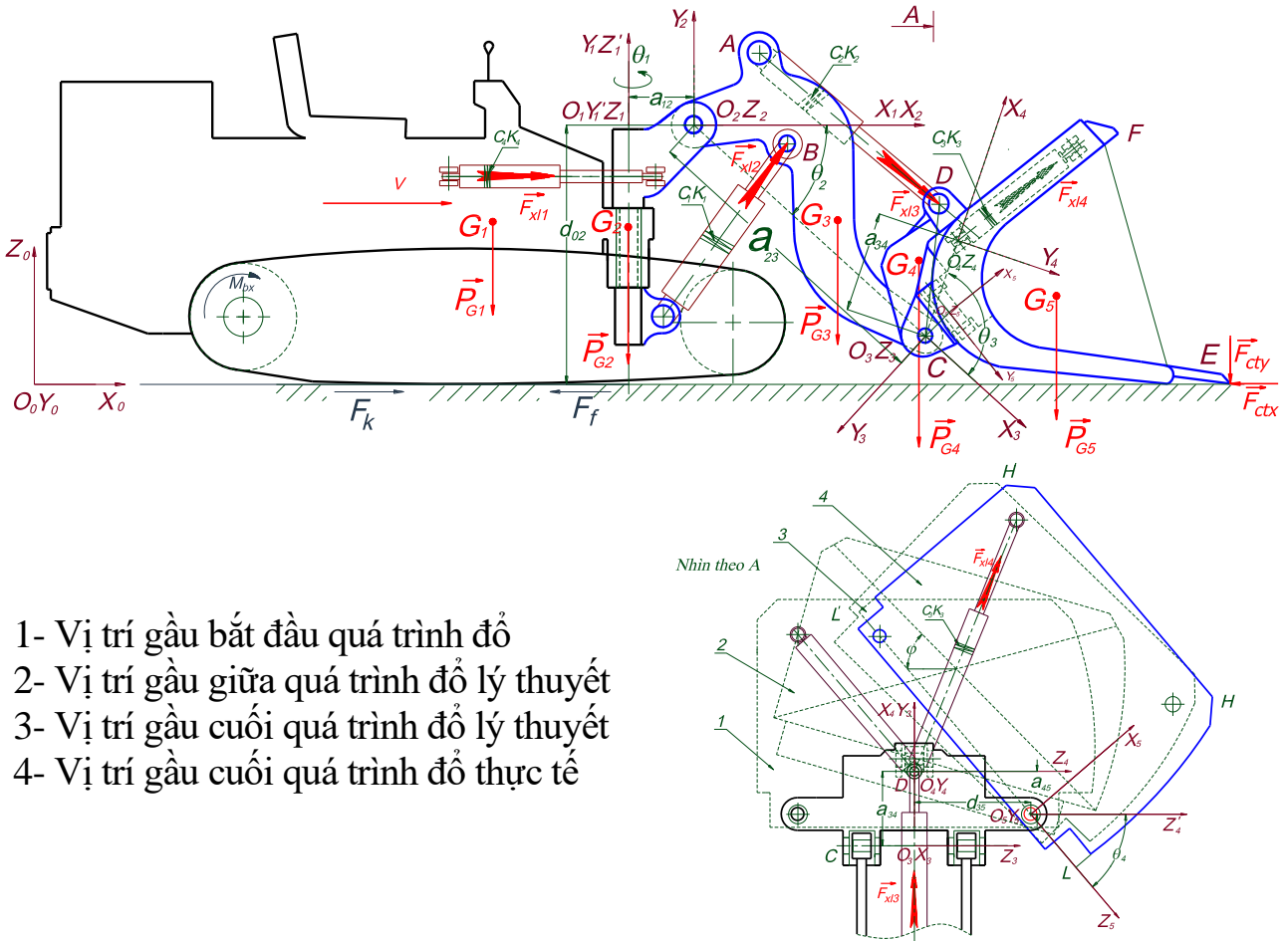
Hình 3.1 Sơ đồ kết cấu chung máy xúc lật đổ bên VMC E500-1

1 - thân xe; 2 - giá quay; 3- cần; 4- giá gầu; 5 gầu xúc.

3.1.3. Các giả thiết.

- Hệ khảo sát trên mô hình tổng quát gồm 5 khâu động, với 5 bậc tự do, các khâu liên kết với nhau bằng các khớp bản lề tại $O_1; O_2; O_3; O_4$ và O_5 ;
- Trong toàn bộ quá trình xúc và tích đá nổ mìn vào gầu, các tọa độ suy rộng x, θ_2, θ_3 , biến thiên trong mặt phẳng $O_1X_1Y_1$; θ_1 và θ_4 không thay đổi;
- Quá trình quay thiết bị công tác θ_1 biến thiên trong mặt phẳng $O_1X_1Z_1$, khi đó $x, \theta_2, \theta_3, \theta_4$ không đổi;
- Quá trình đổ vật liệu θ_4 biến thiên trong mặt phẳng $O_5X_5Z_5$; các tọa độ suy rộng còn lại $x, \theta_1, \theta_2, \theta_3$ không đổi;
- Các quá trình xúc và tích đá nổ mìn, quay thiết bị công tác và đổ đá nổ mìn diễn ra độc lập, nối tiếp nhau (theo các chu trình nguyên lý hoạt động của máy);
- Trọng tâm của các khâu nằm ở mặt phẳng đối xứng của máy;
- Trọng tâm của khối đá nổ mìn trong gầu trùng với trọng tâm của gầu xúc;
- Khối lượng của khâu 5 khi tính toán bao gồm gầu và đá nổ mìn trong gầu;
- Bỏ qua lực ma sát tại các khớp.

3.1.4. Mô hình khảo sát động lực học



- 1- Vị trí gầu bắt đầu quá trình đổ
- 2- Vị trí gầu giữa quá trình đổ lý thuyết
- 3- Vị trí gầu cuối quá trình đổ lý thuyết
- 4- Vị trí gầu cuối quá trình đổ thực tế

Hình 3.2. Mô hình động lực học của máy xúc lật đổ bên VMC E500 trong quá trình xúc và đổ đá nổ mìn

3.2. Thành lập hệ phương trình vi phân mô tả quá trình ĐLH của cơ hệ

Động lực học chuyển động tổng quát của mô hình được mô tả bằng phương trình Lagrange loại II trong hệ tọa độ suy rộng có dạng cơ học:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_i} \right) - \frac{\partial T}{\partial q_i} + \frac{\partial \Pi}{\partial q_i} + \frac{\partial \Phi}{\partial q_i} = Q_i; \quad \text{Với } i=1 \div 5 \quad (3.1)$$

3.2.1. Động năng của hệ

Động năng của các khâu và tổng động năng của hệ được tính như sau:

$$T = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 \quad (3.2)$$

$$T_1 = \frac{1}{2} m_1 (\dot{x}_1^2 + \dot{y}_1^2 + \dot{z}_1^2) \quad (3.3)$$

$$T_2 = \frac{1}{2} m_2 (\dot{x}_2^2 + \dot{y}_2^2 + \dot{z}_2^2) + \frac{1}{2} J_2 \omega_2^2 \quad (3.4)$$

$$T_3 = \frac{1}{2} m_3 (\dot{x}_3^2 + \dot{y}_3^2 + \dot{z}_3^2) + \frac{1}{2} J_3 \omega_3^2 + \frac{1}{2} J_{3x} \dot{\theta}_1^2 \sin^2 \theta_2 + \frac{1}{2} J_{3y} \dot{\theta}_1^2 \cos^2 \theta_2 + \frac{1}{2} J_{3z} \dot{\theta}_2^2 \quad (3.5)$$

$$T_4 = \frac{1}{2} m_4 (\dot{x}_4^2 + \dot{y}_4^2 + \dot{z}_4^2) + \frac{1}{2} J_4 \omega_4^2 + \frac{1}{2} J_{4x} \dot{\theta}_1^2 \sin^2 (\theta_2 + \theta_3) + \frac{1}{2} J_{4y} \dot{\theta}_1^2 \cos^2 (\theta_2 + \theta_3) + \frac{1}{2} J_{4z} (\dot{\theta}_2 + \dot{\theta}_3)^2 \quad (3.6)$$

$$T_5 = \frac{1}{2} m_5 (\dot{x}_5^2 + \dot{y}_5^2 + \dot{z}_5^2) + \frac{1}{2} J_5 \omega_5^2 + \frac{1}{2} J_{4x} \dot{\theta}_1^2 \sin^2(\theta_2 + \theta_3 + \theta_4) + \frac{1}{2} J_{4y} \dot{\theta}_1^2 \cos^2(\theta_2 + \theta_3 + \theta_4) + \frac{1}{2} J_{4z} (\dot{\theta}_2 + \dot{\theta}_3 + \dot{\theta}_4)^2 \quad (3.7)$$

Tính các đạo hàm riêng của động năng

Trên cơ sở động năng của hệ, ta tính toán các đạo hàm riêng của hệ như sau:

$$\frac{\partial T}{\partial q_j} = \frac{\partial \left(\sum_{i=1}^5 T_i \right)}{\partial q_j} = \frac{\partial T_1}{\partial q_j} + \frac{\partial T_2}{\partial q_j} + \frac{\partial T_3}{\partial q_j} + \frac{\partial T_4}{\partial q_j} + \frac{\partial T_5}{\partial q_j}; \partial q_j = x, \theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4 \quad (3.8)$$

$$\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_j} = \frac{\partial \left(\sum_{i=1}^5 T_i \right)}{\partial \dot{q}_j} = \frac{\partial T_1}{\partial \dot{q}_j} + \frac{\partial T_2}{\partial \dot{q}_j} + \frac{\partial T_3}{\partial \dot{q}_j} + \frac{\partial T_4}{\partial \dot{q}_j} + \frac{\partial T_5}{\partial \dot{q}_j}; \dot{q}_j = \dot{x}, \dot{\theta}_1, \dot{\theta}_2, \dot{\theta}_3, \dot{\theta}_4 \quad (3.9)$$

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{q}_j} = \frac{d}{dt} \frac{\partial \left(\sum_{i=1}^5 T_i \right)}{\partial \dot{q}_j} = \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T_1}{\partial \dot{q}_j} + \frac{\partial T_2}{\partial \dot{q}_j} + \frac{\partial T_3}{\partial \dot{q}_j} + \frac{\partial T_4}{\partial \dot{q}_j} + \frac{\partial T_5}{\partial \dot{q}_j} \right); \dot{q}_j = \dot{x}, \dot{\theta}_1, \dot{\theta}_2, \dot{\theta}_3, \dot{\theta}_4 \quad (3.10)$$

3.2.2. Thế năng của hệ.

Thế năng của hệ là thế năng của các khâu 1, 2, 3, 4, 5. Chọn gốc thế năng tại O_0 .

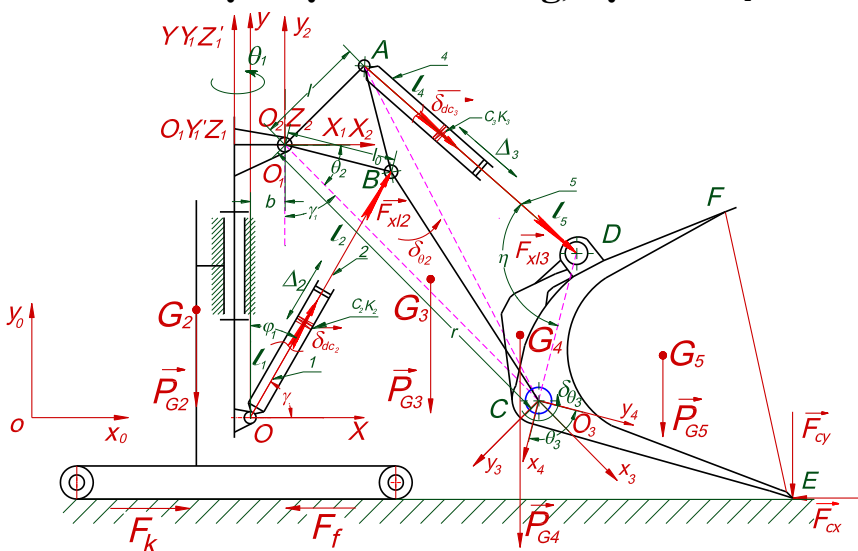
$$\Pi = m_1 g y_1 + m_2 g y_2 + m_3 g y_3 + m_4 g y_4 + m_5 g y_5 \quad (3.11)$$

3.2.3. Hàm hao tán của hệ.

Hàm hao tán có năng lượng $\Phi = 0$

3.2.4. Lực suy rộng của hệ.

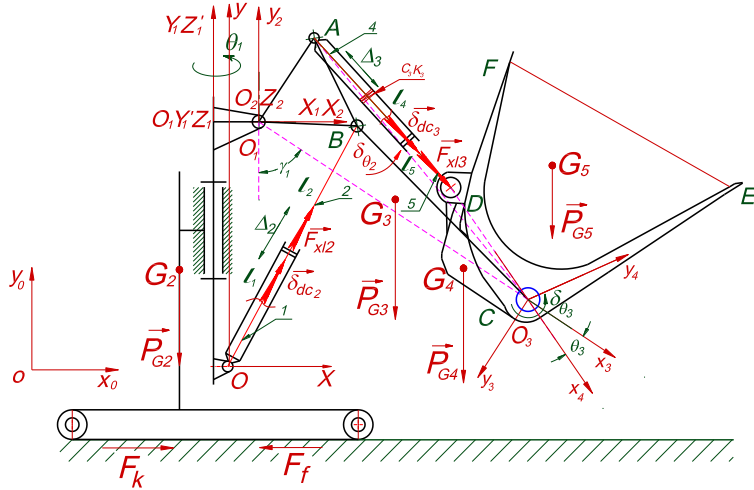
3.2.4.1. Xác định lực xi lanh nâng, hạ cần \vec{F}_{xl2}



Hình 3.3. Mô hình xác định lực xi lanh nâng hạ cần, khi tích đá nổ mìn vào gầu bằng phương pháp kết hợp.

$$F_{xl2} = -P_{G_3} l_2 A(x_1) \sin(\gamma_1 + \delta_2) - l_{O_1 C} B(x_1) \left[\sin \gamma_1 (P_{G_4} + P_{G_5}) + F_{ct_y} + F_{ct_x} \cos \gamma_1 \right] \quad (3.12)$$

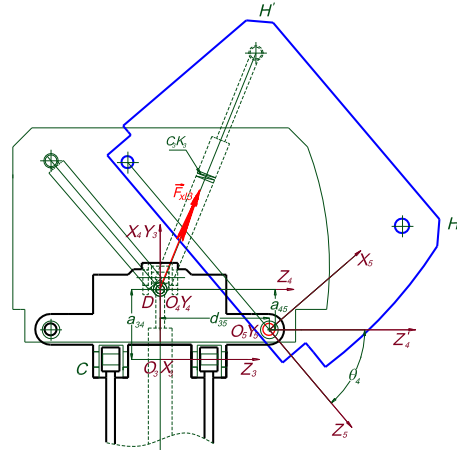
3.2.4.2. Xác định lực xi lanh quay gầu \vec{F}_{xl3}



Hình 3.4. Mô hình xác định lực xi lanh quay gầu, khi tích đá nổ mìn vào gầu bằng phương pháp kết hợp.

$$F_{xl3} = -1_3 f_3(x_3) \sin \beta_5 P_{G_4} + 1_4 f_4(x_4) \cos(\delta_4 - \varphi) P_{G_5} - \left\{ CE f_3(x_3) \left[F_{ctx} \cos \varphi + F_{cty} \sin \varphi \right] \right\} \quad (3.13)$$

3.2.4.3. Xác định lực tác dụng lên xi lanh lật gầu \vec{F}_{xl4}



Hình 3.5. Mô hình xác định lực xi lanh lật gầu, khi đổ đá nổ mìn.

$$F_{xl4} = \frac{\delta y_{G_4}}{\delta x_4} (P_{G_4} + P_{G_5}) \quad (3.14)$$

3.2.4.3. Tính toán lực kéo của máy trong quá trình tương tác

Máy xúc lật là máy sử dụng nhiều chức năng đồng thời trong khi di chuyển, lực kéo chỉ chiếm khoảng 70% công suất của cả máy, nên lực kéo sinh ra tính theo công suất động cơ lớn hơn lực bám lớn nhất mà đất có thể tiếp nhận; vì vậy, lực kéo của máy sẽ được tính theo điều kiện bám.

$$P_k = G_m \operatorname{tg} \phi_t \left[1 - 2 \left(\frac{k_m}{i.l_x} \right)^2 \left(1 - e^{-\frac{i.l_x}{k_m}} - \frac{i.l_x}{k_m} e^{-\frac{i.l_x}{k_m}} \right) \right] \quad (3.15)$$

Theo nguyên lý công ảo, ta lần lượt tính các lực suy rộng như sau:

$$Q_x = -\frac{\partial \Pi}{\partial x} + P_k - F_{cx} = P_k - F_{cx} \quad (3.16)$$

$$Q_{\theta_1} = -\frac{\partial \Pi}{\partial \theta_1} + M_1 - F_{cx} \frac{\partial x_{cx}}{\partial \theta_1} - F_{cy} \frac{\partial x_{cy}}{\partial \theta_1} = -\sum_{i=1}^4 \frac{\partial \pi}{\partial y_i} \frac{\partial y_i}{\partial \theta_1} + M_1 - F_{cx} \frac{\partial x_{cx}}{\partial \theta_1} - F_{cy} \frac{\partial x_{cy}}{\partial \theta_1} \quad (3.17)$$

$$Q_{\theta_2} = -\frac{\partial \Pi}{\partial \theta_2} + M_2 - F_{cx} \frac{\partial x_{cx}}{\partial \theta_2} - F_{cy} \frac{\partial x_{cy}}{\partial \theta_2} = -\sum_{i=1}^4 \frac{\partial \pi}{\partial y_i} \frac{\partial y_i}{\partial \theta_2} + M_2 - F_{cx} \frac{\partial x_{cx}}{\partial \theta_2} - F_{cy} \frac{\partial x_{cy}}{\partial \theta_2} \quad (3.18)$$

$$Q_{\theta_3} = -\frac{\partial \Pi}{\partial \theta_3} + M_3 - F_{cx} \frac{\partial x_{ctx}}{\partial \theta_3} - F_{cy} \frac{\partial x_{cy}}{\partial \theta_3} = -\sum_{i=1}^4 \frac{\partial \pi}{\partial y_i} \frac{\partial y_i}{\partial \theta_3} + M_3 - F_{cx} \frac{\partial x_{cx}}{\partial \theta_3} - F_{cy} \frac{\partial x_{cy}}{\partial \theta_3} \quad (3.19)$$

$$Q_{\theta_4} = -\frac{\partial \Pi}{\partial \theta_4} + M_4 - F_{cx} \frac{\partial x_{cx}}{\partial \theta_4} - F_{cy} \frac{\partial x_{cy}}{\partial \theta_4} = -\sum_{i=1}^4 \frac{\partial \pi}{\partial y_i} \frac{\partial y_i}{\partial \theta_4} + M_4 - F_{cx} \frac{\partial x_{cx}}{\partial \theta_4} - F_{cy} \frac{\partial x_{cy}}{\partial \theta_4} \quad (3.20)$$

3.3. Thành lập hệ phương trình vi phân mô tả chuyển động của hệ.

Thay các kết quả trên vào phương trình Lagrang II ta được hệ phương trình vi phân mô tả chuyển động của cơ hệ như sau:

$$\begin{cases} \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T_1}{\partial \dot{x}} + \frac{\partial T_2}{\partial \dot{x}} + \frac{\partial T_3}{\partial \dot{x}} + \frac{\partial T_4}{\partial \dot{x}} \right) - \left(\frac{\partial T_1}{\partial x} + \frac{\partial T_2}{\partial x} + \frac{\partial T_3}{\partial x} + \frac{\partial T_4}{\partial x} \right) = Q_x \\ \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T_1}{\partial \dot{\theta}_1} + \frac{\partial T_2}{\partial \dot{\theta}_1} + \frac{\partial T_3}{\partial \dot{\theta}_1} + \frac{\partial T_4}{\partial \dot{\theta}_1} \right) - \left(\frac{\partial T_1}{\partial \theta_1} + \frac{\partial T_2}{\partial \theta_1} + \frac{\partial T_3}{\partial \theta_1} + \frac{\partial T_4}{\partial \theta_1} \right) = Q_{\theta_1} \\ \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T_1}{\partial \dot{\theta}_2} + \frac{\partial T_2}{\partial \dot{\theta}_2} + \frac{\partial T_3}{\partial \dot{\theta}_2} + \frac{\partial T_4}{\partial \dot{\theta}_2} \right) - \left(\frac{\partial T_1}{\partial \theta_2} + \frac{\partial T_2}{\partial \theta_2} + \frac{\partial T_3}{\partial \theta_2} + \frac{\partial T_4}{\partial \theta_2} \right) = Q_{\theta_2} \\ \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T_1}{\partial \dot{\theta}_3} + \frac{\partial T_2}{\partial \dot{\theta}_3} + \frac{\partial T_3}{\partial \dot{\theta}_3} + \frac{\partial T_4}{\partial \dot{\theta}_3} \right) - \left(\frac{\partial T_1}{\partial \theta_3} + \frac{\partial T_2}{\partial \theta_3} + \frac{\partial T_3}{\partial \theta_3} + \frac{\partial T_4}{\partial \theta_3} \right) = Q_{\theta_3} \\ \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T_1}{\partial \dot{\theta}_4} + \frac{\partial T_2}{\partial \dot{\theta}_4} + \frac{\partial T_3}{\partial \dot{\theta}_4} + \frac{\partial T_4}{\partial \dot{\theta}_4} \right) - \left(\frac{\partial T_1}{\partial \theta_4} + \frac{\partial T_2}{\partial \theta_4} + \frac{\partial T_3}{\partial \theta_4} + \frac{\partial T_4}{\partial \theta_4} \right) = Q_{\theta_4} \end{cases} \quad (3.21)$$

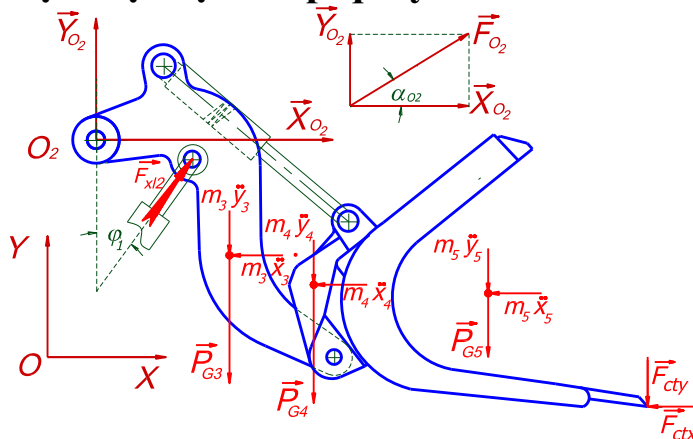
Từ phương trình trên có thể viết gọn hệ phương trình vi phân ở dạng véc tơ như sau:

$$[M]\{\ddot{q}_i\} + [C]\{\dot{q}_i, q_i\} + [K]\{q_i\} = Q_{q_i} \quad (3.22)$$

Luận án sử dụng phương pháp Runge – Kutta 4, với bước tích phân $H=10^{-4}$; kết quả nhận được là các chuyển vị, vận tốc, gia tốc và các lực, mômen động trong các khâu khớp cần, gầu của thiết bị công tác máy xúc lật.

3.4. Nghiên cứu xác định lực tại các khớp trong quá trình xúc, đổ đá nổ mìn

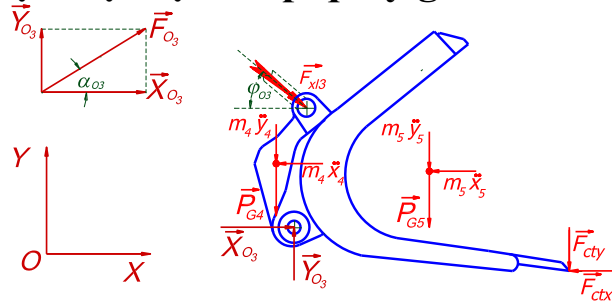
3.4.1. Xác định lực tại khớp quay cần O_2



Hình 3.8. Sơ đồ tính toán lực tác dụng lên khớp quay cần O_2

$$\begin{cases} X_{O_2} = m_3 \ddot{x}_3 + m_4 \ddot{x}_4 + m_5 \ddot{x}_5 + F_{ctx} - F_{xl2} \sin(\varphi_1) \\ Y_{O_2} = m_3 \ddot{y}_3 + m_4 \ddot{y}_4 + m_5 \ddot{y}_5 + g(m_3 + m_4 + m_5) + F_{xl2} \cos(\varphi_1) + F_{cty} \end{cases} \Rightarrow F_{O_2} = \sqrt{X_{O_2}^2 + Y_{O_2}^2} \quad (3.23)$$

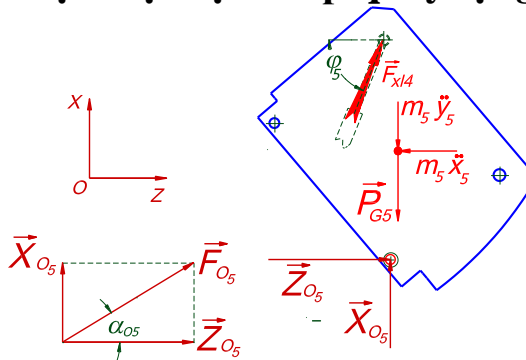
3.4.2. Xác định lực tại khớp quay gầu xúc O₃



Hình 3.6. Sơ đồ tính toán lực tác dụng lên khớp quay gầu O₃.

$$\begin{cases} X_{O_3} = m_5 \ddot{x}_5 + F_{ctx} - F_{xl3} \cos(\varphi_2) \\ Y_{O_3} = m_5 \ddot{y}_5 + g(m_5) + F_{xl3} \sin(\varphi_2) + F_{cty} \end{cases} \Rightarrow F_{O_3} = \sqrt{X_{O_3}^2 + Y_{O_3}^2} \quad (3.24)$$

3.4.3. Xác định lực tại khớp quay lật gầu O₅



Hình 3.7. Sơ đồ tính toán lực tác dụng lên khớp quay lật gầu O₅.

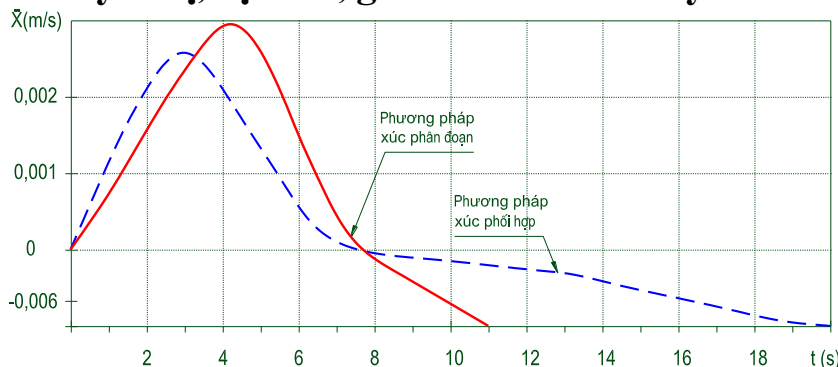
$$\begin{cases} X_{O_5} = m_5 \ddot{x}_5 + F_{xl4} \cos(\theta_4) \\ Z_{O_5} = m_5 \ddot{z}_5 + g(m_5) + F_{xl4} \sin(\theta_4) \end{cases} \Rightarrow F_{O_5} = \sqrt{X_{O_5}^2 + Z_{O_5}^2} \quad (3.25)$$

3.5. Kết quả khảo sát tính toán.

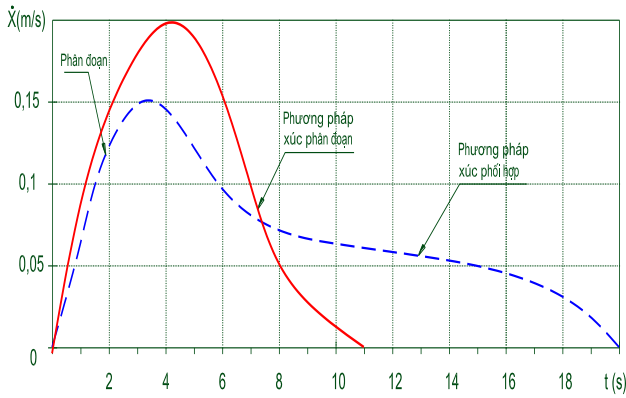
3.5.3. Kết quả khảo sát chuyển vị, vận tốc, gia tốc của các khâu khi xúc đá nổ mìn

Trên cơ sở các thông số đầu vào và các công thức tính toán trình bày trong chương của luận án, kết hợp sử dụng chương trình tính toán matlab, đã đưa ra một số đồ thị như sau:

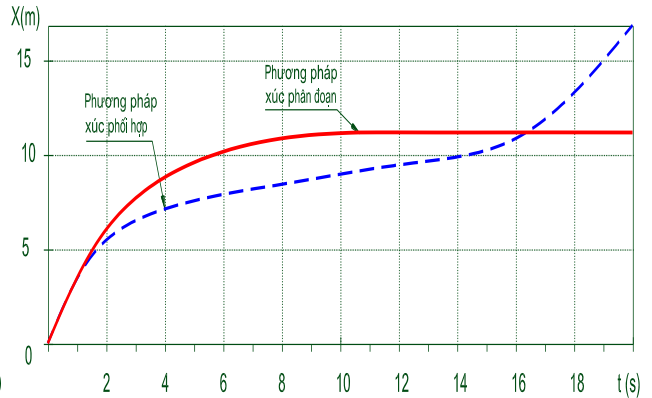
3.5.3.1. Chuyển vị, vận tốc, gia tốc của thân máy



Hình 3.8. Quy luật chuyển vị của thân máy khi xúc đá nổ mìn.



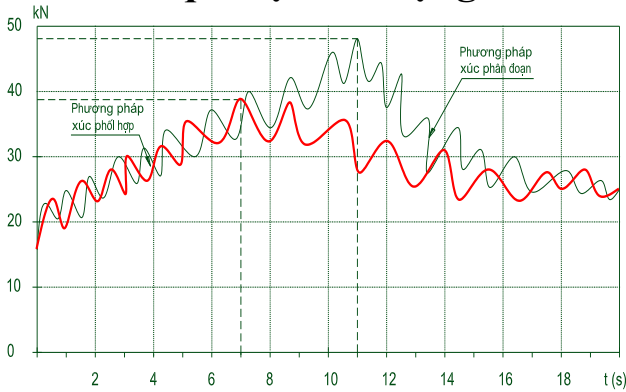
Hình 3.9. Quy luật thay đổi vận tốc của thân máy khi xúc đá nổ mìn.



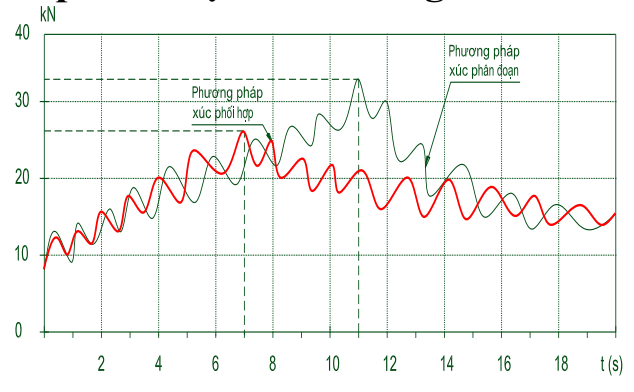
Hình 3.10. Quy luật thay đổi gia tốc của thân máy khi xúc đá nổ mìn.

Quá trình xúc đá nổ mìn bằng phương pháp phối hợp máy di chuyển trong suốt thời gian khảo sát từ $t=0$ đến $t=20s$, nhưng với phương pháp xúc đá nổ mìn bằng phương pháp phân đoạn máy chỉ di chuyển trong khoảng thời gian từ $t=0$ đến $t=11s$; vận tốc và gia tốc cũng liên tục thay đổi. So sánh các giá trị cho thấy quá trình xúc đá nổ mìn theo phương pháp phân đoạn tuy di chuyển ngắn nhưng vận tốc và gia tốc lớn hơn.

3.5.4. Kết quả lực tác dụng lên các khớp làm việc theo thời gian



Hình 3.11. Đồ thị lực tại khớp O_2 theo thời gian.



Hình 3.12. Đồ thị lực tại khớp O_3 theo thời gian.

Xét tổng thể tại hai khớp với hai phương pháp xúc ta nhận thấy rằng, giá trị lực lớn nhất tại các khớp và quy luật thay đổi lực của phương pháp xúc phân đoạn lớn hơn khoảng 19% và thay đổi nhanh hơn so với phương pháp xúc phối hợp; nguyên nhân của sự sai khác giữa hai phương pháp này là do khi xúc đá nổ mìn bằng phương pháp phối hợp, giá trị L_{AG} nhỏ hơn và khi nâng cần, quay gầu, đồng thời kết hợp với di chuyển tịnh tiến của xe;

Kết luận chương 3

- Các kết quả khảo sát ĐLH cho thấy, lực tác dụng lên các khớp O_2 , và O_3 có giá trị lớn nhất là 48,5 kN và 33kN, tại thời điểm $t=13s$; 39kN và 25,5 kN, tại thời điểm $t=7s$ ứng với chiều sâu ấn gầu $L_{AG}=0,9L_{SG}$ và $L_{AG}=1,1L_{SG}$

của quá trình xúc đá nổ mìn bằng phương pháp phân đoạn truyền thống và phương pháp phối hợp mà luận án đề xuất trong chương 2 cho thấy rằng, giá trị lực lớn nhất tại các khớp và quy luật thay đổi lực của phương pháp xúc phân đoạn lớn hơn khoảng 19% và thay đổi nhanh hơn so với phương pháp xúc phối hợp.

- Các kết quả khảo sát động lực học là căn cứ chính để thực hiện các khảo sát ảnh hưởng của một số yếu tố đến tải trọng động tác dụng lên các bộ phận máy xúc lật, đồng thời là cơ sở kiểm chứng, so sánh tính hợp lý, hiệu quả khi xúc đá nổ mìn trong đường hầm không gian chật hẹp bằng phương pháp phối hợp so với các phương pháp xúc khác mà luận án đã trình bày trong chương 2. Ngoài ra các thông số động lực học tìm được cũng chính là cơ sở để giải các bài toán khác về động lực học máy, độ bền và tối ưu kết cấu của máy xúc lật đổ bên VMC E500-1.

Chương 4: NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM

4.1. Mục đích nghiên cứu

- Thu thập bộ số liệu thực tế thông qua các phương tiện đo để làm bộ dữ liệu đầu vào phục vụ quá trình tính toán;

- So sánh đánh giá sự sai số giữa kết quả tính toán lý thuyết và kết quả đo thực nghiệm làm cơ sở khoa học khẳng định tính đúng đắn của các mô hình và các công thức tính toán.

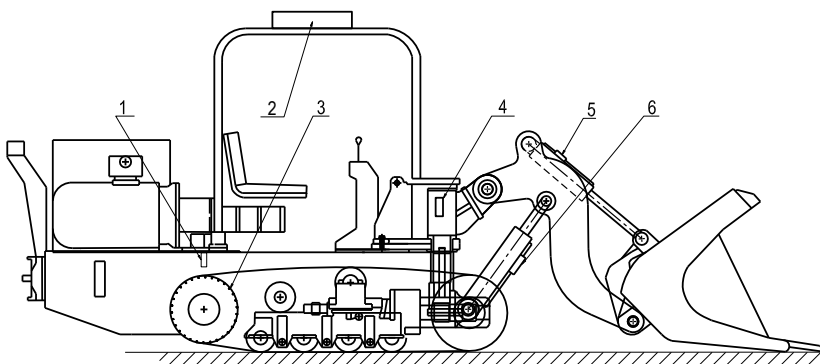
4.2. Đối tượng thực nghiệm

Máy xúc lật đổ bên VMC E500-1 do Công ty Cổ phần chế tạo máy-Vinacumin, Tập đoàn Công nghiệp Than-Khoáng sản Việt Nam chế tạo.

4.3. Các thông số thực nghiệm cần đo

- Bộ thông số đo làm dữ liệu đầu vào phục vụ quá trình tính toán gồm: Áp suất, lưu lượng của các xi lanh và mô tơ thủy lực; tốc độ di chuyển của máy trong chu trình làm việc khép kín;

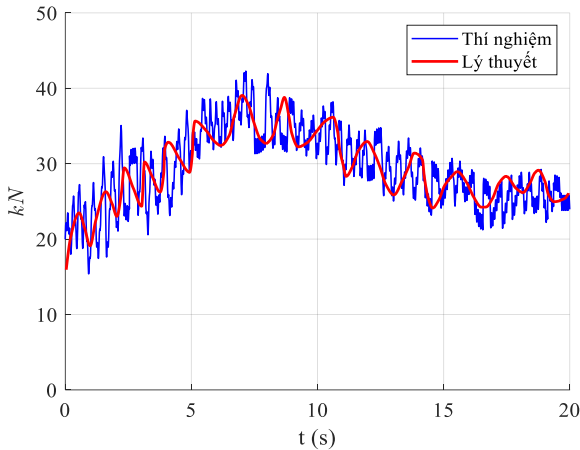
- Xác định lực tác dụng lên các khớp trong quá trình làm việc của máy.



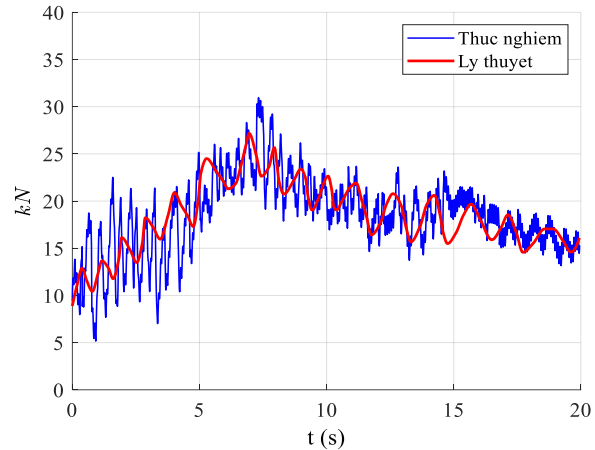
Hình 4.1. Sơ đồ bố trí chung hệ thống thiết bị đo.

1-Thiết bị HTH13; 2-Thiết bị định vị GPS; 3-Miếng dán cảm quang; 4,5,6 - Đầu đo OCM-511 và R4S-7HD đo áp suất và lưu lượng.

4.5. Kết quả so sánh giữa nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm



Hình 4.2. Đồ thị lực tại khớp O₂ khi xúc đá nổ mìn bằng phương pháp phối hợp theo lý thuyết và thực nghiệm



Hình 4.3. Đồ thị lực tại khớp O₃ khi xúc đá nổ mìn bằng phương pháp phối hợp theo lý thuyết và thực nghiệm

4.6. Đánh giá kết quả thực nghiệm

Bằng phương pháp đo trực tiếp, quá trình nghiệm cứu thực nghiệm đã xác định được lực tác động lên các khâu, khớp thiết bị công tác trong với các trường hợp làm việc đặc trưng của máy; kết quả khảo sát cho thấy lực tác động lên các khớp quay cần O₂ và quay gầu O₃ về quy luật và giá trị khá phù hợp với kết quả tính toán lực cản tác động lên thiết bị công tác của chương 2 và lực kéo của chương 3 trong quá trình xúc đá nổ mìn bằng phương pháp phối hợp. Với sai số không lớn giữa kết quả tính toán tính toán lý thuyết và thực nghiệm khoảng 17%-22%, là cơ sở để khẳng định rằng các mô hình và các công thức tính toán lý thuyết đủ độ tin cậy có thể áp dụng để phục vụ các nghiên cứu khác.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

1. Những đóng góp mới của luận án

- Xác định được phương pháp xúc và quỹ đạo xúc đá nổ mìn hợp lý của máy xúc lật đổ bên trong trong điều kiện không gian đường hầm làm việc chật hẹp; đồng thời tìm ra quy luật thay đổi của các khâu dẫn để tạo ra quỹ đạo chuyển động hợp lý của gầu xúc khi xúc đá nổ mìn bằng phương pháp phối hợp;
- Xây dựng, khảo sát mô hình động lực học, xác định tải trọng động của thiết bị công tác máy xúc lật đổ bên VMC E500-1 khi xúc, đổ đá nổ mìn trong thi công đường hầm khẩu độ vừa và nhỏ bằng phương pháp khoan nổ.

2. Các kết luận rút ra từ kết quả nghiên cứu của luận án

- So với các loại máy bốc xúc truyền thống, cho thấy máy xúc lật đổ bên VMC E 500-1 là thiết bị phù hợp, hiệu quả nhất trong việc xúc, đổ đá nổ mìn ở đường hầm khẩu độ vừa và nhỏ; với kết quả khảo sát: chiều cao tối đa gầu xúc $H_{gx,max} = 2,8m < \text{chiều cao tối thiểu cửa hầm } H_{ch,min} = 3,05m$

và chiều cao tối thiểu gầu xúc $H_{gx,min}=1,6m >$ chiều cao tối đa xe goong $H_{xg,max}=1,3m$ cho thấy máy xúc lật đổ bên VMC E500-1 làm việc hiệu quả trong đường hầm, kể cả vị trí mặt cắt nhỏ nhất có $b \times h=2,3m \times 3,5m$;

- Khi xúc vật liệu hoặc đá nổ mìn mỗi loại sẽ có quỹ đạo xúc hợp lý khác nhau, phụ thuộc vào các thông số: α_{vl} - góc xoắn tự nhiên, φ - góc ma sát trong, d_{tb} - kích thước hạt trung bình của đá nổ mìn, L_{AG} - chiều sâu ấn gầu và H_{min} - chiều cao tối thiểu của đồng đá nổ mìn. Quỹ đạo này được xác định bằng sự thay đổi của các khâu dẫn: góc quay nâng cần (θ_2), quay gầu xúc (θ_3) và chuyển động tịnh tiến của máy xúc (x);

- Lực tác dụng lên các khớp quay cần O_2 , quay gầu O_3 có các giá trị lớn nhất là 48,5 kN và 33kN; 39kN và 25,5 kN, ứng với chiều sâu ấn gầu $L_{AG}=0,9L_{SG}$ và $L_{AG}=1,1L_{SG}$ cho thấy rằng, giá trị lực lớn nhất tại các khớp và quy luật thay đổi lực của phương pháp xúc phân đoạn lớn hơn khoảng 19% và thay đổi nhiều hơn so với phương pháp xúc phối hợp. Điều này chứng tỏ rằng khi xúc đá nổ mìn trong đường hầm khẩu độ vừa và nhỏ bằng phương pháp xúc phối hợp mà luận án đề xuất hợp lý hơn so với phương pháp xúc phân đoạn truyền thống.

- Kết quả thực nghiệm xác định lực tác động lên khâu, khớp của thiết bị công tác máy xúc lật đổ bên E 500-1, trong quá trình xúc đá nổ mìn bằng phương pháp phối hợp; với sai số không lớn giữa kết quả tính toán tính toán lý thuyết và thực nghiệm khoảng 17%-22%; là cơ sở khoa học khẳng định tính đúng đắn, độ tin cậy của các mô hình và các công thức tính toán lý thuyết.

2. Kiến nghị

Mặc dù luận án đã giải quyết được một cách căn bản những nhiệm vụ đặt ra, nhưng vẫn còn vấn đề cần tiếp tục giải quyết đó là:

- Bằng phương pháp động học ngược luận án đã đưa ra quy luật thay đổi của các khâu dẫn gồm: chuyển động tịnh tiến của máy (x), góc quay nâng cần (θ_2) và góc quay gầu (θ_3) để tạo ra quỹ đạo chuyển động hợp lý của gầu xúc như mong muốn; là nội dung cần tiếp tục nghiên cứu để làm cơ sở, thiết kế chế tạo bộ điều khiển tự động quá trình vận hành, khi máy xúc lật đổ bên làm việc trong những điều kiện đặc biệt, nguy hiểm trong đường hầm hoặc tự động hóa trong các chu trình làm việc của máy theo yêu cầu của thực tiễn đặt ra.

- Các kết quả khảo sát động lực học cho thấy, các giá trị lực lớn nhất tác dụng lên các khớp quay nâng cần O_2 , $F_{O2} = 48,5$ kN và khớp quay gầu O_3 , $F_{O3} = 33kN$ được xác định bằng tính toán lý thuyết kết hợp với đo bằng thực nghiệm là cơ sở để tiếp tục nghiên cứu giải các bài toán khác về động lực học máy, độ bền và tối ưu kết cấu của máy xúc lật đổ bên VMC E500-1.