

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

BỘ QUỐC PHÒNG

HỌC VIỆN KỸ THUẬT QUÂN SỰ

NGUYỄN VIỆT TÂN

**XÁC ĐỊNH CÁC THÔNG SỐ TỐI ƯU CỦA GÀU XÚC
MÁY BỐC XÚC SỬ DỤNG TRONG THI CÔNG
ĐƯỜNG HÀM KHẨU ĐỘ VỪA VÀ NHỎ**

Chuyên ngành: Kỹ thuật Xe máy quân sự, Công binh

Mã số : 62 52 36 01

TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SỸ KỸ THUẬT

HÀ NỘI - 2010

**Công trình được hoàn thành tại:
Học viện Kỹ thuật Quân sự**

Cán bộ hướng dẫn khoa học: 1. PGS. TS. Chu Văn Đạt
2. GS. TS. Phan Nguyên Di

Phản biện 1: PGS.TS. Phạm Quang Dũng
Trường Đại học Xây dựng

Phản biện 2: PGS.TS. Nguyễn Đăng Điệm
Trường Đại học Giao thông vận tải

Phản biện 3: PGS.TS. Nguyễn Đình Vinh
Học viện Kỹ thuật Quân sự

**Luận án sẽ được bảo vệ tại Hội đồng chấm luận án Tiến sĩ kỹ thuật
cấp Học viện họp tại Học viện kỹ thuật quân sự
vào hồi 8 giờ 30 ngày 12 tháng 01 năm 2011**

Có thể tìm hiểu luận án tại: Thư viện Học viện Kỹ thuật Quân sự
và Thư viện Quốc gia, Hà Nội

DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH ĐÃ CÔNG BỐ

1. Nguyễn Viết Tân, Chu Văn Đạt, *Ứng dụng lý thuyết cân bằng giới hạn môi trường hạt rời xác định lực cản cắt trên lưỡi húc của máy IMR-2M*, Tạp chí Khoa học và kỹ thuật Học viện Kỹ thuật Quân sự, số 115/II- 2006.
2. Nguyễn Viết Tân, Chu Văn Đạt, Lê Văn Cường, *Xác định các thành phần lực cản đào của thiết bị công tác máy bốc xúc với môi trường hạt rời không đồng nhất*, Tạp chí Khoa học và kỹ thuật Học viện Kỹ thuật Quân sự, số 120/III- 2007.
3. Nguyễn Viết Tân, Chu Văn Đạt, *Khảo sát động lực học thiết bị công tác máy bốc xúc đường hầm khâu độ vừa và nhỏ*, Tuyển tập công trình hoa học Hội nghị cơ học toàn quốc, 12/2007.
4. Nguyễn Viết Tân, Chu Văn Đạt, *Nghiên cứu hiệu chỉnh thông số hình học của gầu máy bốc xúc phục vụ thi công đường hầm khâu độ vừa và nhỏ*, Tạp chí Khoa học và kỹ thuật Học viện Kỹ thuật Quân sự, số 124/III- 2008.
5. Nguyễn Viết Tân, Chu Văn Đạt, Lê Văn Cường, *Kết quả nghiên cứu, tính toán thiết kế máy bốc xúc phục vụ thi công đường hầm khâu độ vừa và nhỏ*, Tạp chí Kỹ thuật và trang bị, Tổng cục kỹ thuật, số 12/ 2008.
6. Nguyễn Viết Tân, Chu Văn Đạt, *Ứng dụng thuật toán tiến hóa vi phân tối ưu hóa các thông số hình học của gầu máy bốc xúc*, Tạp chí Khoa học và kỹ thuật Học viện Kỹ thuật Quân sự, số 136, 8/ 2010.

MỞ ĐẦU

Hiện tại và trong tương lai, nhu cầu sử dụng đường hầm ngày càng lớn, đòi hỏi trang thiết bị thi công đường hầm phải phù hợp, nhằm nâng cao chất lượng, hiệu quả xây dựng đường hầm và đáp ứng nhu cầu về công tác cơ giới hóa thi công đường hầm. Do đặc điểm của các đường hầm khẩu độ vừa và nhỏ nên chỉ sử dụng các máy bóc xúc chuyên dụng loại nhỏ.

Đề tài “*Xác định các thông số tối ưu của gầu xúc máy bóc xúc sử dụng trong thi công đường hầm khẩu độ vừa và nhỏ*” có ý nghĩa thực tiễn và khoa học, nhằm kế thừa và phát triển các kết quả nghiên cứu về máy làm đất, đồng thời để giải quyết nhiệm vụ tính toán, thiết kế, chế tạo máy bóc xúc vật liệu trong đường hầm khẩu độ vừa và nhỏ tại Việt Nam.

Mục đích nghiên cứu: Xác định các thông số hình học tối ưu của gầu máy bóc xúc theo chỉ tiêu chi phí năng lượng riêng nhỏ nhất, xác định các tham số động lực học (ĐLH) của thiết bị công tác (TBCT) máy bóc xúc, làm cơ sở khoa học tính toán thiết kế, chế tạo máy bóc xúc vật liệu phục vụ thi công đường hầm khẩu độ vừa và nhỏ tại Việt Nam.

Đối tượng nghiên cứu: Nghiên cứu TBCT của máy bóc xúc vật liệu sử dụng trong thi công đường hầm khẩu độ vừa và nhỏ.

Phương pháp nghiên cứu: Kết hợp giữa nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm.

Ý nghĩa về mặt khoa học:

- Đã xây dựng được mô hình tính toán các thành phần lực cản và khảo sát ĐLH của TBCT trong quá trình làm việc ở môi trường vật liệu sau khoan nổ, nhằm xác định được các thông số cần thiết phục vụ việc tính toán thiết kế máy bóc xúc vật liệu trong đường hầm.

- Đã xác định được hình dạng, đặc điểm kết cấu và các thông số hình học tối ưu của gầu xúc máy bóc xúc theo chỉ tiêu chi phí năng lượng riêng nhỏ nhất. Đã chế tạo gầu xúc theo các thông số hình học tối ưu.

- Xây dựng được qui trình đo để xác định các thông số ĐLH và lực cản TBCT bằng các thiết bị đo ghi hiện đại, ưu việt, đã cho kết quả chính xác hơn so với các công trình tương tự đã được làm trước đó.

Ý nghĩa về mặt thực tiễn:

- Ứng dụng phương pháp tiến hóa vi phân (DE) để giải bài toán tối ưu các thông số hình học của gầu máy bóc xúc đã góp phần vào quá trình tính toán thiết kế, chế tạo thành công máy bóc xúc vật liệu phục vụ thi công đường hầm khẩu độ vừa và nhỏ tại Bình chủng Công Binh.

- Kết quả nghiên cứu thực nghiệm, sử dụng các đầu đo hiện đại đã được áp dụng xây dựng các Bài thí nghiệm trên thiết bị máy làm đất tại Phòng thí nghiệm Bộ môn Xe máy công binh của Học viện KTQS.

Bố cục của Luận án: Ngoài phần mở đầu và kết luận, Luận án gồm 4 chương với 130 trang thuyết minh và 6 phụ lục (24 trang)

Chương 1

TỔNG QUAN VỀ VẤN ĐỀ NGHIÊN CỨU

1.1. Tổng quan về môi trường đất đá và quá trình đào đất

Đất tự nhiên được phân chia thành nhiều loại và được đặc trưng bằng các đặc tính cơ lý của đất. Để đào đất, TBCT của các máy làm đất đã sử dụng các lưỡi cắt lắp trên gầu, lưỡi xới, lưỡi ủi,... thực hiện các phương pháp cắt ấn, cắt lún, cắt kín, ...

Tại Việt Nam, các đường hầm được thi công chủ yếu bằng phương pháp khoan nổ, đặc biệt là đường hầm quân sự. Kích thước gương hầm khẩu độ vừa và nhỏ không lớn (chiều rộng < 4,5m; chiều cao < 3,6m), nhưng chiều dài lại lớn (từ 100 ÷ 300m). Đây là yếu tố ảnh hưởng trực đến kết cấu và nguyên lý hoạt động của máy bốc xúc.

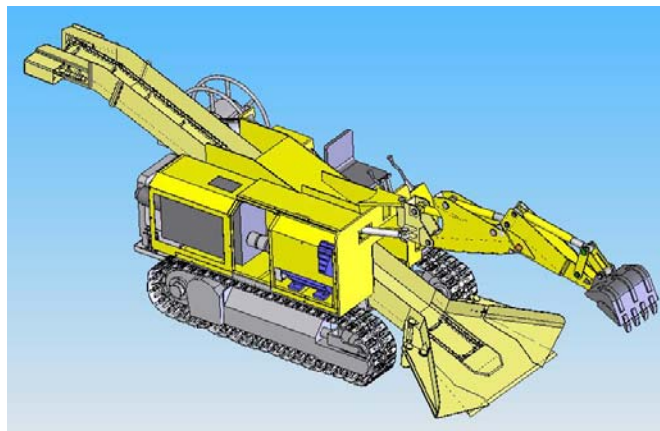
Đất đá sau khoan nổ có dạng hạt với kích cỡ hạt khác nhau, có hình dạng đa giác, sắc cạnh, được phân bố ngẫu nhiên, tạo thành môi trường hạt rời. Môi trường này có đặc tính cơ lý của đất tự nhiên và có đặc trưng riêng là: Các hạt có hình dạng đa giác, sắc cạnh, có kích cỡ và tỷ lệ cỡ hạt khác nhau; Lực liên kết giữa các hạt rất nhỏ, không bền vững, dễ bị trượt; Tính đồng nhất và tính đẳng hướng không lớn; Khả năng hút nước và ngậm nước của các hạt rất nhỏ; Độ rỗng lớn, nhất là khi kích cỡ các hạt tăng.

1.2. Tổng quan về máy bốc xúc sử dụng trong đường hầm khẩu độ vừa và nhỏ

Để bốc xúc vật liệu trong không gian chật hẹp của các đường hầm khẩu độ vừa và nhỏ, các loại máy bốc xúc (máy cào vơ 1PNB2U, máy bốc xúc kiểu gạt đứng hoặc cần dạng ống lồng,...) có TBCT là dạng tổ hợp vừa để xúc, vừa để đưa đất đá lên phương tiện vận chuyển theo hướng dọc trục hầm.

Đối tượng nghiên cứu của luận án là máy bốc xúc vật liệu (hình 2.3) trong đường hầm khẩu độ vừa và nhỏ đã được thiết kế, chế tạo tại Việt Nam, máy này có TBCT dạng cần-tay gầu-gầu giống như của máy xúc thủy lực gầu ngược, thực hiện cào gạt vật liệu vào băng tải.

Hình 2.3: *Máy bốc xúc vật liệu phục vụ thi công đường hầm khẩu độ vừa và nhỏ*



1.3. Tổng quan về các kết quả đã nghiên cứu trong và ngoài nước có liên quan đến nội dung nghiên cứu

Đối với các máy xúc thông dụng, đã có nhiều kết quả nghiên cứu về quá trình đào đất bằng gầu xúc, về khảo sát các thông số ĐLH và về tối ưu quỹ đạo đào, như của V.I. Balôpnhép, Zelenhin, N.G. Đômbrôvski, A. J Kôivo, M. Thomat,... Nhưng các công trình nghiên cứu được công bố đối với máy bốc xúc chuyên dụng sử dụng trong đường hầm khẩu độ vừa và nhỏ không có, hoặc có rất ít.

Để nâng cao chất lượng tính toán, thiết kế và khai thác các máy làm đất, kết quả các công trình nghiên cứu đã chỉ ra rằng: cần phải lựa chọn đặc điểm hình dạng, kết cấu của TBCT cho phù hợp với đặc điểm môi trường tương tác và chức năng của máy; chú ý đến các quỹ đạo chuyển động và các thông số ĐLH của TBCT; chú ý về chế độ làm việc theo điều kiện khai thác nhất định; chú ý đến đặc điểm dẫn động TBCT,... Nghĩa là, đặc điểm môi trường tương tác là yếu tố ảnh hưởng trực tiếp đến việc tối ưu hóa (hợp lý hóa) kết cấu TBCT và chế độ làm việc của máy.

1.4. Mục tiêu, nhiệm vụ của Luận án.

Mục tiêu: Nghiên cứu, xác định các thông số hình học tối ưu của gầu máy bốc xúc theo chỉ tiêu chi phí năng lượng và năng suất, góp phần hoàn thiện quá trình tính toán, thiết kế, chế tạo gầu máy bốc xúc phục vụ thi công đường hầm khẩu độ vừa và nhỏ tại Việt Nam.

Nhiệm vụ của Luận án:

- Phân tích đặc điểm môi trường vật liệu sau khoan nổ, môi trường tương tác của máy bốc xúc vật liệu trong các đường hầm khẩu độ vừa và nhỏ.
- Xác định các thành phần lực cản và khảo sát ĐLH của TBCT máy bốc xúc dạng cần-tay gầu-gầu trong quá trình làm việc.
- Lựa chọn hàm mục tiêu, xây dựng mô hình toán học cho bài toán tối ưu các thông số hình học của gầu.
- Lựa chọn phương pháp giải, xây dựng thuật toán và giải các bài toán tối ưu các thông số hình học của gầu máy bốc xúc.
- Nghiên cứu thực nghiệm để xác định sự đúng đắn và tin cậy của mô hình nghiên cứu lý thuyết về máy bốc xúc vật liệu trong đường hầm khẩu độ vừa và nhỏ.

Kết luận chương 1

Đất tự nhiên là môi trường rất phức tạp, được đặc trưng bằng tính chất cơ lý. Đất đá sau khoan nổ là môi trường hạt rời, vừa có đặc tính của đất tự nhiên, vừa có những đặc tính riêng biệt, đây là môi trường tương tác của máy bốc xúc. Nghiên cứu về đất đá nhằm đánh giá sự ảnh hưởng của chúng đến quá trình bốc xúc.

Nghiên cứu tổng quan về quá trình đào đất, về các loại máy bốc xúc sử dụng trong các đường hầm khẩu độ vừa và nhỏ làm cơ sở khoa học để xây dựng phương án thiết kế, xây dựng mô hình tính toán các thành phần lực cản, các tham số ĐLH của TBCT máy bốc xúc, góp phần hoàn thiện quá trình tính toán thiết kế, chế tạo máy bốc xúc tại Việt Nam.

Chương 2 CƠ SỞ NGHIÊN CỨU BÀI TOÁN TỐI ƯU CÁC THÔNG SỐ CỦA GÀU XÚC MÁY BỐC XÚC

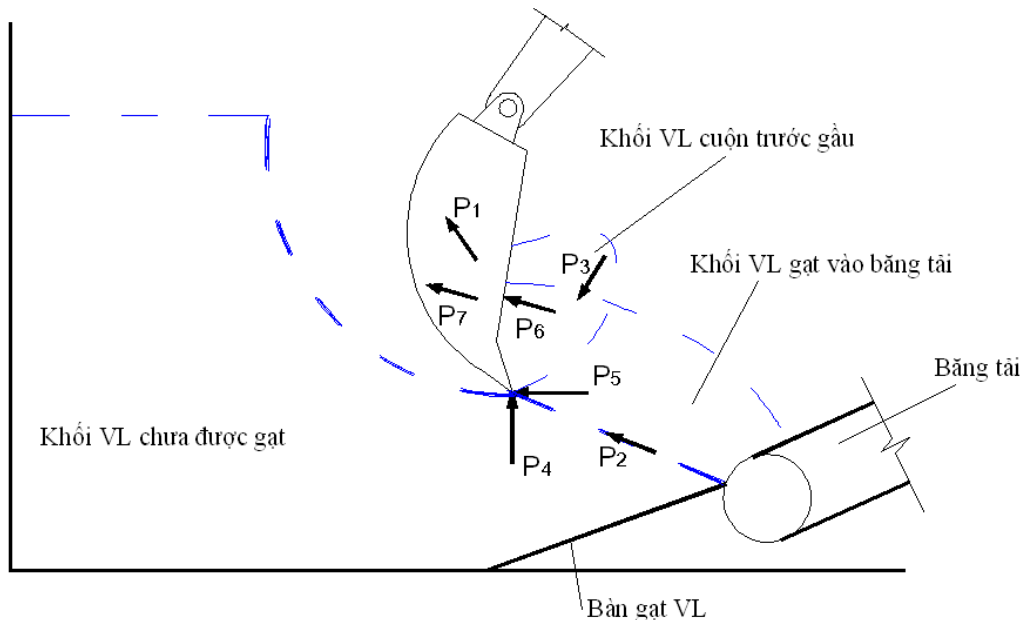
2.1. Cơ sở lý thuyết về bài toán tối ưu

Một số dạng bài toán tối ưu thường sử dụng trong kỹ thuật là: qui hoạch tuyến tính; qui hoạch tham số; qui hoạch động; qui hoạch phi tuyến; Bài toán cực trị,... Các phương pháp giải các bài toán tối ưu này là: đạo hàm bậc một hoặc bậc hai của hàm mục tiêu; “mặt cắt vàng”; biến hình; di truyền (GA); tiến hoá vi phân (DE),....

2.2. Xác định các thành phần lực cản TBCT máy bốc xúc trong quá trình làm việc

2.2.1. Phân tích mô hình tính toán và xác định các thành phần lực cản TBCT máy bốc xúc vật liệu sau khoan nổ.

Mô hình khảo sát sự tương tác của TBCT với môi trường vật liệu được thiết lập theo 3 giai đoạn: bốc xúc không tải; bốc xúc bằng phương pháp quay gầu; bốc xúc bằng phương pháp quay gầu cùng tay gầu. Sơ đồ các thành phần lực cản TBCT máy bốc xúc (hình 2.6)



Hình 2.6: Sơ đồ các thành phần lực cản TBCT máy bốc xúc

Một số giả thiết khi tính toán các thành phần lực cản TBCT máy bóc xúc: Không xuất hiện hạt vật liệu quá cỡ, gây cản đột ngột; Quá trình cào gạt diễn ra liên tục, ảnh hưởng sự tạo ra nê-m hoặc các gờ chặn của các hạt vật liệu là nhỏ; Năng suất băng tải phù hợp với năng suất cào gạt lớn nhất.

Tổng lực cản tác dụng trực tiếp lên gầu khi TBCT máy bóc xúc khi cào gạt vật liệu vào băng tải được xác định như sau:

$$\bar{P}_c = \bar{P}_1 + \bar{P}_2 + \bar{P}_3 + \bar{P}_4 + \bar{P}_5 + \bar{P}_6 + \bar{P}_7 \quad (N) \quad (2.20)$$

trong đó: P_1 -Lực cản các lớp vật liệu tích vào gầu (N); P_2 -Lực cản ma sát di chuyển khối vật liệu vào băng tải (N); P_3 -Lực cản khối vật liệu cuộn lên phía trước gầu (N); P_4 và P_5 -Lực cản cắt theo phương pháp tuyến và tiếp tuyến do ấn gầu vào khối vật liệu (N); P_6 -Lực cản lưỡi cắt thành bên của gầu (N); P_7 - Lực cản ma sát giữa vật liệu và hai thành bên của gầu (N);

- Lực P_1 :
$$P_1 = K_3 \cdot B_1 \cdot h_1 \quad (N) \quad (2.21)$$

- Lực P_2 :
$$P_2 = \rho \cdot \varphi_2 \cdot \mu_1 \cdot B \cdot H \cdot K_1 \cdot K_4 \frac{\Pi}{180} \left(\frac{2\ell_{tc} + H}{2} \right) \quad (N) \quad (2.24)$$

- Lực P_3 : do vật liệu hạt rời, khoảng cách cào gạt không lớn nên sự cuộn khối vật liệu trước gầu là không đáng kể. Vì vậy có thể coi $P_3 \approx 0$.

- Lực P_4 và P_5 : được xác định theo lý thuyết cân bằng giới hạn, dựa theo kết quả nghiên cứu của giáo sư Balópnhép [44] và V.V Sokolovsky [10, 11]. Kết quả tính toán như sau:

$$P_4 = A_{\alpha 2} \cdot A_1 \int_0^B \int_0^h \left[\gamma \chi + c_w \cot g \rho \left(1 - \frac{1}{A_1} \right) \right] dx dz = A_{\alpha 2} \cdot A_1 \cdot B \cdot h \left[\frac{\gamma h}{2} + c_w \cot g \rho \left(1 - \frac{1}{A_1} \right) + p \right] \quad (N)$$

$$P_5 = A_{\alpha 1} \cdot A_1 \int_0^B \int_0^h \left[\gamma \chi + c_w \cot g \rho \left(1 - \frac{1}{A_1} \right) \right] dx dz = A_{\alpha 1} \cdot A_1 \cdot B \cdot h \left[\frac{\gamma h}{2} + c_w \cot g \rho \left(1 - \frac{1}{A_1} \right) + p \right] \quad (N) \quad (2.29)$$

- Lực P_6 :
$$P_6 = K_2 (\ell + 0,03 \cdot s) \quad (N) \quad (2.31)$$

- Lực P_7 : ma sát giữa vật liệu và thành bên của gầu không lớn, coi $P_7 \approx 0$.

2.2.2. Xác định ảnh hưởng các thông số hình học của gầu tới các thành phần lực cản TBCT máy bóc xúc.

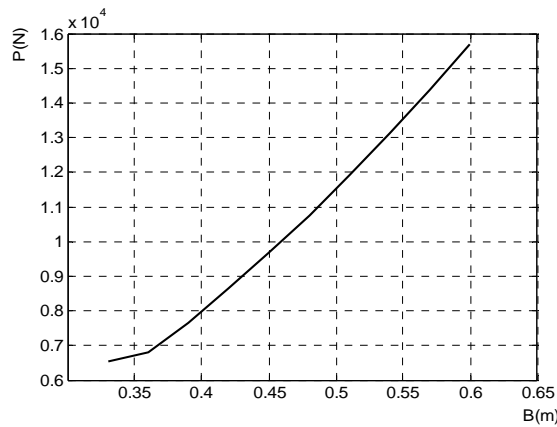
Công thức (2.20) đến công thức (2.31) cho phép xác định ảnh hưởng của chiều rộng B , chiều cao H , góc cắt α đến tổng lực cản TBCT trong quá trình làm việc, kết quả tính toán bằng đồ thị theo hình 2.9.

Nhận xét:

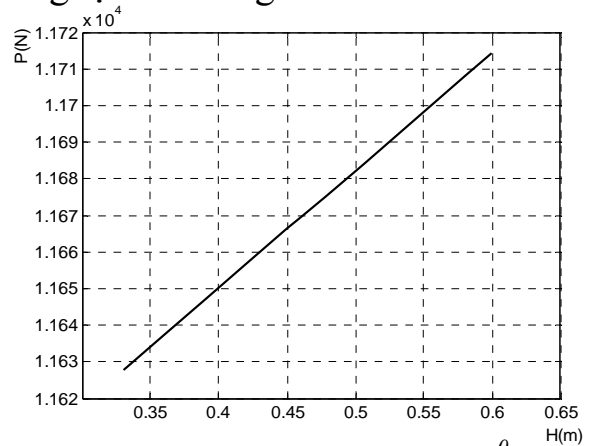
- Khi $B = 0,365 \div 0,5m$, lực cản tổng cộng tăng đều. Khi $B > 0,5m$, lực cản này tăng nhanh hơn. Như vậy, giá trị của B được lựa chọn không chỉ theo dung tích gầu, mà cần phải xét đến sự gia tăng của lực cản tổng cộng.

- Chiều cao gầu H thay đổi đều trên khoảng tính toán. Như vậy, việc lựa chọn H chỉ cần chú ý đến dung tích gầu, mối tương quan giữa H với chiều dài tay gầu và chiều dài cần.

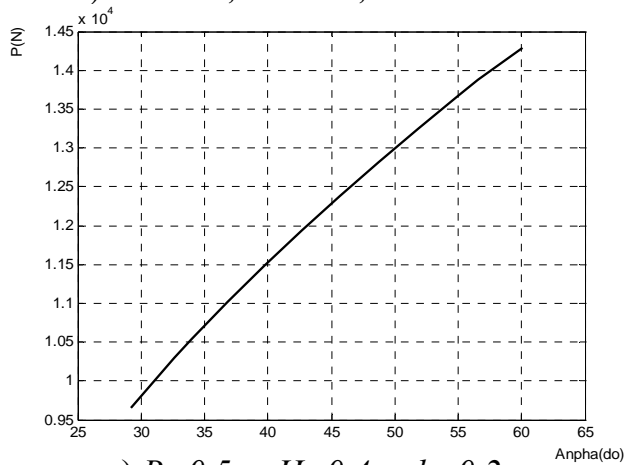
- Khi $\alpha < 32^\circ$, lực cản tổng cộng tăng nhanh. Khi $\alpha = 32^\circ \pm 43^\circ$, sự gia tăng của lực cản chậm lại. Khi $\alpha > 43^\circ$, tổng lực cản tăng nhanh.



a) $H=0.4m; h=0.2m; \alpha=38^\circ$



b) $B=0.5m; h=0.2m; \alpha=38^\circ$



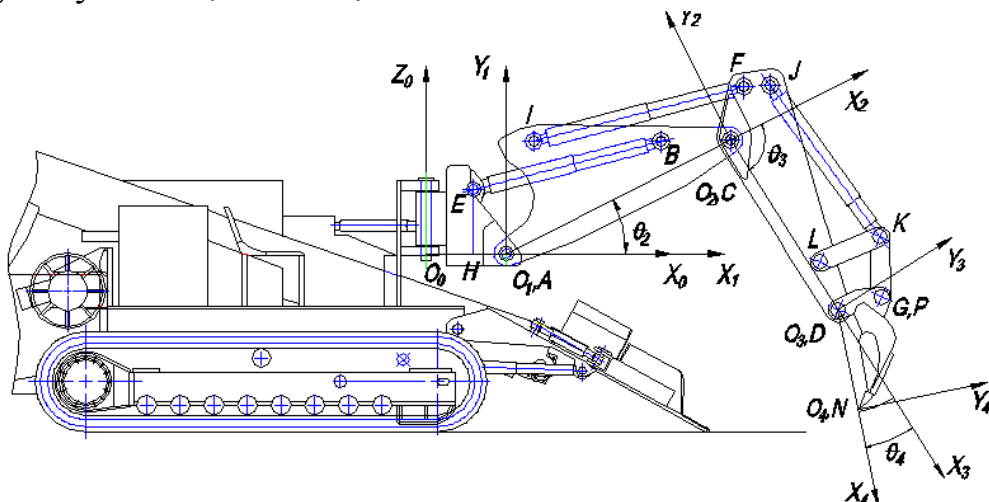
c) $B=0.5m; H=0.4m; h=0.2m$

Hình 2.9: Kết quả tính toán lực cản theo một số thông số hình học của gầu xúc máy bốc xúc.

- Theo chiều rộng gầu B ;
- Theo chiều cao gầu H ;
- Theo góc cắt α .

2.3. Xác định các thông số ĐLH của TBCT máy bốc xúc vật liệu sau khoan nổ

Mô hình khảo sát ĐLH của TBCT máy bốc xúc vật liệu sau khoan nổ bằng lý thuyết cơ hệ nhiều vật cho theo hình 2.10.



Hình 2.10: Mô hình khảo sát ĐLH của TBCT máy bốc xúc

Xét trong trường hợp máy bốc xúc cào gạt vật liệu trong mặt phẳng thẳng đứng. Khi đó, hệ có 4 khâu: khâu 1 gồm xe cơ sở và khớp lắc; khâu 2 là cần; khâu 3 là tay gầu; khâu 4 là gầu. Các khâu liên kết khớp với nhau tại O_0, O_1, O_2 và O_3 , các liên kết khớp này được đặc trưng bằng các góc quay $\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4$. Gắn vào cơ hệ một hệ toạ độ đề các cố định $O_0\{X_0Y_0\}$ và bốn hệ toạ độ động $O_1\{X_1Y_1\}$, $O_2\{X_2Y_2\}$, $O_3\{X_3Y_3\}$ và $O_4\{X_4Y_4\}$. Vị trí của mỗi vật được xác định bởi: các toạ độ x_i, y_i và θ_i .

2.3.1. Xác định góc quay các khâu của TBCT máy bốc xúc:

Áp dụng phép biến đổi Denavit-Hartenberg để xác định ma trận chuyển của hai khâu liền kề $[i$ và $(i+1)]$.

Áp dụng phép biến đổi véc tơ ${}^i\bar{p}$ trong hệ toạ độ thứ i và véc tơ ${}^{i+1}\bar{p}$ trong toạ độ vật thứ $(i+1)$, với $i=1, 2, 3, 4$ có quan hệ như sau: ${}^i\bar{p} = A_i^{i+1}({}^{i+1}\bar{p})$

Góc quay các khâu của TBCT máy bốc xúc được xác định như sau:

$$\theta_2 = -\beta - \arctan\left(\frac{L_{AH}}{L_{HE}}\right) + \arctan\left(\frac{h_1^2}{\sqrt{[4L_{AB}^2(L_{AH}^2 + L_{HE}^2) - h_1^4]}}\right) \quad (2.39)$$

$$\theta_3 = 3\pi - \gamma_3 - \gamma_4 - \arctan\left(\frac{\sqrt{4L_{FC}^2L_{CI}^2 - h_2^4}}{h_2^2}\right) \quad (2.41)$$

$$\theta_4 = \pi - \nu_2 - \nu_3 + \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3 \quad (2.46)$$

2.3.2. Xây dựng các phương trình vận tốc và gia tốc:

Từ các thông số về kết cấu và góc quay của các khâu, cho phép xây dựng được các phương trình chuyển dịch, vận tốc và gia tốc của các khâu.

2.3.4. Xây dựng phương trình chuyển động của TBCT máy bốc xúc:

Phương trình tổng quát biểu diễn chuyển động của TBCT máy bốc xúc có dạng như sau: $M(\theta)\ddot{\theta} + C(\theta, \dot{\theta})\dot{\theta} + \bar{G}(\theta) = \Gamma(\theta)\bar{F} - \bar{F}_d(F_t, F_n)$ (2.50)

trong đó: $\bar{\theta} = [\theta_2, \theta_3, \theta_4]^T$ -Véc tơ góc quay của khâu 2, 3, 4; $M(\theta)$ -Ma trận khối lượng của hệ; $C(\theta, \dot{\theta})$ -Các thành phần Coriolis và các lực hướng tâm; $\bar{G}(\theta)$ -Véc tơ trọng lực các khâu thuộc cơ hệ; $\Gamma(\theta)$ -Ma trận cánh tay đòn của các lực xi lanh dẫn động TBCT; $\bar{F} = [F_{BE}, F_{FI}, F_{JK}]^T$ -Véc tơ các lực xi lanh dẫn động các khâu của TBCT; F_d -Véc tơ lực cản TBCT, xác định bởi các thành phần lực cản pháp tuyến và tiếp tuyến.

$$\text{Xác định ma trận } M(\theta): M(\theta) = \begin{bmatrix} M_{22} & M_{23} & M_{24} \\ M_{32} & M_{33} & M_{34} \\ M_{42} & M_{43} & M_{44} \end{bmatrix} \quad (2.51)$$

trong đó:

$$\begin{aligned} M_{22} &= a_1 + 2d + 2n \cos(\theta_4 + \sigma_4) + 2k \cos(\theta_{34} + \sigma_4); & M_{23} &= M_{32} = a_2 + d + 2n \cos(\theta_4 + \sigma_4) + \\ &+ k \cos(\theta_{34} + \sigma_4); & M_{24} &= M_{42} = c + n \cos(\theta_4 + \sigma_4) + k \cos(\theta_{34} + \sigma_4); & M_{33} &= a_2 + 2n \cos(\theta_4 + \sigma_4); \\ M_{34} &= M_{43} = c + n \cos(\theta_4 + \sigma_4); & M_{44} &= c; & a_1 &= a + b + c; & a_2 &= b + c; & a &= m_2 L_{O_1 G_2}^2 + I_{O_2} + (m_3 + m_4) l_2^2; \end{aligned}$$

$$b = m_2 L_{O_2 G_3}^2 + I_{O_3} + m_4 l_3^2; \quad c = m_4 L_{O_3 G_4} + I_{O_4}; \quad d = m_3 l_2 L_{O_2 G_3} \cos(\theta_3 + \sigma_5) + m_4 l_2 l_3 \cos \theta_3;$$

$$\text{Xác định ma trận Coriolis } c(\theta, \dot{\theta}): \quad c(\theta, \dot{\theta}) = \begin{bmatrix} C_{22} & C_{23} & C_{24} \\ C_{32} & C_{33} & C_{34} \\ C_{42} & C_{43} & C_{44} \end{bmatrix} \quad (2.52)$$

trong đó:

$$\begin{aligned} C_{22} &= -2[d' + k \sin(\theta_{34} + \sigma_4)]\dot{\theta}_3 - 2[k \sin(\theta_{34} + \sigma_4) + n \sin(\theta_4 + \sigma_4)]\dot{\theta}_4; \quad C_{23} = -[d' + k \sin(\theta_{34} + \sigma_4)]\dot{\theta}_3 \\ &- 2[k \sin(\theta_{34} + \sigma_4) + n \sin(\theta_4 + \sigma_4)]\dot{\theta}_4; \quad C_{24} = -[k \sin(\theta_{34} + \sigma_4) + n \sin(\theta_4 + \sigma_4)]\dot{\theta}_4; \quad C_{44} = 0 \\ C_{32} &= [d' + k \sin(\theta_{34} + \sigma_4)]\dot{\theta}_2 - [n \sin(\theta_4 + \sigma_4)]\dot{\theta}_4; \quad C_{33} = -[n \sin(\theta_4 + \sigma_4)]\dot{\theta}_4; \\ C_{34} &= -[n \sin(\theta_4 + \sigma_4)][\dot{\theta}_2 + \dot{\theta}_3 + \dot{\theta}_4]; \quad C_{42} = [k \sin(\theta_{34} + \sigma_4) + n \sin(\theta_4 + \sigma_4)]\dot{\theta}_2 - [n \sin(\theta_4 + \sigma_4)]\dot{\theta}_3; \\ C_{43} &= [n \sin(\theta_4 + \sigma_4)][\dot{\theta}_2 + \dot{\theta}_3]; \quad d' = m_3 l_2 L_{O_2 G_3} \sin(\theta_3 + \sigma_5) + m_4 l_2 l_3 \sin \theta_3; \quad k = m_4 l_2 L_{O_3 G_4}; \quad n = m_4 l_3 L_{O_3 G_4} \end{aligned}$$

$$\text{Véc tơ trọng lực } G(\theta) \text{ là:} \quad G(\theta) = \begin{bmatrix} G_2 \\ G_3 \\ G_4 \end{bmatrix} \quad (2.53)$$

trong đó:

$$\begin{aligned} G_2 &= -m_4 g [l_2 c_2 + l_3 c_{23} + L_{O_3 G_4} \cos(\theta_{234} + \sigma_4)] - m_3 g [l_2 c_2 + L_{O_2 G_3} \cos(\theta_{23} + \sigma_5)] - m_2 g L_{O_1 G_2} \cos(\theta_2 + \sigma_9); \\ G_3 &= -m_4 g [l_3 c_{23} + L_{O_3 G_4} \cos(\theta_{234} + \sigma_5)] - m_3 g L_{O_2 G_3} \cos(\theta_{23} + \sigma_5); \quad G_4 = -m_4 g L_{O_3 G_4} \cos(\theta_{234} + \sigma_4) \end{aligned}$$

Với: $\theta_{ij} = \theta_i + \theta_j$; $\theta_{ijk} = \theta_i + \theta_j + \theta_k$

$$\text{Ma trận } \Gamma(\theta) \text{ được xác định là:} \quad \Gamma(\theta) = \begin{bmatrix} \Gamma_{22} & \Gamma_{23} & \Gamma_{24} \\ 0 & \Gamma_{33} & \Gamma_{34} \\ 0 & 0 & \Gamma_{44} \end{bmatrix} \quad (2.54)$$

trong đó:

$$\begin{aligned} \Gamma_{22} &= L_{O_2 B} \sin(\rho - \theta_2 - \sigma_{11}); \quad \Gamma_{23} = L_{O_2 B} \sin(\theta_3 + \sigma_{10} + \gamma_2) - l_2 \sin(\theta_3 + \gamma_2); \\ \Gamma_{24} &= L_{O_1 O_2} \sin(\theta_3 + \gamma_1) - L_{O_1 O_2} \sin(\varepsilon_4 + \theta_3) \left[\frac{\sin \gamma_1 - \cos \gamma_1 \tan \varepsilon_4}{\sin(\theta_{23} - \varepsilon_5) - \cos(\theta_{23} - \varepsilon_5) \tan \varepsilon_4} \right] \\ &- L_{O_1 O_3} \sin(\gamma_2 - \varepsilon_5) \left[\frac{\sin \gamma_1 + \cos \gamma_1 \tan(\theta_{23} - \varepsilon_5)}{\sin \varepsilon_4 + \cos \varepsilon_4 \tan(\theta_{23} - \varepsilon_5)} \right]; \\ \Gamma_{33} &= L_{O_2 F} \sin(\sigma_8 - \gamma_2) - L_{CJ} \sin(\gamma_2 - \sigma_7) - L_{O_2 O_3} \sin(\theta_{32} - \varepsilon_5) \left[\frac{\sin \gamma_1 + \cos \gamma_1 \tan(\theta_{23} - \varepsilon_5)}{\sin \varepsilon_4 + \cos \varepsilon_4 \tan(\theta_{23} - \varepsilon_5)} \right] \\ \Gamma_{34} &= L_{O_2 J} \sin(\sigma_7 - \gamma_1) - l_3 \sin(\varepsilon_5 - \theta_{23}) \left[\frac{-\sin \gamma_1 + \cos \gamma_1 \tan \varepsilon_4}{\sin(\theta_{23} - \varepsilon_5) - \cos(\theta_{23} - \varepsilon_5) \tan \varepsilon_4} \right] \\ &- L_{O_2 L} \sin(\varepsilon_4 - \sigma_6) \left[\frac{\sin \gamma_1 + \cos \gamma_1 \tan(\theta_{23} - \varepsilon_5)}{\sin \varepsilon_4 + \cos \varepsilon_4 \tan(\theta_{23} - \varepsilon_5)} \right]; \\ \Gamma_{44} &= L_{O_3 P} \sin(\varepsilon_5 - \sigma_{12} - \theta_{234}) \left[\frac{-\sin \gamma_1 + \cos \gamma_1 \tan \varepsilon_4}{\sin(\theta_{23} - \varepsilon_5) - \cos(\theta_{23} - \varepsilon_5) \tan \varepsilon_4} \right]. \end{aligned}$$

$$\text{Lực cản } F_d(F_t, F_n) = \begin{bmatrix} a_2 [F_t \sin(\theta_2 - \theta_{dg}) - F_n \cos(\theta_2 - \theta_{dg})] \\ a_3 [F_t \sin(\theta_2 - \theta_{dg}) - F_n \cos(\theta_2 - \theta_{dg})] \\ a_4 [-F_t \sin \theta_b + F_n \cos \theta_b] \end{bmatrix} \quad (2.55)$$

trong đó: F_t là lực cản tiếp tuyến; F_n là lực cản pháp tuyến.

2.3.5. Một số kết quả tính toán ĐLH của TBCT máy bóc xúc:

Các số liệu ban đầu: $m_2=125\text{kg}$; $m_3=85\text{kg}$; $m_4=60\text{kg}$; $l_2=1.0\text{m}$; $l_3=0.8\text{m}$; $l_4=0.45\text{m}$; $g=9.8$; $O_2=50.207\text{kg.m}^2$; $O_3=5.973\text{kg.m}^2$; $IO_4=1.72\text{kg.m}^2$; $lG_2=0.4017\text{m}$; $lG_3=0.3106\text{m}$; $lG_4=0.163\text{m}$; $l_{AB}=0.7467\text{m}$; $l_{AH}=0.19\text{m}$; $l_{AI}=0.391\text{m}$; $l_{HE}=0.37\text{m}$; $l_{CL}=0.601\text{m}$; $\alpha=0.738\text{rad}$; $v_1=3.076\text{ rad}$; $v_2=0.193\text{rad}$; $v_3=1.67\text{rad}$; $v_4=0.896\text{rad}$; $v_5=0.474\text{rad}$; $\beta=0.157\text{rad}$; $\sigma_1=0.14\text{rad}$; $\sigma_2=0.157\text{rad}$; $\sigma_3=0.36\text{rad}$;

Điều kiện ban đầu: $\theta_2(0)=\frac{\pi}{10}$; $\dot{\theta}_2(0)=0$; $\theta_3(0)=\frac{\pi}{2}$; $\dot{\theta}_3(0)=0$; $\theta_4(0)=\frac{\pi}{6}$; $\dot{\theta}_4(0)=0$

Từ công thức tính toán ĐLH, xây dựng thuật toán và chương trình tính toán bằng phần mềm Matlab 7.04. Kết quả tính toán đã xác định được giá trị của chuyển vị, vận tốc, gia tốc, lực và mô men của cần, tay gầu, gầu.

Kết luận chương 2

Từ kết quả nghiên cứu ở chương 1, đã xây dựng được mô hình khảo sát, tính toán các thành phần lực cần TBCT máy bóc xúc khi cào gạt vật liệu vào băng tải và đã phân tích ảnh hưởng của các thông số hình học của gầu xúc tới lực cần. Kết quả nhận được làm cơ sở khoa học để thiết lập bài toán tối ưu các thông số hình học của gầu máy bóc xúc vật liệu sau khoan nổ theo chỉ tiêu chi phí năng lượng riêng nhỏ nhất.

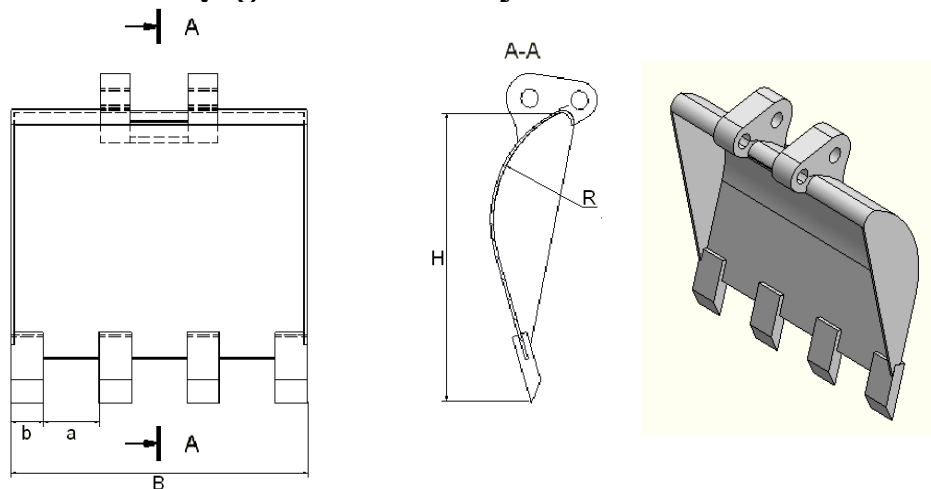
Áp dụng lý thuyết cơ học hệ nhiều vật để xây dựng mô hình khảo sát và tính toán các thông số ĐLH của TBCT máy bóc xúc. Kết quả tính toán này đã góp phần tính toán, thiết kế cần, tay gầu và gầu của máy bóc xúc.

Chương 3

XÁC ĐỊNH CÁC THÔNG SỐ HÌNH HỌC TỐI ƯU CỦA GẦU XÚC MÁY BỐC XÚC VẬT LIỆU SAU KHOAN NỔ

3.1. Xây dựng bài toán tối ưu gầu xúc máy bóc xúc

3.1.1. Phân tích hình dạng của TBCT máy bóc xúc:



Hình 3.4: Cấu tạo gầu máy bóc xúc

3.1.2. *Thiết lập bài toán tối ưu gầu máy bốc xúc vật liệu sau khoan nổ:*

Gầu là chi tiết tương tác trực tiếp với môi trường vật liệu, các thông số hình học của gầu có ảnh hưởng trực tiếp đến các thành phần lực cản TBCT của máy bốc xúc, còn cần và tay gầu chỉ ảnh hưởng đến quỹ đạo và năng suất bốc xúc, không ảnh hưởng nhiều đến các thành phần lực cản. Do đó, một số chỉ tiêu chính khi thiết kế TBCT máy bốc xúc dạng cần-tay gầu-gầu là: *Quỹ đạo chuyển động của TBCT phải hợp lý nhất; Chi phí năng lượng phải nhỏ nhất; Năng suất bốc xúc phải lớn nhất.*

Quỹ đạo chuyển động hợp lý được đánh giá thông qua sự chuyển dịch được qui dẫn về mút răng gầu xúc, làm cho gầu phải chuyển dịch dễ dàng, sự dịch chuyển của cần và tay gầu không va đập vào vật xung quanh (vòm mái và thành hầm), tầm với của TBCT phải đảm bảo cho gầu cào gạt vật liệu vào băng tải tốt nhất. Vấn đề này đã được giải quyết bằng việc khảo sát ĐLH như đã nêu ở mục 2.3. Do đó, nội dung Luận án này chỉ tập trung theo hai chỉ tiêu: chi phí năng lượng và năng suất trong quá trình bốc xúc.

Do các đường hầm quân sự ở những nơi ít có khả năng sử dụng nguồn điện lưới, nguồn điện cung cấp cho các trang thiết bị chủ yếu từ các máy phát điện. Để giảm công suất của máy phát điện, đòi hỏi công suất tiêu thụ của từng trang thiết bị không được lớn. Mặt khác, khối lượng vật liệu cần bốc xúc trong 1 chu kỳ khoan nổ không lớn (khoảng từ $20 \div 30m^3$), nên thời gian bốc xúc sẽ không lớn. Vì vậy, khi tính toán thiết kế máy bốc xúc, cần ưu tiên lựa chọn theo chỉ tiêu chi phí năng lượng riêng nhỏ nhất, mà không chọn chỉ tiêu năng suất bốc xúc lớn nhất. Đây là sự khác biệt về việc lựa chọn chỉ tiêu của máy bốc xúc sử dụng thi công trong đường hầm so với các máy bốc xúc thông thường (các máy bốc xúc này thường ưu tiên lựa chọn chỉ tiêu năng suất bốc xúc lớn nhất).

Chỉ tiêu về chi phí năng lượng riêng E phụ thuộc vào công cản và thể tích bốc xúc trong 1 chu kỳ. Nghĩa là, phụ thuộc vào các thông số ĐLH của TBCT, vào đặc điểm của môi trường, vào các thông số hình học của của gầu xúc. Khi cho trước máy bốc xúc và môi trường tương tác, thì E phụ thuộc chủ yếu vào các thông số hình học của gầu. Bài toán tối ưu theo E nhỏ nhất là: *Xác định các thông số hình học tối ưu của gầu xúc đảm bảo chi phí năng lượng riêng cho quá trình làm việc là nhỏ khi cho trước đặc tính môi trường vật liệu sau khoan nổ và công suất dẫn động máy bốc xúc.*

Trong thực tế, ứng với E nhỏ nhất không cho năng suất bốc xúc lớn nhất, bởi vì: năng suất không chỉ phụ thuộc vào các thông số hình học tối của gầu, mà còn phụ thuộc vào vận tốc, quãng đường cào gạt, lực dẫn động, khả năng vận hành của người điều khiển, đặc điểm của môi trường vật liệu, ... Đây là bài toán tối ưu đa mục tiêu và giải rất phức tạp. Trong

phạm vi của luận án, chỉ tiêu năng suất bốc xúc chỉ được xác định theo E nhỏ nhất và quãng đường cào gạt hợp lý. Bài toán theo chỉ tiêu năng suất là: *Xác định quãng đường cào gạt tối ưu khi sử dụng gầu xúc có các thông số hình học tối ưu theo chỉ tiêu E nhỏ nhất, đảm bảo thời gian làm việc của TBCT trong 1 chu kỳ là nhỏ nhất, với điều kiện không xét ảnh hưởng của người vận hành và sự thay đổi của môi trường tương tác.*

3.2. Xác định các thông số hình học tối ưu của gầu máy bốc xúc vật liệu sau khoan nổ theo mục tiêu chi phí năng lượng riêng

3.2.1. Xây dựng hàm mục tiêu và mô hình toán học bài toán tối ưu các thông số hình học của gầu máy bốc xúc vật liệu:

Chi phí năng lượng riêng E phụ thuộc vào nhiều yếu tố như đã trình bày ở trên, nên hàm mục tiêu khi giải bài toán tối ưu các thông số hình học của gầu theo chỉ tiêu E là:

Cho hàm E viết dưới dạng $E=f(x_i)$ với $x_i \in R^n$ biểu diễn các thông số hình học của gầu. Hãy tìm giá trị x_i sao cho hàm $E=f(x_i) \rightarrow \min$ với $x_i \in R^n$ và thỏa mãn các điều kiện ràng buộc: $B_{\min} < B < B_{\max}$; $H_{\min} < H < H_{\max}$; $\alpha_{\min} < \alpha < \alpha_{\max}$ và $N_c \leq N_{đ/c}$

$$\text{Mô hình toán học của chỉ tiêu } E \text{ là: } E = \frac{A}{V_{ck}} \quad (KJ/m^3) \quad (3.3)$$

trong đó: A là tổng công cản khi TBCT làm việc (KJ); V_{ck} là thể vật liệu được gạt vào băng tải trong một chu kỳ (m^3).

Xác định các thành phần của tổng công cản A :

$$\text{Tổng công cản được xác định là: } A = A_1 + A_2 + A_3 \quad (KJ) \quad (3.4)$$

trong đó: A_1 là công chi phí cho quá trình ấn gầu vào khối vật liệu và tích vật liệu vào trong gầu (KJ); A_2 là công chi phí cho quá trình cào gạt vật liệu vào băng tải (KJ); A_3 là công chi phí đưa TBCT về vị trí ban đầu (KJ).

a. Công A_1 :

$$\text{Xác định công cản } A_1: \quad A_1 = A_{11} + A_{12} + A_{13} \quad (KJ) \quad (3.6)$$

trong đó: A_{11} là công chi phí cho quá trình ấn và dịch chuyển các hạt vật liệu (KJ); A_{12} là công chi phí cho quá trình tích vật liệu vào gầu (KJ); A_{13} là công ma sát giữa răng gầu và vật liệu khi quay gầu (KJ).

$$A_{11} = \frac{P_{45} R_1 \int_0^{2\varphi} d\varphi_1}{1000} = \frac{2\varphi P_{45} R_1}{1000} \quad (KJ) \quad (3.12)$$

$$A_{12} = \frac{4}{3} R_1 \sin \varphi \cdot h_{\max} \cdot B \cdot \gamma_{vl} \frac{H - h_{\max}}{2} \frac{1}{1000} = \frac{1}{1500} (H - h_{\max}) R_1 \sin \varphi \cdot h_{\max} \cdot B \cdot \gamma_{vl} \quad (KJ) \quad (3.17)$$

$$A_{13} = (G_g + G_{vl}) \cdot \frac{\pi \cdot R_1 \cdot \varphi}{90 \cdot 1000} f_{gd} \quad (KJ) \quad (3.21)$$

$$\text{Với: } P_{45} = \sqrt{P_4^2 + P_5^2} \quad (N) \quad (3.8) \quad \text{và} \quad R_1 = \sqrt{\frac{2q}{B(2\varphi - \sin 2\varphi)}} \quad (m) \quad (3.11)$$

b. Công A_2 :

Công cào gạt vật liệu vào băng tải A_2 được xác định khi gầu phối hợp với tay gầu quay quanh khớp giữa tay gầu và cần, được xác định là:

$$A_2 = \frac{B(R_2 - R_1)(R_1 + R_2)^2 \pi^2 \psi_2^2 \gamma_{vl} \cdot f_{dd} \cdot K_4}{360 \times 360 \times 1000} \quad (KJ) \quad (3.25)$$

trong đó: f_{dd} là ma sát giữa vật liệu với vật liệu; theo [6], $f_{dd}=0.9$; K_4 là hệ số độ rỗng.

c. Công A_3 :

$$\text{Công } A_3 \text{ được xác định như sau: } A_3 = A_{31} + A_{32} \quad (KJ) \quad (3.26)$$

trong đó: A_{31} là công dịch chuyển cần cùng tay gầu (KJ); A_{32} là công quay gầu về vị trí ban đầu (KJ).

$$A_{31} = \frac{G_c r_c [\sin(\alpha_2 + \Delta_c) + \sin(\alpha_1 - \Delta_c)]}{1000} \quad (KJ) \quad (3.27)$$

$$A_{32} = \frac{G_g r_g [\sin(\alpha_2 + \Delta_g) + \sin(\alpha_1 - \Delta_g)]}{1000} \quad (KJ) \quad (3.28)$$

$$\text{Công } A_3 \text{ có thể được tính gần đúng là: } A_3 = (0,05 \div 0,07)A. \quad (3.29)$$

Xác định thể tích vật liệu V_{ck} cào gạt trong 1 chu kỳ:

Thể tích vật liệu V được cào gạt vào băng tải trong 1 chu kỳ gồm: thể tích vật liệu được tích trong gầu V_{vl1} và thể tích vật liệu phía trước gầu được cào gạt vào băng tải, cụ thể:

$$V_{ck} = V_{vl1} + V_{vl2} \quad (m^3) \quad (3.5)$$

$$V_{ck} = \frac{4}{3} R_1 \sin \varphi \cdot h_{max} \cdot B + B(R_2 - R_1) \left(\frac{R_1 + R_2}{2} \right) \cdot \frac{\pi}{360} 2\psi_2 \cdot K_4 \quad (m^3) \quad (3.30)$$

3.2.2. Giải bài toán xác định các thông số hình học tối ưu của gầu theo hàm chi phí năng lượng riêng E :

3.2.2.1. Xây dựng thuật toán và giải bài toán:

Sử dụng phương pháp tiến hoá vi phân (DE) để giải bài toán tối ưu theo sơ đồ thuật cho như hình 3.6. Nội dung các bước giải như sau:

a. Nhập số liệu ban đầu:

- Nhóm thông số của môi trường: trọng lượng riêng γ_{vl} ; độ kết dính c_{ω} ; góc ma sát trong ρ ; hệ số tơi xộp K_2 ; các hệ số ma sát f, \dots

- Nhóm thông số kết cấu: trọng lượng và chiều dài của cần, tay gầu và gầu; giá trị lớn nhất và nhỏ nhất của B, H và α ; góc quay tay gầu ψ_2, \dots

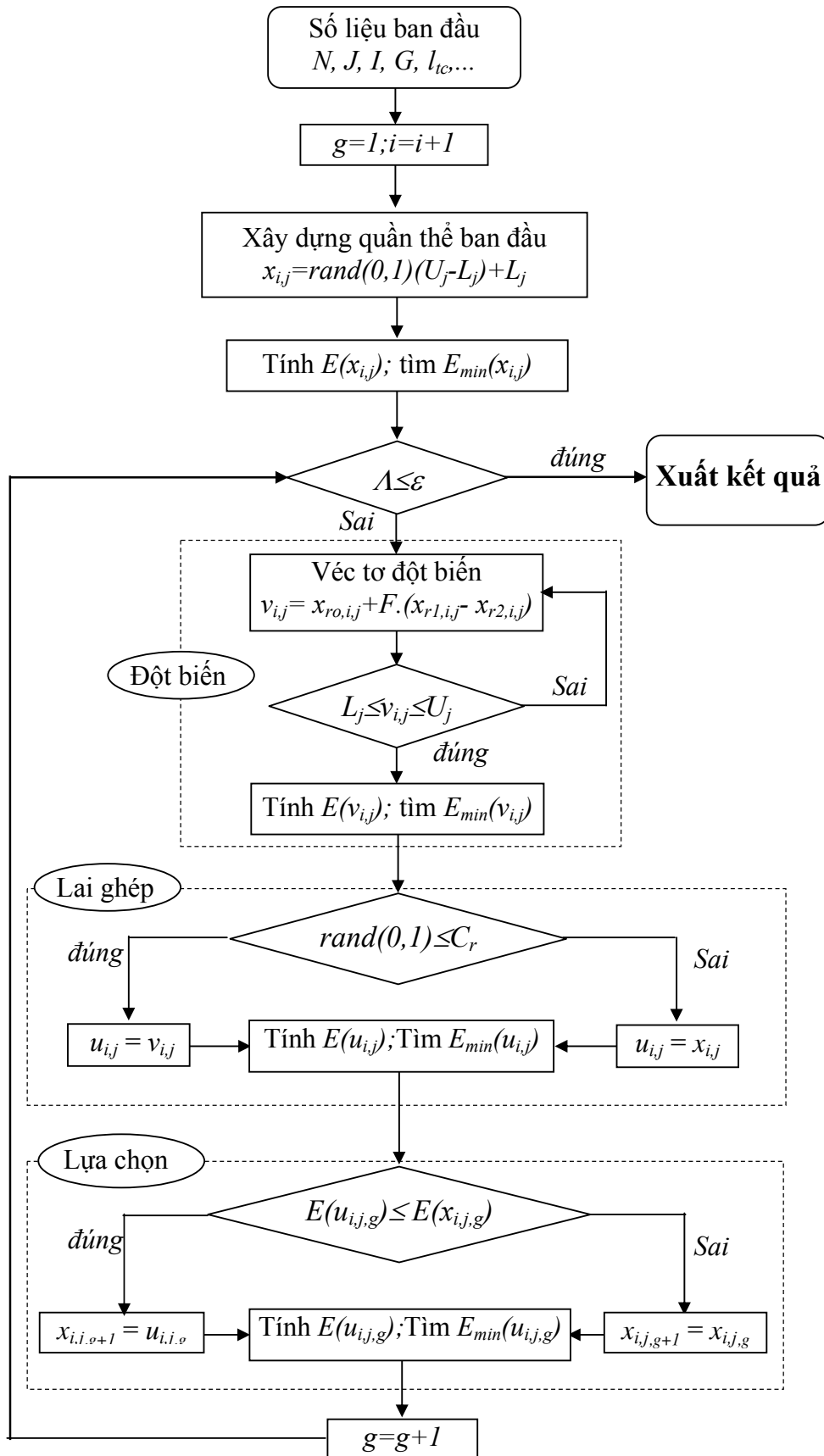
b. Tăng các bước tính toán: $i=i+1$; $j=j+1$ cho đến khi $i=I, j=J$.

c. Xây dựng cấu trúc quần thể ban đầu:

Quần thể ban đầu được viết tổng quát như sau:

$$x_{i,j} = rand(0,1)(U_j - L_j) + L_j \quad (3.31)$$

trong đó: i là số cá thể trong một thể hệ, $i=1, 2, \dots, n$; j là số biến độc lập, $j=1, 2, 3$; U_j, L_j là giá trị biên lớn nhất và nhỏ nhất của biến j , cụ thể: $U_1=B_{max}$; $L_1=B_{min}$; $U_2=H_{max}$; $L_2=H_{min}$; $U_3=\alpha_{max}$; $L_3=\alpha_{min}$;



Hình 3.6: Thuật toán giải bài toán tối ưu theo phương pháp tiến hoá vi phân

$$\text{Véc tơ quần thể ban đầu là: } x_{i,1} = \begin{bmatrix} B_{11} \\ B_{21} \\ \cdot \\ \cdot \\ B_{n1} \end{bmatrix}; \quad x_{i,2} = \begin{bmatrix} H_{12} \\ H_{22} \\ \cdot \\ \cdot \\ H_{n2} \end{bmatrix}; \quad x_{i,3} = \begin{bmatrix} \alpha_{13} \\ \alpha_{23} \\ \cdot \\ \cdot \\ \alpha_{n3} \end{bmatrix} \quad (3.32)$$

Tính giá trị hàm mục tiêu $E=f(x_{i,j})$ (công thức 3.3) theo các véc tơ quần thể ban đầu $x_{i,j}$ (công thức 3.32). Tìm giá trị nhỏ nhất (*min*) của thể hệ như nhất $E=E_{min}(x_{i,j,1})$. Kiểm tra điều kiện dừng như sau:

$$\Delta = \left| E_{min}(x_{i,j,1}) - \frac{\sum_{i=1}^n E(x_{i,j,1})}{n} \right| \leq \varepsilon \quad (3.33)$$

Nếu thỏa mãn điều kiện dừng thì ghi lại giá trị $E=E_{min}(x_{i,j,1})$. Ngược lại thì tiếp tục tính toán véc tơ đột biến theo các bước dưới đây.

d. *Đột biến:*

Xác định véc tơ đột biến tổng quát: $v_{i,j} = x_{ro,i,j} + F \cdot (x_{r1,i,j} - x_{r2,i,j})$ (3.34) trong đó: $x_{ro,i,j}$; $x_{r1,i,j}$; $x_{r2,i,j}$ là 3 điểm chọn ngẫu nhiên như sau: $x_{ro,i,j} = rand(0,1) \cdot i$; $x_{r1,i,j} = rand(0,1) \cdot i$; $x_{r2,i,j} = rand(0,1) \cdot i$ với: điều kiện của các chỉ số: $ro \neq r1 \neq r2$; F là hằng số đột biến, $F=0.4 \div 0.6$.

$$\text{Véc tơ đột biến là: } v_{i,1} = \begin{bmatrix} B_{11} \\ B_{21} \\ \cdot \\ \cdot \\ B_{n1} \end{bmatrix}; \quad v_{i,2} = \begin{bmatrix} H_{12} \\ H_{22} \\ \cdot \\ \cdot \\ H_{n2} \end{bmatrix}; \quad v_{i,3} = \begin{bmatrix} \alpha_{13} \\ \alpha_{23} \\ \cdot \\ \cdot \\ \alpha_{n3} \end{bmatrix} \quad (3.35)$$

Kiểm tra điều kiện biên của các véc tơ đột biến như sau:

- Khi $L_j \leq v_{i,j} \leq U_j$ tính giá trị hàm $E=f(v_{i,j})$ theo các véc tơ đột biến $v_{i,j}$ xác định từ công thức (3.35), tìm giá trị nhỏ nhất (*min*) của thể hệ như nhất theo kết quả của hàm mục tiêu $E=E_{min}(v_{i,j,1})$ và tiếp tục công việc lai ghép.

- Nếu không thỏa mãn điều kiện biên, nghĩa là: $v_{i,j} < L_j$ hoặc $v_{i,j} > U_j$ thì phải tính lại các véc tơ đột biến $v_{i,j}$.

e. *Lai ghép:*

Xác định xác suất lai ghép như sau: $C_r=0,05 \cdot D$ (3.36)

với: D là số biến tính ($D=3$).

Điều kiện lai ghép là:

- Khi $rand(0,1) \leq C_r$: thì véc tơ lai ghép $u_{i,j}$ được lấy theo giá trị của các véc tơ đột biến và được viết tổng quát là: $u_{i,j} = v_{i,j}$ (3.37)

- Khi $rand(0,1) > C_r$: thì véc tơ lai ghép $u_{i,j}$ được lấy theo giá trị của các véc tơ quần thể ban đầu, cụ thể: $u_{i,j} = x_{i,j}$ (3.38)

$$\text{Véc tơ lai ghép là: } u_{i,1} = \begin{bmatrix} B_{11} \\ B_{21} \\ \cdot \\ \cdot \\ B_{n1} \end{bmatrix}; \quad u_{i,2} = \begin{bmatrix} H_{12} \\ H_{22} \\ \cdot \\ \cdot \\ H_{n2} \end{bmatrix}; \quad u_{i,3} = \begin{bmatrix} \alpha_{13} \\ \alpha_{23} \\ \cdot \\ \cdot \\ \alpha_{n3} \end{bmatrix} \quad (3.39)$$

Tính hàm $E=f(u_{i,j})$ theo các véc tơ lai ghép $u_{i,j}$ được xác định ở công thức (3.39). Xác định giá trị $E=E_{min}(u_{i,j,1})$. Tiếp tục bước lựa chọn.

f. Lựa chọn:

Từ hai véc tơ đã tính ở trên, điều kiện lựa chọn một trong các véc tơ này để xác định tập quần thể mới (thế hệ tiếp theo) cho hàm mục tiêu là:

- Khi $E(u_{i,j,g}) \leq E(x_{i,j,g})$: thì chọn véc tơ quần thể ban đầu của thế hệ tiếp theo lấy bằng giá trị phân tử véc tơ lai ghép: $x_{i,j,g+1} = u_{i,j,g}$ (3.40)

Hay: $x_{i,1,g+1} = u_{i,1,g}; x_{i,2,g+1} = u_{i,2,g}; x_{i,3,g+1} = u_{i,3,g}; \dots$

- Khi $E(u_{i,j,g}) > E(x_{i,j,g})$: thì chọn phân tử của quần thể ban đầu của thế hệ tiếp theo véc tơ quần thể ban đầu của thế hệ trước: $x_{i,j,g+1} = x_{i,j,g}$ (3.41)

Hay: $x_{i,1,g+1} = x_{i,1,g}; x_{i,2,g+1} = x_{i,2,g}; x_{i,3,g+1} = x_{i,3,g}; \dots$

Tính hàm mục tiêu theo các véc tơ mới ở công thức (3.40) hoặc (3.41), cụ thể: $E=f(u_{i,j})$ hoặc $E=f(x_{i,j})$, tìm giá trị nhỏ nhất của hàm mục tiêu theo tập véc tơ mới.

Kiểm tra điều kiện dừng theo công thức (3.33). Nếu thỏa mãn thì xuất kết quả, ngược lại thì bước tính sẽ được lặp lại, vòng lặp tính toán chỉ được dừng khi thỏa mãn điều kiện dừng hoặc khi vượt quá số lần tính toán.

Để khẳng định sự đúng đắn của thuật toán (hình 3.6) và các bước tính toán đã trình bày ở trên, chương trình tính toán đã giải 3 hàm chuẩn sau:

- *Hàm Generalized Rosenbrock:*

$$\text{Tìm cực tiểu hàm số: } f(x) = \sum_{j=0}^{D-2} (100(x_{j+1} - x_j^2)^2 + (x_j - 1)^2)$$

Với điều kiện: $-30 \leq x_j \leq 30, j = 0, 1, 2, \dots, D-1$; Chọn $D=6; \varepsilon=10^{-6}$

- *Hàm Ackley:*

$$\text{Tìm cực tiểu hàm số: } f(x) = -20 \exp(-0.2 \sqrt{\frac{1}{D} \sum_{j=0}^{D-1} x_j^2}) - \exp(\frac{1}{D} \sum_{j=0}^{D-1} \cos(2\pi x_j)) + 20 + e$$

Với điều kiện: $-30 \leq x_j \leq 30, j = 0, 1, 2, \dots, D-1$; Chọn $D=6; \varepsilon=10^{-6}$

- *Hàm Zbigniew Michalewicz:*

$$\text{Tìm giá trị cực đại hàm số: } f(x) = 21.5 + x_1 \sin(4\pi x_1) + x_2 \sin(20\pi x_2)$$

Với điều kiện: $-3 \leq x_1 \leq 12.1; 4.1 \leq x_2 \leq 5.8$; Chọn $\varepsilon=10^{-6}$

Đã thực hiện tính toán 3 hàm trên, nhận xét kết quả như sau: Sai số giữa kết quả tính toán các hàm chuẩn với kết quả đã được thừa nhận là rất nhỏ, nhưng số lần tính lại ít hơn. Như vậy, thuật toán và chương trình tính

toán tự lập theo phương pháp *DE* để giải các hàm chuẩn là đúng đắn và chặt chẽ, có thể áp dụng cho giải bài toán tối ưu các thông số hình học của gầu theo chỉ tiêu *E* nhỏ nhất.

3.2.2.2. Trình tự và kết quả giải bài toán tối ưu các thông số hình học của gầu theo hàm chi phí năng lượng riêng *E*:

a. Số liệu ban đầu cho như sau: $B_{max}=0.6m$, $B_{min}=0.4m$, $H_{max}=0.5m$, $H_{min}=0.3m$, $\alpha_{min}=0.52rad$; $\alpha_{max}=0.79rad$; $\rho=30^0$, $\beta=90^0$; $\varphi=29^0$ $f_{gd}=0.84$; $f_{dd}=0.9$; $K_1=1.3$; $K_2=400$; $K_3=220$; $K_4=0.8$, $I=20$, $J=10$, $\varepsilon=10^{-3}$...

b. Trình tự giải bài toán:

Từ hàm mục tiêu và công thức tính toán, trình tự giải bài toán tối ưu các thông số hình học của gầu xúc máy bốc xúc theo phương pháp *DE* như sau:

* Xác định các điều kiện biên, điều kiện ràng buộc. Xây dựng thuật toán tính toán trên cơ sở thuật toán cho theo sơ đồ hình 3.6.

* Thực hiện các bước tính toán theo véc tơ quần thể ban đầu như sau: Xác định véc tơ quần thể ban đầu (theo công thức 3.32); Tính toán các thành phần lực cản theo các véc tơ quần thể ban đầu; Tính các công cản theo các véc tơ quần thể ban đầu; Xác định thể tích vật liệu cào gạt trong 1 chu kỳ theo véc tơ quần thể ban đầu; Tính các giá trị của hàm $E(i,j)=f(x_{i,j})$, xác định $E(i,j)_{min}$; Kiểm tra điều kiện dừng.

* Thực hiện các bước tính toán theo véc tơ đột biến như sau: Xác định véc tơ đột biến (theo công thức 3.35); Kiểm tra điều kiện biên của các véc tơ đột biến; Tính các giá trị của hàm $E(i,j)=f(v_{i,j})$, xác định $E(i,j)_{min}$.

* Thực hiện các bước lai ghép và lựa chọn: Lai ghép và lựa chọn phải căn cứ vào điều kiện lai ghép và lựa chọn, các bước tính thực hiện theo công thức từ (3.36) đến (3.41); Tính và giá trị hàm mục tiêu, tìm giá trị nhỏ nhất của hàm mục tiêu.

* Lập chương trình tính toán dựa theo các bước tính toán đã nêu trên bằng phần mềm Matlab 7.04 trên cơ sở chương trình tính toán các hàm chuẩn ở bảng 3.1; Chạy chương trình tính toán; Xuất kết quả ra dạng bảng.

* Xuất kết quả tính toán: theo dạng bảng hoặc đồ thị.

c. Phân tích kết quả tính toán:

Theo kết quả tính toán (bảng 3.2), hàm mục tiêu *E* rất hội tụ, điều này khẳng định chương trình tính toán là phù hợp, đáp ứng được mô hình toán học đặt ra, cụ thể: ứng với giá trị $E_{min} \approx 244 (KJ/m^3)$, bộ giá trị các thông số hình học là: $B_{t.u} = 0.5m$; $H_{t.u} = 0.4m$; $\alpha_{t.u} \approx 37^\circ$; $R_{l.u} = 0.4m$; $A \approx 9.8 (KJ)$; $V \approx 0.04 (m^3)$. Từ kết quả này, rút ra một số nhận xét như sau:

- Chiều rộng *B* lớn hơn chiều cao *H*, tỷ lệ giữa $B/H = 1.25$ là phù hợp với gầu xúc có răng dùng để bốc xúc ($k = B/H = 1.1 \div 1.3$).

- Góc cắt $\alpha \approx 37^\circ$ là nằm trong vùng giá trị tốt nhất mà các nhà khoa học đã khuyến cáo đối với răng cắt ($\alpha \approx 35^\circ \div 40^\circ$).

Do đó, chọn $B=0.5m$; $H=0.4m$; $\alpha=37^\circ$; $R=0.4m$ khi thiết kế, chế tạo gầu máy bốc xúc tại Việt Nam.

Bảng 3.2: Kết quả tính toán các thông số hình học tối ưu của gầu theo chi phí năng lượng riêng E nhỏ nhất

Các thông số tính toán	Số lần tính toán		
	Lần 1	Lần 2	Lần 3
B (m)	0.5000	0.5000	0.5000
H (m)	0.4000	0.4000	0.4000
α (độ)	36.69	36.67	36.72
R (m)	0.4000	0.4000	0.4000
A (KJ)	9.8095	9.8095	9.8095
V (m^3)	0.0402	0.0402	0.0402
E (KJ/m^3)	244.0730	244.0731	244.0731

3.3. Xác định quỹ đường cào gạt hợp lý để đảm bảo năng suất bốc xúc lớn nhất theo các thông số hình học tối ưu của gầu

$$\text{Năng suất kỹ thuật là: } Q_k = 3600 \frac{V_{ck} K_1}{t_{ck} K_2} \quad (m^3/h) \quad (3.42)$$

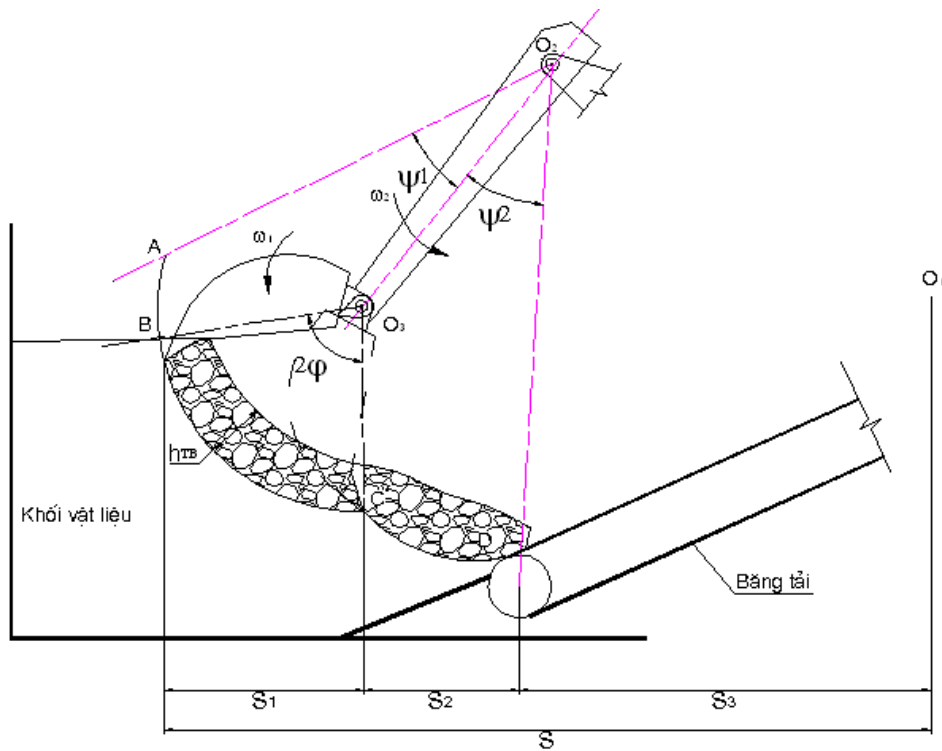
trong đó: V_{ck} là thể tích vật liệu cào gạt trong một chu kỳ (m^3); K_1 là hệ số điền đầy gầu, chọn $K_1 \approx 1$; K_2 là hệ số rơi của vật liệu, chọn $K_2 \approx 1$; t_{ck} là thời gian 1 chu kỳ (giây).

Thời gian 1 chu kỳ làm việc của máy bốc xúc được xác định như sau:

$$t_{ck} = \frac{A_1}{N_{dc} \eta_g} + \frac{A_2}{N_{dc} \eta_{tg}} + \frac{A_3}{N_{dc} \eta_{tg}} \quad (\text{giây}) \quad (3.43)$$

trong đó: A_1, A_2, A_3 là các công chi phí được nêu ở công thức (3.2); η_g, η_{tg} là hiệu suất dẫn động gầu và tay gầu; N_{dc} là công suất động cơ (Kw).

Khi cho trước điều kiện về môi trường, Q_k phụ thuộc vào V_{ck} và t_{ck} . Để tăng Q_k , có 2 giải pháp sau: tăng V_{ck} hoặc giảm t_{ck} . Khi tăng V_{ck} , cần tăng các thông số hình học của gầu, sẽ làm tăng các thành phần lực cản và công cản. Khi giảm t_{ck} , cần tăng tốc độ cào gạt hoặc chọn quỹ đường cào gạt hợp lý sao cho khi gầu đến miệng băng tải, vật liệu phía trước gầu không tràn sang hai bên mép của gầu. Do đó, việc chọn giảm t_{ck} theo quỹ đường cào gạt hợp lý trong 1 chu kỳ là phù hợp với máy bốc xúc. Sơ đồ khảo sát quỹ đường cào gạt hợp lý của máy bốc xúc cho như hình 3.7. Để dễ tính toán, giả thiết chiều dày lớp vật liệu cào gạt không thay đổi và được xác định theo chiều dày trung bình h_{TBI} .



Hình 3.7: Sơ đồ xác định quỹ đường cào gạt hợp lý

Với góc quay $2\varphi=45^0$, $R_I=1,15H$, ta có: $V_{ck} = 0.117h_{TB1} + \frac{BH^2}{2tg\gamma}$ (m^3)

trong đó: B, H là chiều rộng và chiều cao gầu (m); γ là góc xoắn ($độ$).

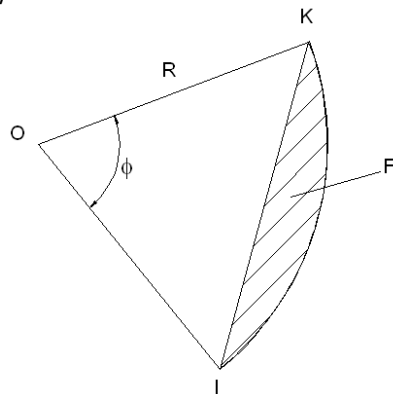
Dung tích của gầu được xác định là: $q = F.B$ (3.46)

Với: F là diện tích tiết diện đứng của gầu (m^2).

Diện tích F được xác định theo sơ đồ hình 3.8. Nếu chọn $\alpha=37^0$ thì $IK=1.6H$ (H là chiều cao gầu), vì $R \approx H$, nên $IK=1.6R$. Từ tam giác cân OKI , ta có $\phi=106^0$ và: $F = F_1 - F_2$ (m^2) (3.47)

Trong đó: F_1 là diện tích để quạt chắn góc ϕ ; F_2 là diện tích tam giác OIK .

Hình 3.8: Sơ đồ xác định diện tích đứng của gầu



Diện tích F là: $F = \frac{106\pi R^2}{360} - \frac{R^2\sqrt{3}}{4}$ (m^2) (3.48)

Thay $R=0.4m$, ta có: $F \approx 0.081m^2$

Thay các giá trị B và F vào công thức (3.46), ta có: $q \approx 0.041 m^3$

Trong trường hợp tổng quát, xét trường hợp thể tích đất đá chưa điền đầy dung tích gầu ở giai đoạn quay gầu (đoạn BC hình 3.7), khi gầu cào gạt, sẽ có một phần thể tích tiếp tục điền đầy gầu và một phần thể tích nằm phía trước gầu. Để dễ tính toán khối thể tích trong giai đoạn cào gạt (đoạn CD hình 3.7), cần giả thiết chiều dày lớp cào gạt không thay đổi và có giá trị trung bình h_{TB2} . Khi đó, khối thể tích vật liệu trong đoạn cào gạt là:

$$V_{vl} = K_5 B S_2 h_{TB2} \quad (m^3) \quad (3.49)$$

Trong đó: S_2 là quãng đường ứng với giai đoạn cào gạt (theo hình 3.7); h_{TB2} là chiều dày trung bình lớp vật liệu; K_5 là hệ số kể đến ảnh hưởng của sự trượt vật liệu. Mặt khác, V_{vl} được xác định như sau:

$$V_{vl} = q - V_{vl1} + V_{vl2} \quad (m^3) \quad (3.50)$$

Từ công thức (3.49) và (3.50), quãng đường hợp lý để đảm bảo thể tích vật liệu trước gầu bắt đầu có hiện tượng trượt sang hai phía của gầu:

$$S_2 = \frac{q - V_{vl1} + V_{vl2}}{B h_{TB2} K_5} \quad (m) \quad (3.51)$$

Nếu chọn $h_{TB1} = h_{TB2} = 0.2m$; $K_5 = 0.8$; $K_4 = 0.8$, $B = 0.5m$; $H = 0.4m$, ta có thể xác định được $S_2 = 0.94m$.

Tâm với hợp lý của TBCT được xác định như sau:

$$S = S_1 + S_2 + S_3 \quad (m) \quad (3.52)$$

trong đó: S_1 là khoảng cách quay gầu theo phương nằm ngang (m); S_2 là quãng đường cào gạt hợp lý (m); S_3 là khoảng cách từ tâm quay cần đến cửa nạp vật liệu (m);

$$\text{Khoảng cách } S_1 \text{ được xác định như sau: } S_1 \approx H \sin 2\varphi \quad (m) \quad (3.53)$$

$$\text{Khoảng cách } S_3 \text{ được xác định như sau: } S_3 = l_c \cos \theta_1 \quad (m) \quad (3.54)$$

trong đó: l_c là chiều dài cần (m), $l_c = 1.4m$; θ_1 là góc nghiêng cần (rad).

$$\text{Khi chọn: } 2\varphi = 45^\circ; \theta_1 = 45^\circ; l_c = 2m; H = 0.4m, \text{ ta có } S = 2.21m$$

$$\text{Ta có: } V_{ck} = V_{vl1} + V_{vl} = q + V_{vl2} \quad (m^3) \quad (3.55)$$

Nếu chọn $h_{TB1} = h_{TB2} = 0.2m$; $K_5 = 0.8$; $K_4 = 0.8$, $B = 0.5m$; $H = 0.4m$, $K_1 = 1$; $K_2 = 1$; $t_{ck} = 10$ giây, năng suất kỹ thuật theo quãng đường cào gạt hợp lý là: $Q_k \approx 30m^3/\text{giờ}$.

Kết luận chương 3

Khi cào gạt vật liệu vào băng tải, làm xuất hiện các thành phần lực cản, công cản TBCT và năng suất kỹ thuật. Các đại lượng này phụ thuộc vào nhiều yếu tố, trong đó có hình dạng và các thông số hình học của gầu. Do vậy, kết quả nghiên cứu của chương này đã đạt được như sau:

- Đã phân tích ảnh hưởng của biên dạng gầu đến khả năng làm việc của TBCT, lựa chọn được hình dạng và kết cấu của gầu xúc đảm bảo cho quá trình cào gạt vật liệu vào băng tải là tốt nhất.

- Đã phân tích, lựa chọn được các chỉ tiêu khi tính toán thiết kế máy bốc xúc và xây dựng bài toán xác định các thông số hình học tối ưu của gầu xúc máy bốc xúc.

- Đã xây dựng được mô hình toán học, sơ đồ thuật toán theo phương pháp giải bài toán tối ưu đã lựa chọn khi giải bài toán tối ưu xác định các thông số hình học tối ưu của gầu theo mục tiêu chi phí năng lượng riêng E . Kết quả giải bài toán xác định thông số hình học tối ưu của gầu là: $B_{t,u}=0.5m$; $H_{t,u}=0.4m$; $\alpha_{t,u}=37^0$; $R_{t,u}=0.4m$.

- Đã xác định được quãng đường cào gạt hợp lý. Trên cơ sở đó, xác định được năng suất bốc xúc kỹ thuật của máy bốc xúc là $Q_k \approx 30m^3/\text{giờ}$.

Chương 4

NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM

4.1. Mục tiêu, các thông số đo và các trang thiết bị làm thực nghiệm

4.1.1. Mục tiêu nghiên cứu thực nghiệm:

Xác định lực cản TBCT trong quá cào gạt vật liệu khi sử dụng gầu xúc có các thông số hình học tối ưu theo chỉ tiêu E nhỏ nhất. Trên cơ sở đó, đánh giá sự sai lệch giữa kết quả tính toán lý thuyết và thực nghiệm.

4.1.2. Các thông số đo đạc thực nghiệm: Xác định áp suất chất lỏng thủy lực, độ dịch chuyển, vận tốc và gia tốc của các xi lanh thủy lực dẫn động các khâu của TBCT; Xác định góc quay của gầu.

4.1.3. Trang thiết bị làm thực nghiệm:

Trang thiết bị làm thí nghiệm gồm: Máy bốc xúc vật liệu sau khoan nổ; Các đầu đo áp suất AST100 và sự dịch chuyển H7; Thiết bị ghi Dewetron 3000; Phần mềm DasyLab 10.

4.2. Các bước tổ chức làm thực nghiệm

4.2.1. Chuẩn bị làm thực nghiệm: Lựa chọn vị trí, môi trường làm thực nghiệm; Sử dụng gầu có các thông số: $B=0.5m$; $H=0.4m$; $R=0.4m$; $\alpha=37^0$; Lắp các đầu đo H7, AST100 để đo sự dịch chuyển và áp suất của các pít tông-xi lanh dẫn động TBCT, cảm biến đo góc quay gầu; Nối các đầu đo với DEWETRON 3000 và thiết lập các kênh đo bằng DasyLab 10.

4.2.2. Tiến hành thử nghiệm: Thực hiện cào gạt vật liệu bằng phương pháp quay gầu và quay gầu cùng tay gầu 5 lần, $h_{TB}=200mm$.

4.2.3. Phương pháp xử lý số liệu và kết quả thực nghiệm:

Từ hàm áp suất $p(t)=f(t)$, với một số giả thiết như sau: Bỏ qua sự cản thủy lực của dòng dầu, lực ma sát giữa pít tông và xi lanh, lực quán tính và sự dao động khi pít tông. Khi đó, lực dẫn động của các xi lanh là:

$$F_{BE}(t) = \frac{IID_{BE}^2}{4} p_{BE}(t); F_{FI}(t) = \frac{IID_{FI}^2}{4} p_{FI}(t); F_{JK}(t) = \frac{IID_{JK}^2}{4} p_{JK}(t)$$

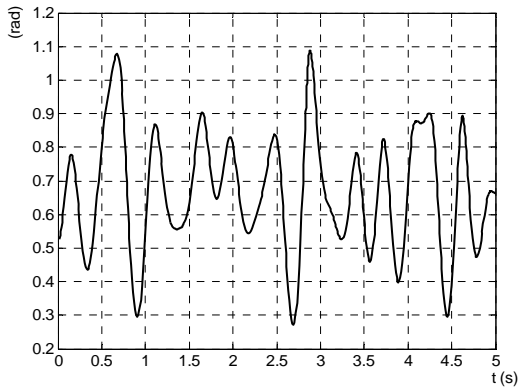
Từ hàm $S(t)=f(t)$, có thể xác định được vận tốc $v(t)=\dot{S}(t)=\dot{f}(t)$, gia tốc $a(t)=\ddot{v}(t)=\ddot{S}(t)=\ddot{f}(t)$ và góc quay của các khâu TBCT như sau:

Thay các kết quả trên vào công thức tính toán ĐLH, cho phép xác định được giá trị các tham số ĐLH theo kết quả tính theo thực nghiệm.

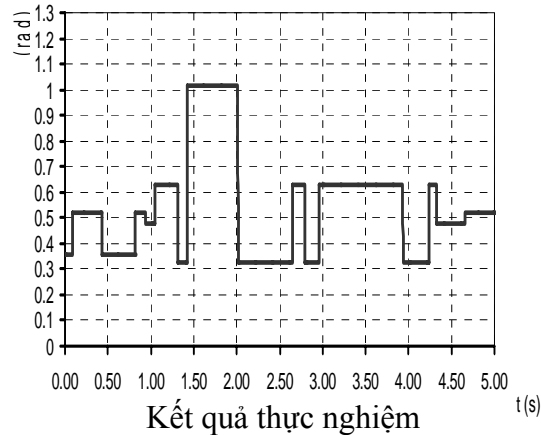
4.3. Phân tích kết quả thực nghiệm

4.3.1. So sánh kết quả tính toán lý thuyết và thực nghiệm theo đồ thị

a. Về chuyển vị:

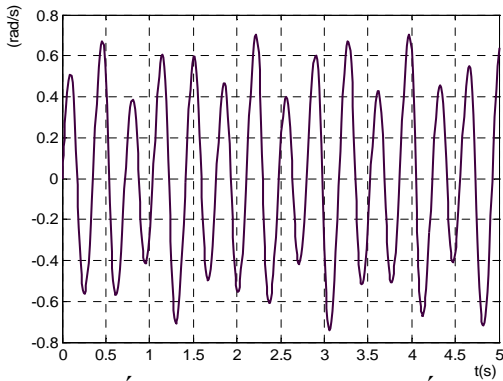


Kết quả tính theo lý thuyết

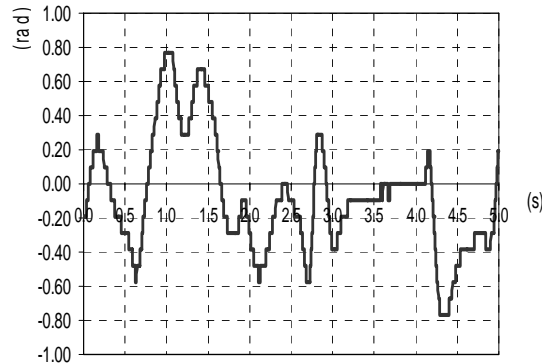


Kết quả thực nghiệm

b. Về vận tốc:

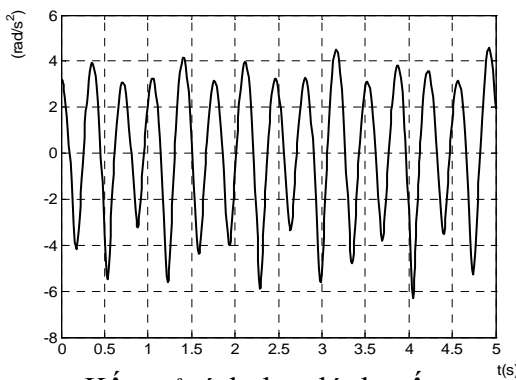


Kết quả tính theo lý thuyết

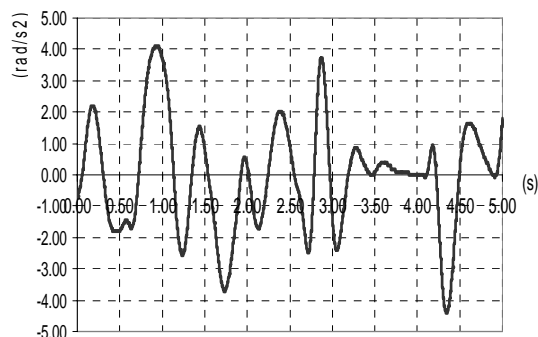


Kết quả thực nghiệm

c. Về gia tốc:

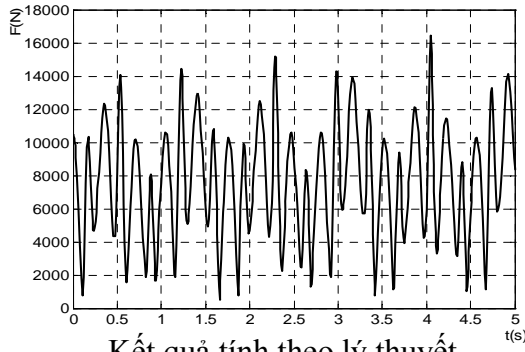


Kết quả tính theo lý thuyết

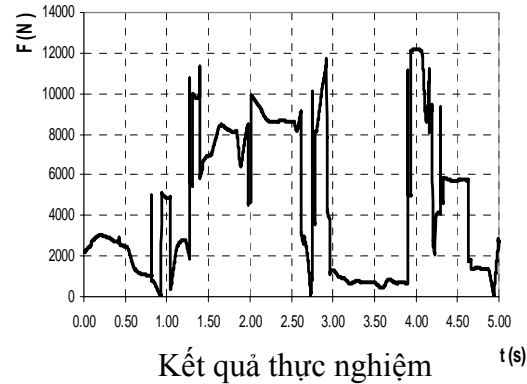


Kết quả thực nghiệm

d. Về lực:

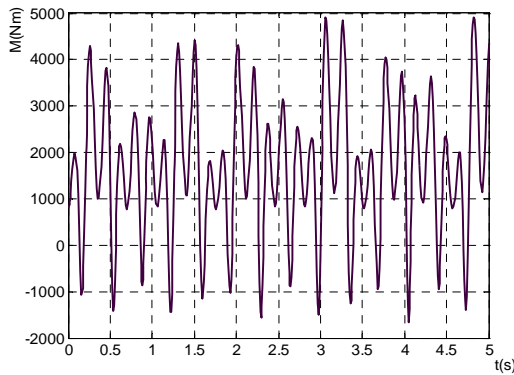


Kết quả tính theo lý thuyết

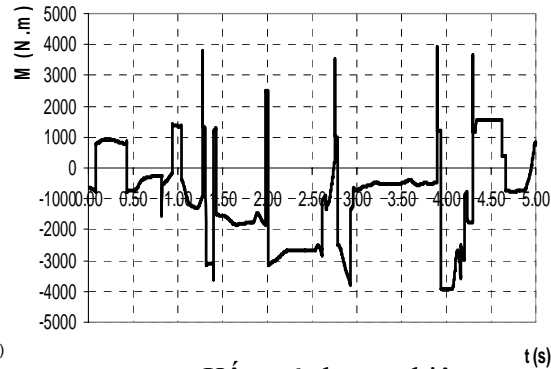


Kết quả thực nghiệm

e. Về mô men:



Kết quả tính theo lý thuyết



Kết quả thực nghiệm

4.3.2. So sánh sai số của giá trị lớn nhất cho theo giá trị lớn nhất

Bảng 4.6: So sánh kết quả nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm

STT	Thông số	Đơn vị	Giá trị theo lý thuyết	Giá trị theo thực nghiệm	Sai số (%)
1	Chuyển vị	rad	1,08	1,01	6,9
2	Vận tốc	Rad/s	0,7	0,78	10,2
3	Gia tốc	Rad/s ²	6,1	4,3	29,5
4	Lực	N	16200	12100	25,3
5	Mô men	N.m	4900	4000	18,3
6	Năng lượng riêng E	KJ/m ³	244	265	8,6

4.3.3. Nhận xét:

- Giá trị lực và mô men tính toán lý thuyết lớn hơn giá trị tính theo đo đạc thực nghiệm (lực là 25,3%; mô men là 18,3%). Nguyên nhân có sự nhỏ hơn này là do môi trường thực nghiệm không đồng nhất, chiều dày lớp vật liệu thực tế trong quá trình cào gạt đã có sự thay đổi giảm đi, không là hằng số như theo tính toán lý thuyết.

- Sai số chuyển vị tính toán lý thuyết và thực nghiệm không lớn (là 6,9%). Nguyên nhân là do hành trình của pít tông dẫn động gầu đã được

xác định cụ thể, người điều khiển đã điều khiển thành thạo tay chao điều khiển xi lanh gầu.

Kết luận chương 4

Nghiên cứu thực nghiệm là một việc làm rất khó, yêu cầu thiết bị đo thí nghiệm phải hiện đại, qui trình thực nghiệm phải chặt chẽ và thời gian làm thực nghiệm phải dài thì mới cho được kết quả tương đối chính xác được. Quá trình nghiên cứu thực nghiệm đã mang lại một số kết quả sau:

- Đã đạt được mục tiêu thực nghiệm đặt ra là xác định được các thông số ĐLH của TBCT trong quá trình cào gạt vật liệu với gầu được chế tạo theo bộ thông số hình học tối ưu làm cho chi phí năng lượng riêng nhỏ nhất, cho phép so sánh giữa kết quả tính toán lý thuyết và kết quả thực nghiệm đối với TBCT máy bốc.

- Đã xây dựng được phương pháp đo trực tiếp các thông số dẫn động (áp suất và vận tốc dịch chuyển) các khâu của TBCT máy bốc xúc bằng các đầu đo hiện đại, thay thế cho phương pháp đo bằng ten-zô đã được nghiên cứu trước đây.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Trong giai đoạn hiện nay, nghiên cứu, thiết kế chế tạo các trang bị kỹ thuật phục vụ thi công đường hầm nói chung, thiết bị bốc xúc sử dụng trong đường hầm khẩu độ vừa và nhỏ nói riêng là một trong các nhiệm vụ trung tâm của bộ đội Công Binh, nhằm cơ giới hóa công tác thi công đường hầm, nâng cao năng suất, chất lượng và hiệu quả xây dựng các đường hầm và các công trình ngầm.

Bố cục của Luận án phù hợp, nội dung các chương đã giải quyết cơ bản được mục tiêu và các nội dung đề ra của Luận án, đồng thời đã tham gia giải quyết một số nội dung chính của đề tài nhánh cấp Nhà nước “*Nghiên cứu, thiết kế thiết bị bốc xúc vật liệu trong đường hầm quân sự khẩu độ vừa và nhỏ*” do PGS.TS Chu Văn Đạt chủ trì và đã được chế thử thành công tại Việt Nam vào tháng 10/2009. Những kết quả nghiên cứu của Luận án có ý nghĩa thực tiễn, ý nghĩa khoa học và những đóng góp mới, cụ thể:

- Đã phân tích được đặc điểm của môi trường vật liệu sau khoan nổ. Từ đó, ứng dụng lý thuyết cân bằng giới hạn môi trường hạt rời để xây dựng mô hình tương tác giữa TBCT máy bốc xúc với môi trường vật liệu sau khoan nổ, nhằm xác định các thành phần lực cản TBCT máy bốc xúc trong quá trình cào gạt vật liệu, [trình bày ở công trình 1, 2].

- Đã ứng dụng thành công lý thuyết cơ học hệ nhiều vật để xây dựng mô hình khảo sát và xác định các thông số ĐLH các khâu của TBCT máy bốc xúc làm việc trong không gian chật hẹp, [trình bày ở công trình 3].

- Đã phân tích các dạng bài toán tối ưu và các phương pháp giải bài toán tối ưu trong kỹ thuật. Tiến hành xây dựng các bài toán hợp lý hóa, bài toán tối ưu các thông số hình học của gầu xúc và theo chỉ tiêu chi phí năng lượng riêng xác định được hàm mục tiêu của bài toán. Từ đó, ứng dụng phương pháp tiến hóa vi phân (DE) để xây dựng thuật toán và giải bài toán xác định các thông số hình học tối ưu của gầu. Phương pháp luận này có thể ứng dụng cho việc tối ưu gầu xúc của máy làm đất có TBCT dạng cần-tay gầu-gầu, [trình bày ở công trình 4, 6].

- Đã xây dựng được phương pháp thực nghiệm xác định các thông số ĐLH của TBCT dạng cần-tay gầu-gầu bằng các đầu đo hiện đại, cho kết quả chính xác hơn các nghiên cứu thực nghiệm trước đây.

- Do nội dung nghiên cứu của luận án có liên quan đến đề tài nhánh cấp Nhà nước, nên kết quả nghiên cứu của luận án là cơ sở lý thuyết cho quá trình nghiên cứu thiết kế, chế tạo máy bốc xúc vật liệu sau khoan nổ nhằm cơ giới hóa thi công đường hầm quân sự khẩu độ vừa và nhỏ tại Việt Nam, [trình bày ở công trình 5].

Trong quá trình nghiên cứu, giải quyết các nội dung của Luận án, nghiên cứu sinh đã kế thừa và vận dụng sáng tạo kết quả các công trình nghiên cứu đã được công bố về máy làm đất cho phù hợp với đối tượng nghiên cứu riêng của Luận án. Các kết quả đạt được của Luận án là những đóng góp mới, chưa được công bố.

Hướng nghiên cứu tiếp theo của Luận án là: hoàn thiện việc nghiên cứu thiết kế, chế tạo máy bốc xúc vật liệu sau khoan nổ tại Việt Nam. Đồng thời, nghiên cứu chế tạo các máy bốc xúc đồng dạng với máy đã được chế tạo, nhưng có kích thước và năng suất lớn hơn để sử dụng phù hợp với các đường hầm khẩu độ vừa.