

Xác định các thông số kết cấu và thông số làm việc hợp lý của gầu khoan trên máy khoan cọc nhồi theo chỉ tiêu chi phí năng lượng riêng bằng thuật toán tiến hóa vi phân

■ **THS. NGUYỄN THÙY CHI; PGS. TS. NGUYỄN ĐĂNG ĐIỆM; TS. NGUYỄN ĐÌNH TỬ**
Trường Đại học Giao thông vận tải

TÓM TẮT: Bài báo trình bày phương pháp xác định các thông số kết cấu và thông số làm việc hợp lý của gầu khoan trên máy khoan cọc nhồi đảm bảo chi phí năng lượng riêng là nhỏ nhất bằng thuật toán tiến hóa vi phân khi cho trước đặc tính môi trường và công suất nguồn dẫn động của máy. Kết quả nghiên cứu làm cơ sở cho việc tính toán thiết kế và chế tạo máy khoan cọc nhồi tại Việt Nam.

TỪ KHÓA: Máy khoan cọc nhồi, gầu khoan, thông số kết cấu, thông số làm việc, chi phí năng lượng riêng.

ABSTRACT: This article presents a method to optimize the structural parameters and the working parameters for the drilling rig of rotary drilling rig machine, in order to minimize the specific energy cost, given the environmental characteristics and the power of the machine. The method is based on the differential evolutionary algorithm. The results of this work could serve as a basis for the design and manufacturing of rotary drilling rig machine in Vietnam.

KEYWORDS: Rotary drilling rig machine, drilling rig, structural parameters, working parameters.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Máy khoan cọc nhồi kiểu gầu xoay thực hiện quá trình khoan tạo lỗ vào nền đất bằng việc dẫn động cho gầu quay để cắt và tích đất vào gầu, sau đó dùng hệ tời cáp thông qua các thanh kelly kéo gầu lên khỏi mặt đất và đổ đất trên mặt nền. Vấn đề giữ ổn định cho vách hố khoan, đảm bảo năng suất đã xác định trước, khi đã có bản đồ khảo sát nền đất thì công phụ thuộc rất nhiều vào việc lựa chọn các thông số hình học của gầu như đường kính gầu D_g , chiều cao gầu H_g và góc cắt δ của dao cắt, chiều dày lớp vỏ bảo (chiều dày phoi đất) C cũng như việc lựa chọn các thông số làm việc mà cụ thể là tốc độ góc của thanh kelly ω và vận tốc dẫn tiến xy-lanh V_{xl} . Đối với một loại máy khoan

đã chọn, có các thông số kỹ thuật cố định như công suất N , mô-men xoắn của đầu khoan đã cho trong catalog. Ngoài các thông số của cọc thiết kế (D, H) và tính chất cơ lý của đất đã biết thông qua việc khoan thăm dò địa chất thì việc xác định các thông số kết cấu và thông số làm việc của gầu sao cho hợp lý chính là bài toán kinh tế - kỹ thuật cần phải nghiên cứu, xem xét. Mô hình bài toán tối ưu được phát biểu như sau:

“Với một địa hình đất nền cho trước và một hố khoan đã được thiết kế với các thông số bao gồm đường kính cọc D , chiều sâu khoan H , cần xác định các thông số kết cấu tối ưu của gầu khoan (đường kính gầu D_g , chiều cao gầu H_g , góc cắt δ của lưỡi cắt) và thông số làm việc tối ưu là tốc độ góc ω của gầu khoan và vận tốc dẫn tiến của xi-lanh ép mâm khoan V_{xl} trên cơ sở chi phí năng lượng riêng cho quá trình khoan lỗ là nhỏ nhất với điều kiện đảm bảo năng suất khoan Q_0 cho trước”.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT XÁC ĐỊNH NĂNG SUẤT VÀ CÔNG SUẤT RIÊNG CỦA THIẾT BỊ

Theo [3], năng suất: $Q_0 \leq Q \leq 1,2Q_0$ (1)

Năng lượng riêng: $E = \frac{N}{Q} \rightarrow \min$ (2)

Trong đó:

Q - Năng suất của máy khoan cọc nhồi, m^3/s ;

Q_0 - Năng suất yêu cầu, m^3/s ;

E - Năng lượng riêng trong 1 chu kỳ làm việc của máy, kJ/m^3 ;

N - Tổng công suất chi phí cho 1 chu kỳ làm việc của máy, kW hoặc kJ/s .

2.1. Xác định năng suất của thiết bị

Năng suất trung bình của máy khoan cọc nhồi có thể xác định theo công thức sau:

$$Q = \frac{V_d}{T_{ck}}, m^3/s \quad (3)$$

T_{ck} - Thời gian 1 chu kỳ làm việc, s .

$$T_{ck} = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5$$

Với:

T_1 - Thời gian cắt và tích đất đầy gầu, s ; T_2 - Thời gian kéo gầu lên khỏi hố khoan, s ;

T_3 - Thời gian quay gầu đến nơi cần đổ, s ; T_4 - Thời gian xả đất khỏi gầu, s ;

T_5 - Thời gian quay gầu về hố khoan, s ;

V_d - Thể tích của đất đào được sau 1 chu kỳ làm việc, m^3 ;
 Nếu coi thể tích đất đào được sau 1 chu kỳ làm việc V_d
 bằng thể tích đất điển đầy gầu thì:

$$V_d = V_g = \pi R^2 \cdot H_g = \pi \cdot \frac{D_g^2}{4} \cdot H_g \quad (4)$$

Sau 1 vòng quay, một phoi đất có chiều dày C được
 cắt ra khỏi nền và trượt vào trong gầu, điển đầy dung tích
 trong lòng gầu khoan. Do có 2 lưỡi cắt hai bên với chiều
 rộng bằng bán kính R của gầu nên gần đúng:

$$2\pi R^2 \cdot C = 2\pi \cdot \frac{D_g^2}{4} \cdot C = \pi \cdot \frac{D_g^2}{2} \cdot C$$

Trong đó: R - Bán kính của gầu, m ; D_g - Đường kính
 của gầu, m ; C - Chiều dày phoi đất (vỏ bào), m .

Gọi T_C - Thời gian cần thiết để gầu khoan quay được 1
 vòng thì:

$$T_C = \frac{2\pi}{\omega}, s$$

ω - Vận tốc góc của gầu khoan (1/s).

Năng suất cắt đất sau 1 vòng quay của gầu:

$$Q_C = \frac{V_d}{T_C} = \frac{\pi \cdot C \cdot D_g^2 \cdot \omega}{2 \cdot 2 \cdot \pi} = \frac{\omega \cdot C \cdot D_g^2}{4}, m^3 / s$$

2.2. Xác định công suất riêng của thiết bị

Công suất riêng được xác định như sau:

$$E = \frac{N}{Q}, kJ/m^3 \quad (5)$$

Với: N - Tổng công suất chi phí cho 1 chu làm việc
 của máy, kW .

$$N = N_1 + N_2 + N_3 + N_4 + N_5 \quad (6)$$

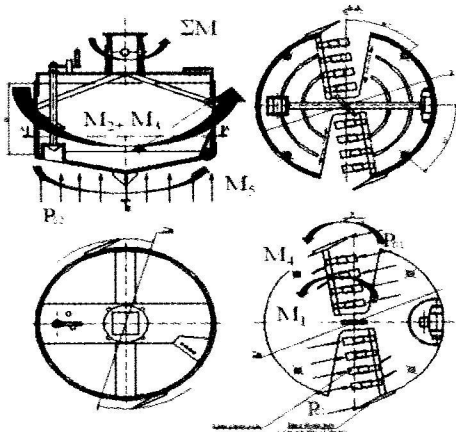
Với: N_1 - Công suất cắt và tích đất đáy gầu, kW .

$$N_1 = \sum \frac{M \cdot \omega}{1000} \quad (7)$$

Với: ω - Vận tốc góc của gầu, rad/s .

$\sum M$ - Tổng mô-men cản khi cắt và tích đất vào gầu, Nm .

$$\sum M = M_1 + M_2 + M_3 + M_4 + M_5 + M_6 \quad (8)$$



Hình 2.1: Các thành phần lực và mô-men tác dụng lên gầu khoan

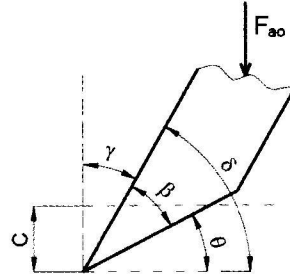
Mô-men cản M_1 là mô-men cản thuần túy do hệ
 lưỡi cắt ở đáy gầu sinh ra, được xác định theo công thức
 của N.G. Dombrovski [1]:

$$M_1 = K \cdot C \cdot R^2 \quad (9)$$

Với: R - Bán kính gầu, m ; K - Hệ số cản đào thuần túy
 phụ thuộc vào cấp đất; C - Chiều dày phoi đất, m .

Chiều dày phoi đất được xác định theo [3]:

$$C = h_0 = \frac{F_{ao}}{\eta \cdot l \cdot \sigma} \cdot \text{tg} \theta = \frac{F_{ao}}{l \cdot \sigma} \cdot \text{tg} \theta \cdot \left[\frac{\sin(\theta - \varphi)}{\cos \varphi} \text{tg} \varphi + \text{tg} \varphi \sin \theta + \cos \theta \right] \quad (10)$$



Hình 2.2: Sơ đồ các góc cắt của lưỡi cắt

φ - Là góc ma sát giữa răng gầu với nền đất $\varphi = 20^\circ$
 $\div 30^\circ$;

γ - Góc trước của lưỡi cắt;

β - Góc sắc của lưỡi cắt, $\beta = 20^\circ$;

θ - Góc sau của lưỡi cắt, $\theta = 15^\circ \div 35^\circ$;

$\delta = \beta + \theta$ - Góc cắt của lưỡi cắt, $\delta = 30^\circ \div 55^\circ$;

l - Chiều dài lưỡi cắt, gần đúng lấy bằng bán kính gầu
 ($l = R$);

σ - Giới hạn bền nén của đất, N/cm^2 .

Vậy:

$$M_1 = KCR^2 = KR^2 \frac{F_{ao}}{l \cdot \sigma} \cdot \text{tg} \theta \cdot \left[\frac{\sin(\theta - \varphi)}{\cos \varphi} \text{tg} \varphi + \text{tg} \varphi \sin \theta + \cos \theta \right] \quad (11)$$

Mô-men cản do quá trình tích đất vào gầu M_2 , [1]:

$$M_2 = \frac{H_g}{2} \cdot \pi \cdot R^2 \cdot H_g \cdot \rho, Nm \quad (12)$$

H_g - Chiều cao gầu, m ; ρ - Tỷ trọng đất (N/m^3); R - Bán
 kính gầu, m .

Mô-men cản khuấy khi gầu và thanh kelly quay trong
 dung dịch bentonit M_3 , [1]:

$$M_3 = \frac{\rho_b}{g} \cdot C \omega^2 \int_0^R X^3 dx = \frac{\rho_b}{g} \cdot C_1 \omega^2 \frac{R^4}{4} \quad (13)$$

ρ_b - Tỷ trọng của bùn bentonit; g - Gia tốc trọng
 trường, m/s^2 ; C_1 - Chiều rộng quy kết bản khuấy, $C_1 = 0,3 m$
 $\times 3$ cánh khuấy, m ; R - Bán kính gầu, m ; ω - Vận tốc góc của
 bản khuấy bằng chính vận tốc góc gầu, rad/s .

Mô-men cản do các lưỡi cắt thành bên M_4 , [1]:

$$M_4 = 2R_1 \cdot P_{01} \quad (14)$$

Với: R_1 - Cánh tay đòn của mỗi lưỡi cắt, m ;

P_{01} - Lực cắt tiếp tuyến của 2 lưỡi cắt mở rộng hố khoan.

Mô-men cản do ma sát của đáy gầu với lớp đất ở đáy
 hố khoan M_5 , [1]:

$$M_5 = R \cdot F_{ao} \cdot f \quad (15)$$

R - Bán kính gầu, m ; F_{ao} - Lực dọc trục cản khoan; f - Hệ
 số ma sát giữa gầu với đất (thép - đất) trong dung dịch
 khoan bentonit, $f = 0,3$.

Mô-men cản do ma sát trong cụm ổ đỡ mâm khoan
 M_6 , [1]:

$$M_6 = H \cdot \mu \cdot \frac{d_1}{2} + H \cdot \mu \cdot \frac{d_2}{2} + V \cdot \mu \cdot \frac{dv}{2} \quad (16)$$

Với: H - Lực ngang tác dụng lên ổ bi, $H = 0$;

V - Lực dọc trục tác dụng lên ổ bi (lực theo phương đứng), μ - Hệ số ma sát trong ổ, $\mu = 0,02$; $d_1 = d_2 = d_v$ - Đường kính trung bình của vành ổ đỡ mâm khoan, m .

Công suất kéo gầu lên khỏi hố khoan N_2 ;

$$N_2 = \frac{P_K \cdot V_K}{1000}, \text{ k W} \quad (17)$$

V_K - Vận tốc kéo gầu lên khỏi hố khoan, m/s ;

P_K - Lực kéo bộ công tác lên khỏi hố khoan, N .

Công suất quay gầu từ hố khoan đến vị trí đổ đất là N_3 .

$$N_3 = \frac{M_q \cdot \omega_q}{1000}, \text{ kW} \quad (18)$$

M_q - Tổng mô-men cản quay của máy, $N.m$;

ω_q - Vận tốc góc khi quay máy, rad/s .

Công suất quay gầu từ vị trí đổ đất đến trở về hố khoan N_4 là:

$$N_4 = \frac{M_{qo} \cdot \omega_q}{1000}, \text{ kW} \quad (19)$$

M_{qo} - Mô-men cản quay của máy khi đất đã đổ khỏi gầu ($G_d = 0$); ω_q - Vận tốc góc khi quay máy.

Công suất khi ép xi-lanh thủy lực của 2 xi-lanh ép mâm khoan trong quá trình máy làm việc N_5 :

$$N_5 = \frac{P_{XL} \cdot V_{XL}}{1000}, \text{ k W} \quad (20)$$

Với: P_{XL} - Lực ép của 2 xi-lanh thủy lực, N ; V_{XL} - Vận tốc dẫn tiến của 2 xi-lanh thủy lực khi ép, m/s .

Vậy:

$$E = \frac{N}{V_g} = \frac{1}{\pi \cdot R^2 \cdot H_g} \left\{ \frac{\omega}{1000} \left[K \cdot R^2 \cdot \frac{F_{so}}{L \cdot \sigma} \cdot \text{tg} \theta \left(\frac{\sin(\theta - \varphi)}{\cos \varphi} \right) \cdot \text{tg} \varphi \right. \right. \\ \left. \left. + \text{tg} \varphi \sin \theta + \cos \theta \right] + \frac{\pi \cdot R^2 \cdot H_g^2 \cdot \rho}{2} + \frac{P_b}{g} \cdot c_1 \cdot \omega^2 \cdot \frac{R^4}{4} + 2R_1 \cdot K \cdot B \cdot C_2 \right. \\ \left. + R \cdot F_{so} \cdot f + V \cdot \mu \cdot \frac{d_v}{2} \right\} + \frac{P_K \cdot V_K}{1000} + \frac{M_q \cdot \omega_q}{1000} + \frac{M_{qo} \cdot \omega_q}{1000} + \frac{P_{XL} \cdot V_{XL}}{1000} \quad (\text{với } R = \frac{D_g}{2} \text{ là bán kính gầu}) \quad (21)$$

Các thành phần công suất N_2, N_3, N_4 tương ứng là các công suất tiêu thụ cho việc kéo gầu lên khỏi hố khoan, công suất quay gầu chứa đất từ hố khoan đến nơi đổ và công suất quay gầu không trở về. Máy cơ sở khi thực hiện các thao tác này tiến hành một cách độc lập, vì vậy nếu chỉ tính riêng công suất cắt và tích đất đẩy gầu và công suất của cặp xi-lanh ép mâm khoan thì công thức (21) trở thành công thức sau đây:

$$E = \frac{N}{V_g} = \frac{1}{\pi \cdot R^2 \cdot H_g} \left\{ \frac{\omega}{1000} \left[K \cdot R^2 \cdot \frac{F_{so}}{L \cdot \sigma} \cdot \text{tg} \theta \left(\frac{\sin(\theta - \varphi)}{\cos \varphi} \right) \cdot \text{tg} \varphi \right. \right. \\ \left. \left. + \text{tg} \varphi \sin \theta + \cos \theta \right] + \frac{\pi \cdot R^2 \cdot H_g^2 \cdot \rho}{2} + \frac{P_b}{g} \cdot c_1 \cdot \omega^2 \cdot \frac{R^4}{4} + 2R_1 \cdot K \cdot B \cdot C_2 \right. \\ \left. + R \cdot F_{so} \cdot f + V \cdot \mu \cdot \frac{d_v}{2} \right\} + \frac{P_K \cdot V_K}{1000} \quad (22)$$

Phát biểu bài toán:

"Khi cho hàm chi phí năng lượng riêng E viết dưới dạng $E=f(x_i)$ với $x_i \in R^n$ là các thông số kết cấu của gầu khoan ($x_1 = D_g$; $x_2 = \delta$; H_g là biến phụ thuộc vào D_g) và thông số làm việc ($x_3 = \omega$; $x_4 = V_{XL}$). Hãy tìm giá trị nhỏ nhất (min) của hàm $f(x_i)$ ứng với $x_i \in R^n$ và thỏa mãn các điều kiện ràng

buộc: $D_{gl} < D_g < D_{gu}$; $\delta_L < \delta < \delta_U$; $\omega_L < \omega < \omega_U$; $V_{XL} < V_{XL} < V_{XLU}$; đặc tính môi trường và công suất nguồn động lực của máy".

3. XÂY DỰNG THUẬT TOÁN DE ĐỂ GIẢI BÀI TOÁN XÁC ĐỊNH THÔNG SỐ KẾT CẤU VÀ LÀM VIỆC HỢP LÝ CỦA GẦU KHOAN THEO HÀM CHI PHÍ NĂNG LƯỢNG RIÊNG E

3.1. Xây dựng cấu trúc quần thể ban đầu

Trong thực tế chế tạo, người ta chế tạo gầu khoan có đường kính và chiều cao gầu theo quan hệ hàm ràng buộc như sau [4]:

$$H_g = 0,8634736 - 0,81802963 \cdot \log(D_g)$$

Vậy nên, hàm mục tiêu E gồm có 4 biến độc lập ($D_g, \delta, \omega, V_{XL}$) và 1 biến phụ thuộc H_g nên số biến $D = 4$. Khi đó, các giá trị của các biến trong quần thể ban đầu của hàm mục tiêu E được lấy theo hàm ngẫu nhiên $\text{rand}(0,1)$ và viết tổng quát như sau:

$$x_{i,j} = \text{rand}(0,1)(U_j - L_j) + L_j \quad (23)$$

i - Số cá thể trong một thế hệ, $i = 1, 2, \dots, N$;

j - Số biến độc lập, $j = 1, 2, \dots, D$;

U_j, L_j - Giá trị biên lớn nhất và nhỏ nhất của biến j .

Cụ thể: $U_1 = D_{gmax}$; $L_1 = D_{gmin}$; $U_2 = \delta_{max}$; $L_2 = \delta_{min}$; $U_3 = \omega_{max}$; $L_3 = \omega_{min}$; $U_4 = V_{XLmax}$; $L_4 = V_{XLmin}$.

Từ công thức (23), xác định các vector quần thể ban đầu của hàm E là:

$$x_{i,1} = \begin{bmatrix} D_{g11} \\ D_{g21} \\ \vdots \\ D_{gN1} \end{bmatrix}, x_{i,2} = \begin{bmatrix} \delta_{12} \\ \delta_{22} \\ \vdots \\ \delta_{N2} \end{bmatrix}, x_{i,3} = \begin{bmatrix} \omega_{13} \\ \omega_{23} \\ \vdots \\ \omega_{N3} \end{bmatrix}, x_{i,4} = \begin{bmatrix} V_{XL14} \\ V_{XL24} \\ \vdots \\ V_{XLN4} \end{bmatrix} \quad (24)$$

Tính giá trị hàm mục tiêu $E = f(x_{ij})$ bằng công thức (22) ứng với các vector quần thể ban đầu x_{ij} xác định từ công thức (24). Tìm giá trị nhỏ nhất (min) của thế hệ thứ nhất ($g = 1$) theo kết quả vừa nhận được của hàm mục tiêu $E = E_{min}(x_{i,j,1})$. Kiểm tra điều kiện dừng như sau:

$$\Lambda = \left| E_{min}(x_{i,j,1}) - \frac{\sum_{i=1}^n E(x_{i,j,1})}{n} \right| \leq \varepsilon \quad (25)$$

Nếu thỏa mãn điều kiện dừng của công thức (25) thì ghi lại giá trị $E = E_{min}(x_{i,j,1})$ và xuất kết quả tính toán. Nếu không thỏa mãn thì tiếp tục tính toán vector đột biến theo các bước dưới đây.

3.2. Đột biến

Để tiến hành đột biến, cần xác định các vector đột biến sau:

$$v_{i,j} = x_{m,j} + F(x_{r1,j} - x_{r2,j}) \quad (26)$$

Trong đó:

$x_{r0,j}$; $x_{r1,j}$; $x_{r2,j}$ - 3 điểm tính được chọn ngẫu nhiên như sau: $x_{m,j} = \text{rand}(0,1) \cdot i$; $x_{r1,j} = \text{rand}(0,1) \cdot i$; $x_{r2,j} = \text{rand}(0,1) \cdot i$

Với: điều kiện của các chỉ số: $r_0 \neq r_1 \neq r_2$; i - Số cá thể trong một thế hệ, $i = 1, 2, \dots, N$; j - Số biến độc lập, $j = 1, 2, \dots, D$; F - Hằng số biến đột biến, $F = 0,4 - 0,6$.

$$v_{i,j} = \begin{bmatrix} D_{g11} \\ D_{g21} \\ \vdots \\ D_{gN1} \end{bmatrix}; v_{i,2} = \begin{bmatrix} \delta_{12} \\ \delta_{22} \\ \vdots \\ \delta_{N2} \end{bmatrix}; v_{i,3} = \begin{bmatrix} \omega_{13} \\ \omega_{23} \\ \vdots \\ \omega_{N3} \end{bmatrix}; v_{i,4} = \begin{bmatrix} V_{x14} \\ V_{x124} \\ \vdots \\ V_{xN4} \end{bmatrix} \quad (27)$$

- Nếu thỏa mãn điều kiện biên: $L_j \leq v_{i,j} \leq U_j$ thì tính giá trị hàm mục tiêu $E = f(v_{i,j})$ theo các vector đột biến $v_{i,j}$ được xác định từ công thức (27), tìm giá trị nhỏ nhất (min) của thể hệ thứ nhất theo kết quả nhận vừa nhận được 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 vector đột biến $v_{i,j}$ theo công thức (26).

3.3. Lai ghép

Để thực hiện được lai ghép, cần xác định xác suất lai ghép và sử dụng điều kiện lai ghép. Xác suất lai ghép được xác định như sau:

$$C_r = 0,05.D \quad (28)$$

Với: D là số biến tính ($D = 4$)

- Khi $\text{rand}(0,1) \leq C_r$: Vector lai ghép $u_{i,j}$ được lấy theo giá trị của các vector đột biến và được viết tổng quát là:

$$u_{i,j} = v_{i,j} \quad (29)$$

- Khi $\text{rand}(0,1) > C_r$: Vector lai ghép $u_{i,j}$ được lấy theo giá trị của các vector quần thể ban đầu, cụ thể:

$$u_{i,j} = x_{i,j} \quad (30)$$

$$u_{i,1} = \begin{bmatrix} D_{g11} \\ D_{g21} \\ \vdots \\ D_{gN1} \end{bmatrix}; u_{i,2} = \begin{bmatrix} \delta_{12} \\ \delta_{22} \\ \vdots \\ \delta_{N2} \end{bmatrix}; u_{i,3} = \begin{bmatrix} \omega_{13} \\ \omega_{23} \\ \vdots \\ \omega_{N3} \end{bmatrix}; u_{i,4} = \begin{bmatrix} V_{x14} \\ V_{x124} \\ \vdots \\ V_{xN4} \end{bmatrix} \quad (31)$$

3.4. Lựa chọn

- Khi $E(u_{i,j,g}) \leq E(x_{i,j,g})$: Chọn vector quần thể ban đầu của thế hệ tiếp theo lấy bằng giá trị phần tử vector lai ghép:

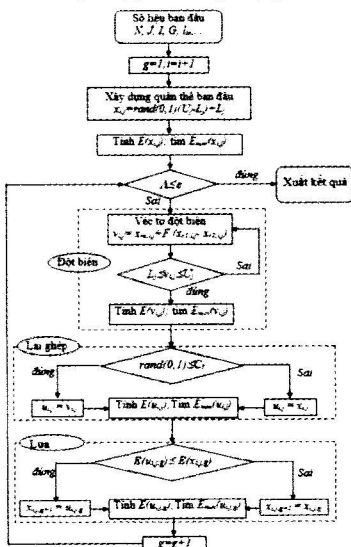
$$x_{i,j,g+1} = u_{i,j,g} \quad (32)$$

Hay: $x_{i,1,g+1} = u_{i,1,g}; x_{i,2,g+1} = u_{i,2,g}; x_{i,3,g+1} = u_{i,3,g}; x_{i,4,g+1} = u_{i,4,g}$

- Khi $E(u_{i,j,g}) > E(x_{i,j,g})$: Chọn phần tử của quần thể ban đầu của thế hệ tiếp theo lấy bằng giá trị phần tử vector quần thể ban đầu của thế hệ trước:

$$x_{i,j,g+1} = x_{i,j,g} \quad (33)$$

Hay: $x_{i,1,g+1} = x_{i,1,g}; x_{i,2,g+1} = x_{i,2,g}; x_{i,3,g+1} = x_{i,3,g}; x_{i,4,g+1} = x_{i,4,g}$



Tính giá trị hàm mục tiêu theo các vector mới được tạo ra bằng cách lựa chọn theo công thức (32) hoặc (33), cụ thể: $E = f(u_{i,j})$ hoặc $E = f(x_{i,j})$, xác định giá trị nhỏ nhất của hàm mục tiêu theo tập vector mới của các biến số. Sơ đồ thuật toán giải bài toán tối ưu nêu trên cho theo Hình 2.3 dưới đây:

Hình 2.3: Sơ đồ thuật toán DE

4. KẾT QUẢ TÍNH TOÁN

Giải bài toán tối ưu theo sơ đồ thuật toán DE trên Hình 2.3 bằng ngôn ngữ lập trình Python với bộ số liệu ban đầu theo [1] đến [5] như sau:

Bảng 4.1. Các thông số chạy chương trình

TT	Thông số	Giá trị	Đơn vị
1	Lực cản cắt riêng (K)	60000	N/m ²
2	Hệ số ma sát giữa gầu với đất	0,3	
3	Chiều rộng phoi đất mở rộng (B)	0,2	m
4	Độ dày phoi đất mở rộng (C ₂)	0,21	m
5	Giới hạn bền nén của đất (σ)	140000	N/m ²
6	Tỷ trọng đất (ρ)	18000	N/m ³
7	Tỷ trọng bùn bentonit (ρ _b)	12500	N/m ³
8	Tốc độ quay gầu (ω)	0,7÷2,4	Rad/s
9	Vận tốc dẫn tiến xi-lanh (Vxl)	0,7 ÷ 1,7	m/s
10	Đường kính gầu (D _g)	0,880÷1,580	m
11	Chiều cao gầu (H _g)	0,45÷0,9	m
12	Thể tích gầu(V _g)	0,54÷0,86	m ³
13	Góc cắt (δ)	30÷55	độ
14	Góc sau (θ)	15÷35	độ
15	Góc ma sát giữa răng gầu với nền đất (φ)	20÷30	độ
16	Số răng (z)	10	
17	Chiều dài lưỡi cắt (l=R)	0,44÷0,76	m
18	Trọng lượng gầu (G _g)	11000	N
19	Trọng lượng của đất trong gầu (G _d)	15480	N
20	Chiều rộng quy kết bản khuấy (C ₁)	0,9	m
21	Cánh tay đòn mỗi lưỡi cắt (R _l)	1	m
22	Lực dọc trục cần khoan (Fao)	77236÷227236	N
23	Gia tốc trọng trường (g)	9,81	m/s ²
24	Lực dọc trục tác dụng lên ổ bi (V)	84236	N
25	Hệ số ma sát trong cụm ổ đỡ mâm khoan (μ)	0,02	
26	Đường kính trung bình của vành ổ đỡ mâm khoan (d _v)	0,64	m

27	Lực kéo bộ công tác lên khỏi hố khoan (P_k)	77236	N
28	Vận tốc kéo gầu lên khỏi hố khoan (do cấp nâng thực hiện) (V_k)	1,2	m/s
29	Tổng mô-men cản quay của máy (M_q)	194898,2	N.m
30	Vận tốc góc khi quay máy (ω_q)	0,4	rad/s
31	Mô-men cản quay máy khi đất đã đổ khỏi gầu (M_{q0})	183898	N.m
32	Lực ép của 2 xi-lanh thủy lực (P_{xl})	24000	N

Chương trình tính toán theo hàm mục tiêu là chi phí năng lượng riêng E nhỏ nhất cho ta các giá trị của đường kính gầu D_g , chiều cao gầu H_g , vận tốc góc ω , góc cắt δ và vận tốc dẫn tiến xi-lanh V_{xl} . Kết quả thu được phân bố ngẫu nhiên, phù hợp với thuật toán đã đặt ra, cụ thể là: kết quả tính toán trong bảng phân tích chi phí năng lượng riêng E, có thể xác định được 1 giá trị nhỏ nhất E_{min} . Từ ô giá trị này, dóng sang các cột còn lại cho phép nhận được các giá trị thông số hình học và thông số làm việc tối ưu của gầu là $D_g = 1,446$ m, $H_g = 0,622$ m, $\omega = 0,778$ rad/s,

$\delta = 35,685^\circ$, $V_{xl} = 0,827$ m/s, $E_{min} = 61,834$ (kJ/m³). Cuối cùng, ta có kết quả được tổng hợp như trong *Bảng 4.2* dưới đây:

Bảng 4.2. Các thông số tối ưu của gầu khoan

Đường kính gầu (D_g)	1,45 (m)
Chiều cao gầu (H_g)	0,62 (m)
Vận tốc góc (ω)	0,78 (rad/s)
Góc cắt (δ)	36 (độ)
Vận tốc dẫn tiến (V_{xl})	0,8 (m/s)
Chi phí năng lượng riêng nhỏ nhất (E_{min})	61,8 (kJ/m ³)

Nhận xét:

Từ các thông số hình học tối ưu của gầu cho thấy, đường kính gầu tỷ lệ nghịch với chiều cao gầu, tỷ lệ này phù hợp với các thông số được cung cấp bởi các hãng sản xuất trong và ngoài nước hiện nay [4].

Góc cắt $\delta = 35,685^\circ$ nằm trong vùng giá trị tốt nhất mà được các nhà sản xuất khuyến cáo đối với lưỡi cắt ($30 \div 50^\circ$).

$\omega = 0,778$ rad/s = 7,8 v/ph hoàn toàn phù hợp với kết quả thực nghiệm đo đạc được khi máy làm việc thực tế như sau:

$$\omega_{TN} = 7 \div 24 \text{ v/ph} = 0,7 \div 2,4 \text{ rad/s}$$

$V_{xl} = 0,827$ m/s nằm trong dải các giá trị thực tế thu được khi máy hoạt động ngoài công trường.

Chi phí năng lượng riêng $E_{min} = 62$ kJ/m³ với $D_g = 1,446$ m tương ứng đường kính lỗ $D_l = 1,5$ m, giá trị E_{min} thu được này nằm trong dải đo đạc được bằng thực nghiệm $E_{TN} = 30 \div 84$ kJ/m³.

5. KẾT LUẬN

Từ kết quả nhận được ở trên ta thu được các thông số kết cấu và thông số làm việc tối ưu như trong *Bảng 4.2*.

Kết quả nghiên cứu này giúp các đơn vị thi công tham

khảo, sử dụng để vận hành thiết bị với các thông số làm việc hợp lý mang lại hiệu quả kinh tế - kỹ thuật cao.

Ngoài ra, còn tạo cơ sở khoa học để tham khảo cho việc tính toán thiết kế, chế tạo bộ công tác máy khoan cọc nhồi tại Việt Nam phù hợp với điều kiện thực tế nước ta khi biết trước các thông số của cọc đã thiết kế, tính chất cơ lý của môi trường và công suất máy cơ sở.

Tài liệu tham khảo

[1]. Nguyễn Văn Vịnh và các cộng sự (2011), *Nghiên cứu tính toán, thiết kế, chế tạo bộ công tác của máy khoan cọc nhồi lắp trên cần trục bánh xích*, Đề tài NCKH-CN cấp Bộ GD-ĐT, mã số B2011-04-01.

[2]. Trương Quốc Thành, Nguyễn Văn Mạnh (2014), *Tính toán lực cản công tác lên thiết bị khoan cọc nhồi kiểu gầu*, Tạp chí Khoa học công nghệ Xây dựng, số 18, tr.17-25.

[3]. Trần Thị Hồng (2001), *Đề tài: Nghiên cứu ứng dụng thiết bị và công nghệ khoan cọc nhồi mở rộng đáy trong điều kiện địa chất TP. Hồ Chí Minh*, Luận án Tiến sỹ Kỹ thuật, TP. Hồ Chí Minh.

[4]. Cataloge của Công ty TNHH Cơ khí Việt Sinh, <http://vietsinh.vn/gioi-thieu.html>.

[5]. D.J. Fredlund, H. Rahardjo (1978), *Soil mechanics for unsaturated soils* Fredlund.

Ngày nhận bài: 05/02/2021

Ngày chấp nhận đăng: 21/3/2021

**Người phản biện: TS. Nguyễn Thoại An
TS. Khương Thị Hà**