XÂY DỰNG PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH VỊ TRÍ TÂM GHI HỢP LÝ

DEVELOP A METHOD TO DETERMINE THE REASONABLE CENTER POSITION OF RAILWAY SWITCH

Nguyễn Thế Hoàng
Bộ môn Máy và Thiết bị Mỏ, Khoa Cơ - Điện, Trường Đại học Mỏ - Địa chất

TÓM TẮT

Bộ bẻ ghi dùng để chuyển hướng ray trong vận tải đường sắt. Bộ bẻ ghi thay đổi chế độ làm việc bằng cách xoay phần ray động quanh tâm ghi. Vị trí tâm ghi và góc quay ghi quyết định đến kích thước của bộ bẻ ghi. Bài báo trình bày phương pháp xác định vị trí tâm ghi hợp lý nhằm làm giảm kích thước bộ bẻ ghi. Nghiên cứu được thực hiện bằng cách kết hợp phương pháp dựng hình bằng phần mềm AutoCAD để xác định dữ liệu đầu vào cho chương trình tính toán trên phần mềm MATLAB. Kết quả nghiên cứu là cơ sở để tính toán tối ưu kích thước bộ bẻ ghi đáp ứng nhu cầu khai thác xuống sâu trong lĩnh vực mỏ.

Từ khóa: *Bộ bẻ ghi; Tâm ghi; Vận tải đường sắt; Vận tải mỏ; Mỏ hầm lò; Thiết kế tối ưu.*

ABSTRACT

The railway switch is used to change rails in rail transport. The turnout changes the working mode by rotating the moving rail around the center of the railway switch. The position of the turnout center and the angle determine the size of the railway switch. This paper presents a method to determine the center position of railway switch to reduce the size of its. The study was carried out by combining the diagram method on AutoCAD software to determine the input data for the program on MATLAB software. The research results are the basis for calculating the optimal size of the breaker to meet the needs of deep mining in the field of mining.

Keywords: *Railway switch; Turnout center; Rail transport; Mining transport; Underground mining transport; Optimal design.*

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong ngành công nghiệp khai thác mỏ tại Việt Nam, hiện nay khai thác hầm lò là chủ yếu. Để nâng cao năng suất, các công nghệ khai thác hiện đại được sử dụng ngày càng nhiều. Máy móc, thiết bị được đưa vào mỏ với khối lượng lớn, vận chuyển xa làm gia tăng nhu cầu vận tải đường sắt kéo theo nhu cầu sử dụng các bộ bẻ ghi cũng tăng theo. Một số cơ sở sản xuất trong nước đã bắt đầu thiết kế và chế tạo bộ bẻ ghi theo mẫu có sẵn, nhưng lại chưa quan tâm đến việc thu gọn kích thước.

Trên thế giới, các công trình nghiên cứu về thiết bị bẻ ghi trong mỏ chưa nhiều. Hầu hết các nghiên cứu liên quan đến vận tải đường sắt nói chung. Các nghiên cứu [1], [2], [3] về trạng thái ứng suất của ray khi tương tác với bánh xe. Nghiên cứu [4] về động lực học trong tương tác giữa ray với bánh xe tại vị trí chuyển hướng. Một số đánh giá về trạng thái ứng suất tiếp xúc giữa đoạn ray của bộ ghi với bánh xe trong [5], hay phương án thiết kế biên dạng của đoạn ray chuyển hướng cho bộ ghi được đề xuất trong [6]. Đối với công tác vận tải đường sắt mỏ, đặc biệt khi khai thác hầm lò thì các bộ bẻ ghi cần có thiết kế nhỏ gọn để dễ vận chuyển, đồng thời cũng dễ bố trí ở những nơi có không gian hạn chế. Tuy nhiên, hầu hết các nghiên cứu trên đều không đề cập tới vấn đề này.

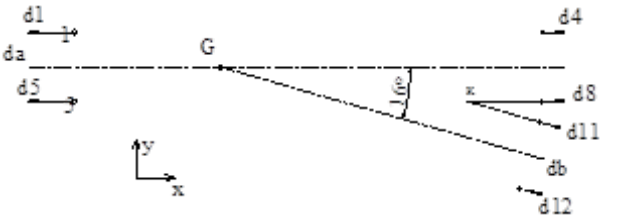
Bài báo trình bày phương pháp xác định vị trí tâm ghi hợp lý nhằm làm giảm kích thước bộ ghi. Nghiên cứu được thực hiện bằng cách kết hợp phương pháp dựng hình bằng phần mềm AutoCAD để xác định dữ liệu đầu vào cho chương trình tính toán trên phần mềm MATLAB. Kết quả nghiên cứu là cơ sở cho các tính toán tối ưu nhằm thu gọn kích thước bộ bẻ ghi đáp ứng nhu cầu khai thác xuống sâu trong lĩnh vực mỏ.

2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

2.1. Xây dựng cơ sở lý thuyết tính toán

Nghiên cứu được thực hiện dựa trên dữ liệu khảo sát tại Công ty Than Thống Nhất. Trong Hình 1: Sơ đồ khảo sát ghi rẽ phải ray chung trái tại Công ty Than Thống Nhất. Góc chuyển hướng giữa hai nhánh là 16°, cỡ đường ray S = 900mm, thép ray P24.

Tâm hình học của ghi G được chọn làm gốc tọa độ. d_a là tim đường thẳng, d_b là tim đường nhánh. Các tuyến ray thẳng nằm trên các đường d_1 - d_4, d_5 - d_s, các tuyến ray nhánh nằm trên đường d_{11}, d_{12}. K là giao điểm của d_8, d_{11}. Phương trình các đường thẳng được mô tả trong công thức (1). Trong đó, các hệ số (a_i, b_i, c_i) được xác định dựa trên sơ đồ vẽ trên phần mềm AutoCAD.



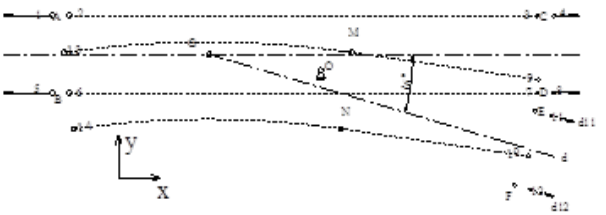
Hình 1. Sơ đồ khảo sát ghi rẽ phải ray chung trái tại Công ty Than Thống Nhất

$$a_i.x + b_i y + c_i = 0; (i = 1 \div 12) \quad (1)$$

Sơ đồ kết cấu bộ ghi rẽ phải ray chung trái như Hình 2 được chia thành hai bộ phận chính: bộ phận di động xoay quanh tâm O và bộ phận cố định.

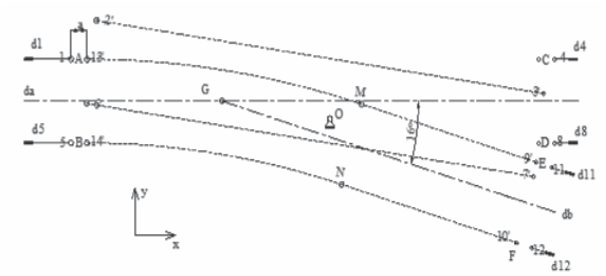
Bộ phận di động của ghi: gồm các tuyến ray nối thẳng (2 - 3, 6 - 7), tuyến ray rẽ nhánh (13 - M - 9, 14 - N - 10). Biên dạng của tuyến ray rẽ nhánh được thiết kế từ trước nên trong nghiên cứu này coi biên dạng của tuyến ray là dữ liệu đầu vào. Điểm M, N là giao điểm giữa đoạn ray thẳng và đoạn ray cong. Biên dạng tuyến ray rẽ nhánh được chia thành hai phần: các đoạn cong (13 - M) và (14 - N), các đoạn thẳng (M - 9) và (N - 10). Điểm đầu các đoạn ray di động của ghi lần lượt là (2, 3, 6, 7, 9, 13, 10, 14).

Bộ phận cố định: gồm ray và khung sắt được gắn cố định vào nền. Đầu các đoạn ray cố định lần lượt là các điểm (1, 4, 5, 8, 11, 12).



Hình 2. Bộ ghi rẽ phải ray chung trái ở chế độ nối thẳng

Bộ ghi rẽ phải ray chung trái làm việc ở hai chế độ: chế độ nối thẳng và chế độ rẽ phải. Khi ghi làm việc ở chế độ nối thẳng như Hình 2 thì điểm (2) ≡ A, (6) ≡ B, (3) ≡ C, (7) ≡ D. Từ chế độ nối thẳng, bộ phận di động xoay một góc γ quanh O theo hướng cùng chiều kim đồng hồ để chuyển sang chế độ rẽ nhánh Hình 3. Khi đó, điểm (13') ≡ A, (14') ≡ B, (9') ≡ E, (10') ≡ F.



Hình 3. Bộ ghi rẽ phải ray chung trái ở chế rẽ nhánh

2.2. Trình tự tính toán

Nghiên cứu được thực hiện đối với bộ ghi rẽ phải, ray chung trái. Trong hệ trục tọa độ Gxy, tọa độ của các điểm A; B được xác định theo công thức (2). Trong đó, $(x_1, y_1); (x_2, y_2); (x_A, y_A); (x_B, y_B)$ lần lượt là tọa độ của các điểm (1), (2), (A), (B). Khoảng cách giữa đoạn ray cố định và di động khi ghép nối là a.

$$\begin{cases} x_A = x_1 + a \\ y_A = y_1 \end{cases} \text{ và } \begin{cases} x_B = x_5 + a \\ y_B = y_5 \end{cases} \quad (2)$$

Gọi O là tâm ghi, tọa độ của O trong hệ trục Gxy là (x_0, y_0), điểm (8) có tọa độ (x_8, y_8). Gọi R_8 là khoảng cách từ O đến điểm (8) được xác định theo công thức (3).

$$R_8 = \sqrt{(x_8 + x_o)^2 + (y_8 - y_o)^2} \quad (3)$$

Điểm (11) là giao điểm của đường tròn tâm O bán kính R_8 với đường thẳng d_{11}. Tọa độ điểm (11) được xác định theo công thức (4).

$$\begin{cases} a_8 x_{11} + b_8 y_{11} + c_8 = 0 \\ (x_{11} - x_o)^2 + (y_{11} - y_o)^2 = R_8^2 \end{cases} \quad (4)$$

Điểm (4) là giao điểm của đường thẳng d_4 với đường thẳng đi qua điểm (8) và vuông góc với d_4. Điểm (12) là giao điểm của đường thẳng d_{12} với đường thẳng đi qua điểm (11) và vuông góc với d_{12}. Tọa độ các điểm (4) và (8) được xác định theo công thức (5) và công thức (6).

$$\begin{cases} x_4 = x_8 \\ y_4 = y_8 + S \end{cases} \quad (5)$$

$$\begin{cases} a_{12} x_{12} + b_{12} y_{12} + c_{12} = 0 \\ b_{11} x_{12} - a_{11} y_{12} + (a_{11} y_{11} - b_{11} x_{11}) = 0 \end{cases} \quad (6)$$

Tọa độ của các điểm (C, D, E, F) được xác định thông qua tọa độ các điểm (4, 8, 11,12) và khoảng cách khe hở b theo các hệ phương trình (7), (8).

$$\begin{cases} x_C = x_4 - b \\ y_C = y_4 \end{cases} \text{ và } \begin{cases} x_D = x_8 - b \\ y_D = y_8 \end{cases} \quad (7)$$

$$\begin{cases} a_{11} x_E + b_{11} y_E + c_{11} = 0 \\ (x_E - x_{11})^2 + (y_E - y_{11})^2 = b^2 \\ x_E < x_{11} \end{cases} \text{ và } \begin{cases} a_{12} x_F + b_{12} y_F + c_{12} = 0 \\ (x_F - x_{12})^2 + (y_F - y_{12})^2 = b^2 \\ x_F < x_{12} \end{cases} \quad (8)$$

Khi bộ ghi ở chế độ đi thẳng, các điểm

đầu đoạn ray thẳng (2, 6, 3, 7) lần lượt ở các vị trí (A, B, C, D). Do đó, tọa độ của các điểm đầu đoạn ray thẳng (2, 3, 6, 7) được xác định theo công thức (9).

$$\begin{cases} x & x \\ y & x \end{cases} \text{ và } \begin{cases} x_3 = x_C \\ y_3 = x_C \end{cases} \text{ và } \begin{cases} x_6 = x_B \\ y_6 = x_B \end{cases} \text{ và } \begin{cases} x_7 = x_D \\ y_7 = x_D \end{cases} \quad (9)$$

Khi bộ ghi ở chế độ ghi rẽ nhánh, các điểm đầu đoạn ray cong (9’, 10’, 13’, 14’) lần lượt ở các vị trí (E, F, A, B). Do đó, tọa độ các điểm đầu đoạn ray cong (9’, 10’, 13’, 14’) được xác định theo công thức (10).

$$\begin{cases} x_{9'} = x_E \\ y_{9'} = x_E \end{cases}; \begin{cases} x_{10'} = x_F \\ y_{10'} = x_F \end{cases}; \begin{cases} x_{13'} = x_A \\ y_{13'} = x_A \end{cases}; \begin{cases} x_{14'} = x_B \\ y_{14'} = x_B \end{cases} \quad (10)$$

Khi bộ ghi ở chế độ đi thẳng, các điểm đầu đoạn ray cong (9, 10, 13, 14) được xác định theo (9’, 10’, 13’, 14’) hay chính là theo (E, F, A, B) như trong công thức (11).

$$\begin{bmatrix} x_i \\ y_i \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & x_o \\ 0 & 1 & y_o \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} . \begin{bmatrix} \cos(-\gamma) & -\sin(-\gamma) & 0 \\ \sin(-\gamma) & \cos(-\gamma) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & -x_o \\ 0 & 1 & -y_o \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_j \\ y_j \\ 1 \end{bmatrix} \quad (11)$$

Trong đó, $i = (9,\ 10,\ 13,\ 14)$ tương ứng với $j = (E,\ F,\ A,\ B)$.

Khi bộ ghi ở chế độ rẽ nhánh, các điểm đầu đoạn ray thẳng (2’, 3’, 6’, 7’) được xác định theo (2, 3, 6, 7) hay chính là theo (A, B, C, D) như trong công thức (12).

$$\begin{bmatrix} x_i \\ y_i \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & x_o \\ 0 & 1 & y_o \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} . \begin{bmatrix} \cos(\gamma) & -\sin(\gamma) & 0 \\ \sin(\gamma) & \cos(\gamma) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & -x_o \\ 0 & 1 & -y_o \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_j \\ y_j \\ 1 \end{bmatrix} \quad (12)$$

Trong đó, $i = (2',\ 3',\ 6',\ 7')$ tương ứng với $j = (A, B, C, D)$.

Khi bộ bẻ ghi thay đổi chế độ làm việc, cụm bộ phận di động của nó sẽ quét trong vùng diện tích S được xác định bởi công thức (13).

$$DT = (x_{\max} - x_{\min}).(y_{\max} - y_{\min}) \quad (13)$$

Trong đó:

$$\begin{aligned} x_{\min} &= \min(x_2, x_3, x_6, x_7, x_9, x_{10}, x_{13}, x_{14}, x_{2'}, x_{3'}, x_{6'}, x_{7'}, x_{9'}, x_{10'}, x_{13'}, x_{14'}) \\ x_{\max} &= \max(x_2, x_3, x_6, x_7, x_9, x_{10}, x_{13}, x_{14}, x_{2'}, x_{3'}, x_{6'}, x_{7'}, x_{9'}, x_{10'}, x_{13'}, x_{14'}) \\ y_{\min} &= \min(y_2, y_3, y_6, y_7, y_9, y_{10}, y_{13}, y_{14}, y_{2'}, y_{3'}, y_{6'}, y_{7'}, y_{9'}, y_{10'}, y_{13'}, y_{14'}) \\ y_{\max} &= \max(y_2, y_3, y_6, y_7, y_9, y_{10}, y_{13}, y_{14}, y_{2'}, y_{3'}, y_{6'}, y_{7'}, y_{9'}, y_{10'}, y_{13'}, y_{14'}) \end{aligned} \quad (14)$$

2.3. Các điều kiện công nghệ

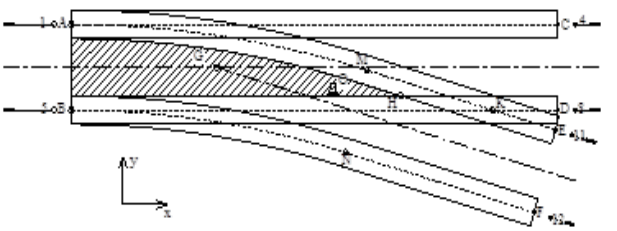
Theo [7], khi các tuyến ray được ghép nối, khe hở giữa các đoạn ray cố định và đoạn ray di động trên ghi không lớn hơn 10mm chọn (a = 10mm, b = 10mm).

Đối với ray P24 để đảm bảo khả năng gia công, lắp ráp thì khoảng cách giữa đầu của các đoạn ray không nhỏ hơn 150mm. Dựa trên phân tích sơ đồ Hình 2, điều kiện này được cụ thể hóa bằng các bất phương trình (15) và (16).

$$\sqrt{(x_{11} - x_8)^2 + (y_{11} - y_8)^2} \geq 150 \quad (15)$$

$$\sqrt{(x_9 - x_7)^2 + (y_9 - y_7)^2} \geq 150 \quad (16)$$

Để đảm bảo khả năng lắp ráp, khoảng cách từ tâm ghi đến các ray cần tối thiểu là 150mm. Do đó, vị trí tâm ghi O phải nằm trong miền xác định (MXĐ) là vùng gạch mặt cắt như trong Hình 4.



Hình 4. Miền xác định tâm ghi O

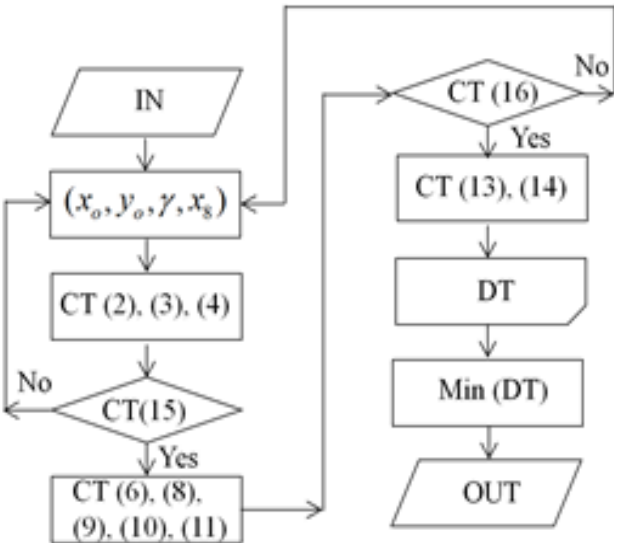
Gọi K là giao điểm của d_8 và d_{11}. Tọa độ điểm (8) luôn nằm phía bên phải của K. Khảo sát trên sơ đồ, ta có x_K = 3202 (mm) nên $x_8 \geq 3202$ (mm). Chọn miền khảo sát sơ bộ của điểm (8):

$$3200 \leq x_8 \leq 4000 \quad (17)$$

2.4. Sơ đồ thuật toán

Hình 5: Lưu đồ thuật toán. Dữ liệu đầu vào (IN) bao gồm miền xác định của tâm ghi O, miền xác định của góc xoay γ, miền xác định của x_8, các phương trình đường thẳng trong công thức (1), tọa độ các điểm M, K, H, khe hở cài đặt trước (a, b).

Theo trình tự tính toán, tương ứng bộ số liệu gồm: vị trí tâm ghi O; góc xoay γ; vị trí điểm (8) và với khoảng khe hở ray chọn trước thì ta sẽ xác định được diện tích. So sánh diện tích trong các trường hợp, ta sẽ chọn được bộ số liệu để diện tích nhỏ nhất DT_{min}. Bộ dữ liệu đầu ra (OUT) gồm vị trí tâm ghi O và góc xoay γ và tọa độ điểm x_8 tương ứng với vùng hoạt động có diện tích nhỏ nhất là các giá trị cần tìm.



Hình 5. Lưu đồ thuật toán

Bảng 1. Dữ liệu đầu vào

TT	Ký hiệu	Tên gọi	Giá trị	TT	Ký hiệu	Tên gọi	Giá trị
1	a	Khe hở ray	10	11	(x_5, y_5)	Tọa độ điểm (5)	(-1686, -450)
2	b	Khe hở ray	10	12	(x_6, y_6)	Tọa độ điểm (6)	(-1686, -450)
3	γ	Góc xoay	$0^0 < \gamma < 16^0$	13	(x_8, y_8)	Tọa độ điểm (8)	(x_8; -450)
4	(x_G, y_G)	Gốc tọa độ	(0, 0)	14	$(x_{13'}, y_{13'})$	Tọa độ điểm (13')	(-1688, -450)
5	(x_0, y_0)	Tọa độ tâm ghi O		15	$(x_{14'}, y_{14'})$	Tọa độ điểm (13')	(-1688, -450)
6	(x_M, y_M)	Tọa độ điểm M	(1704, y_M)	16	n_{ox}	Khoảng chia theo trục x trong miền xác định của O	
7	(x_H, y_H)	Tọa độ điểm H	(2136, y_H)	17	n_{oy}	Khoảng chia theo trục y trong miền xác định của O	
8	(x_1, y_1)	Tọa độ điểm (1)	(-1686, 450)	18	n_γ	Khoảng chia trong miền xác định của γ	
9	(x_2, y_2)	Tọa độ điểm (2)	(-1686, 450)	19	n_8	Khoảng chia miền trong xác định của điểm (8) theo trục x	
10	(x_4, y_4)	Tọa độ điểm (4)	(x_4, 450)				

ISSN 2615 - 9910 (bản in), ISSN 2815 - 5505 (online)
TẠP CHÍ CƠ KHÍ VIỆT NAM, Số 298, tháng 12 năm 2022
cokhivietnam.vn / tapchicokhi.com.vn

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Thực hiện chạy chương trình với bộ số liệu đầu vào như trong Bảng 1. Kết quả tính toán được thể hiện như trong Bảng 2.

Bảng 2. Kết quả chọn tọa độ tâm ghi và góc quay

Lần	x_{omin}	x_{omax}	n_{ox}	n_{oy}	γ_{min}	γ_{max}	n_{γ}	x_{8min}	x_{8max}	n_8	x_o	y_o	γ	x_8	DT_{min} (m^2)
1	-1686	2136	10	10	0	-16	10	3200	4000	80	437.33	23.042	-7.11	3746.8	11.925
2	0	900	20	10	-5	-9	8	3720	3770	5	473.68	63.48	-5.57	3745	11,615

So sánh kích thước với vùng hoạt động của cụm di động trên mẫu ghi cũ với kết quả tính toán lần 2 thì kích thước vùng hoạt động của cụm di động trên nhỏ hơn cụ thể như sau:

Theo phương Ox, kích thước giảm từ 5717 về 5484 (mm) tương đương 4,08%.

Theo phương Oy, kích thước giảm từ 2372 về 2118 (mm) tương đương 10,71%.

Theo vùng quét của bộ phận di động, diện tích giảm từ 13,56 về 11,615 (m^2) tương đương 14,34%.

Kết quả trên được thực hiện với các khoảng chia miền xác định của tâm ghi O, miền xác định của góc xoay γ và miền xác định của điểm (8) còn ở mức thô. Để đạt kết quả tính tối ưu hơn cần chia lưới nhỏ hơn. Nhưng điều này đòi hỏi máy tính cấu hình cao và thời gian tính toán lâu hơn.

4. KẾT LUẬN VÀ KHUYẾN NGHỊ

Nghiên cứu đã xây dựng được phương pháp xác định tọa độ tâm ghi trên cơ sở kết hợp phương pháp họa đồ và phương pháp số. Kết quả tính toán ở trường hợp cụ thể cho thấy hiệu quả giảm kích thước đáng kể.

Phương pháp tính chọn tâm ghi mới là có thể được phát triển để tạo thành chương trình tính toán tự động nhằm tối ưu hóa thiết kế.

Lời cảm ơn:

Nghiên cứu này được tài trợ bởi đề tài nghiên cứu cấp Bộ Công Thương, trong khuôn khổ đề tài nghiên cứu bộ mã số ĐT.BO.181/21. Tác giả xin chân thành cảm ơn Bộ Công Thương, Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Trung tâm Nghiên cứu Cơ Điện Mỏ đã hỗ trợ thời gian, phương tiện và cơ sở vật chất cho nghiên cứu này.❖

Ngày nhận bài: **15/11/2022**
Ngày phản biện: **28/11/2022**

Tài liệu tham khảo:

[1]. Sunil Pate, Veerendra Kumar, Raji Nareliya; "*Fatigue analysis of rail joint using finite element method.*" International Journal of Research in Engineering and Technology, vol. 2, no. 1, pp. 80-84, 2013.

[2]. B. Jagadeep, P. Kiran Kumar, K. Venkata Subbaiah; "*Stress Analysis on Rail Wheel Contact.*" International Journal of Research in Engineering, Science and Management, vol. 1, no. 5, pp. 47-52, 2018.

[3]. Eneyw Gardie, Habtamu Dubale, Ewnetu Tefera, Yihunie Mognhod Bezzeie; "*Numerical analysis of rail joint in a vertical applied load and determining the possible location of joints*". Forces in Mechanics, 2022.

[4]. Rong Chen, Chenyang Hu, Jingmang Xu, Zheng Gong, Le Liu; "*Research on guided wave propagation characteristics in turnout rails*". Journal of Sound and Vibration, vol. 494, 2021.

[5]. Rong Chen, Jiayin Chen, Ping Wang, Jiasheng Fang, Jingmang Xu; "*Impact of wheel profile evolution on wheel-rail dynamic interaction and surface*". Wear, Vols. 438-439, 2019.

[6]. Alexey Loktev, Vadim Korolev, Irina Shishkina; "*Curved Turnouts for Curves of Various Radii*". Transportation Research Procedia, 2022.

[7]. N. V. Kháng; *Máy vận tải và tổ hợp thiết bị vận tải mỏ*. NXB. Khoa học Kỹ thuật, 2005.

[8]. N. V. Kháng; *Máy và tổ hợp thiết bị vận tải mỏ*. Khoa học Kỹ thuật, 2005.