

PHÂN TÍCH ĐỘ NHẠY CỦA CÁC THÔNG SỐ MỎ ĐẾN SẢN LƯỢNG MỎ TRONG GIAI ĐOẠN THIẾT KẾ

TRẦN ĐÌNH BẢO, FOMIN S.I.

Trường Đại học Mỏ Saint-Petersburg, LB Nga

NGUYỄN ĐÌNH AN - *Trường Đại học Mỏ-Địa chất*

VŨ ĐÌNH TRỌNG - *Trường Đại học Công nghệ mỏ Freiberg, Đức*

Email: trandinhbao@hmg.edu.vn

1. Những vấn đề cơ bản về phân tích độ nhạy

Phân tích độ nhạy (SA) là nghiên cứu về sự không chắc chắn trong đầu ra của một mô hình mà có thể do sự phân bố các nguồn gốc khác nhau của sự không chắc chắn trong đầu vào của mô hình đó [4].

Phân tích độ nhạy của dự án khai thác mỏ là xem xét sự thay đổi của chỉ tiêu thiết kế, khi các yếu tố có liên quan đến chỉ tiêu thiết kế mỏ thay đổi. Phân tích độ nhạy nhằm xem xét mức độ nhạy cảm của chỉ tiêu thiết kế đối với sự biến động của các yếu tố liên quan. Vậy, phân tích độ nhạy là phân tích mối quan hệ giữa các đại lượng đầu vào không an toàn và đại lượng đầu ra.

Các phương pháp phân tích độ nhạy: để phân tích độ nhạy của dự án (khai thác mỏ) chúng ta có thể sử dụng các phương pháp sau như: phân tích ảnh hưởng của từng yếu tố liên quan đến chỉ tiêu thiết kế mỏ, nhằm tìm ra yếu tố gây nên sự nhạy cảm lớn nhất; phân tích ảnh hưởng đồng thời của nhiều yếu tố đến chỉ tiêu thiết kế mỏ để đánh giá độ an toàn của dự án; phân tích chỉ số nhạy cảm của chỉ tiêu thiết kế.

Mục tiêu của phân tích độ nhạy của của dự án khai thác mỏ là chỉ ra các yếu tố cần thiết, những biến số quan trọng, có khả năng ảnh hưởng nghiêm trọng tới kết quả khi thực hiện thiết kế và kiểm tra ảnh hưởng do thay đổi từng hệ số riêng lẻ tới kết quả thiết kế (phân tích đơn biến). Cơ sở để lựa chọn các hệ số để phân tích định lượng là kết quả của quá trình phân tích định tính.

Phân tích độ nhạy trong dự án khai thác mỏ liên quan tới việc đưa mối quan hệ giữa các chỉ tiêu kinh tế-kỹ thuật mỏ thay đổi mạnh như thế nào khi thay đổi một trong những thông số thiết kế ban

đầu. Sự phụ thuộc càng mạnh, thì rủi ro thực hiện của thiết kế càng cao.

Trong phạm vi nghiên cứu này, tác giả sử dụng phương pháp phân tích ảnh hưởng của từng yếu tố liên quan đến chỉ tiêu thiết kế mỏ.

Để phân tích ảnh hưởng của từng yếu tố liên quan đến chỉ tiêu thiết kế mỏ nhằm tìm ra yếu tố gây nên sự nhạy cảm lớn đến nó, ta tiến hành theo các bước như sau:

Xác định các biến chủ yếu (những yếu tố liên quan) của chỉ tiêu xem xét. Tăng giảm mỗi yếu tố đó theo cùng một tỉ lệ % nào đó (khi thay đổi chúng bằng một đại lượng cố định, ví dụ 10 %), tính lại chỉ tiêu xem xét. Đo lường tỷ lệ % thay đổi của chỉ tiêu thiết kế mỏ do sự thay đổi của các yếu tố. Yếu tố nào làm cho chỉ tiêu xem xét thay đổi lớn thì dự án nhạy cảm với yếu tố đó, quá trình phân tích này cho phép xác định các biến quan trọng nhất để thiết kế các biến ban đầu. Yếu tố này cần được nghiên cứu và quản lý nhằm hạn chế tác động xấu, phát huy các tác động tích cực đến sự thay đổi của chỉ tiêu thiết kế. Tương tự tính toán chỉ số đàn hồi cho các biến số còn lại. Việc phân tích độ nhạy kết thúc giúp ta xây dựng được Bảng xếp hạng các biến rủi ro dựa trên độ lớn của hệ số đàn hồi: giá trị đàn hồi càng lớn, thì phụ thuộc càng lớn và rủi ro càng lớn đối với thực hiện thiết kế [2], [3], [5], [9].

Sau đó, trên cơ sở các tính toán đã thực hiện, tiến hành xếp hạng (theo kinh nghiệm) các biến theo mức độ quan trọng (ví dụ, rất cao, trung bình, không cao) và đánh giá, thẩm định khả năng dự báo giá trị của các biến (ví dụ, cao, trung bình, thấp). Xa hơn nữa, chuyên gia có thể xây dựng ma trận của độ nhạy, ma trận này cho phép phân tích các rủi ro ít hơn hay nhiều hơn đối với các biến số thiết kế.

2. Phân tích độ nhạy của các thông số đến sản lượng mỏ

Một trong những chỉ tiêu quan trọng nhất khi tiến hành thiết kế mỏ là sản lượng mỏ. Sản lượng mỏ, đặc trưng cho cường độ khai thác khoáng sàng, phụ thuộc vào các hệ số kinh tế-kỹ thuật mỏ cũng như nhu cầu của thị trường. Việc xây dựng phương pháp và phát triển học thuyết để xác định sản lượng mỏ lộ thiên phù hợp với sự tiến bộ trong công tác khai thác là nhu cầu tất yếu hiện nay.

Sản lượng mỏ, là một chỉ tiêu công tác cơ bản của các xí nghiệp mỏ, được đặc trưng bởi cường độ khai thác khoáng sàng và được xác định bằng các hệ số kinh tế-công nghệ mỏ. Sản lượng mỏ lộ thiên theo khoáng sản có ích phụ thuộc vào thể tích khối trữ lượng, nằm trong biên giới cuối cùng của mỏ, phụ thuộc vào thời gian khai thác khoáng sàng, khả năng có thể của các thiết bị vận tải theo thiết kế và thực tế, và công tác tổ chức sản xuất...

Trong trường hợp tổng quát sản lượng mỏ khi tính theo khoáng sản có ích được xác định theo biểu thức sau [10]:

$$A_p = \frac{dG_p}{dT} = \frac{d}{dT} \int_0^T f_p(T) dT \quad (1)$$

Trong đó: A_p - Trữ lượng khoáng sản có ích trong biên giới mỏ, tấn; T - Tuổi thọ mỏ, năm; $f_p(T)$ - Hàm đặc trưng cho sự biến đổi động lực học của sản lượng khoáng sản có ích theo thời gian.

Đối với khoáng sàng cụ thể việc xác định hàm $f_i(T)$, cần phải xem xét rất nhiều các hệ số phức tạp có liên hệ với nhau. Trong các phương pháp xác định sản lượng mỏ hiện nay thì hàm mục tiêu $f_i(T)$, được hợp nhất trong hai nhóm cơ bản sau [8], [9]: theo khả năng công nghệ mỏ và theo hệ số kinh tế, mỗi phương pháp có một phạm vi áp dụng riêng. Trong thực tế nghiên cứu và thiết kế hiện nay, để nâng cao độ tin cậy của kết quả nhận được cần thiết nghiên cứu sử dụng một số phương pháp đồng thời để xác định sản lượng mỏ. Tuy nhiên trong các phương pháp nêu trên đã không tính đến hệ số thị trường của loại nguyên liệu khoáng sản xem xét.

Sự phụ thuộc của giá trị phỏng đoán của sản

Bảng 1. Thông số ban đầu để phân tích độ nhạy của chỉ tiêu sản lượng mỏ lộ thiên

Thông số	h_0 , m/năm	H, m	L, m	B, m	B, độ	φ , độ	η	ρ
Giá trị ban đầu	8	20	1800	45	80	15	0,032	0,079
Gia số	1	1	200	5	2	1	0,004	0,007

Nghiên cứu tiến hành xác định mức độ ảnh hưởng của từng yếu tố đến sản lượng mỏ A_p , quá trình này được tiến hành theo dõi trong 7 năm khai thác của mỏ. Tác giả tiến hành xác định mức độ

lượng khoáng sản có ích khi khai thác các mỏ có thể nằm dốc đứng, có tính đến tổn thất và pha loãng có dạng [8]:

$$A_p = h_0 \cdot S \cdot \frac{1-\eta}{1-\rho} \quad (2)$$

Trong đó: h_0 - Tốc độ xuống sâu của công tác khai thác, m/năm; S - Diện tích nằm ngang của khoáng sản có ích, m^2 ; η , ρ - Hệ số tổn thất và pha loãng khoáng sản có ích;

Các phương pháp, dựa trên sự phân tích khả năng phát triển của công trình mỏ theo hướng xuống sâu và theo phương ngang, có tính đến kích thước thân quặng, trữ lượng khoáng sản có ích, công suất và thành phần đất đá phủ, phương pháp bóc phủ, hệ thống khai thác, hướng phát triển của công trình mỏ, thiết bị xúc bốc và vận tải áp dụng,... hầu hết toàn bộ các yếu tố địa chất mỏ và kỹ thuật [8]-[10].

Dựa trên cơ sở là các tài liệu mỏ tương tự, hay theo phương pháp tính toán xác định tốc độ xuống sâu có thể của mỏ. Khi quá trình khai thác xuống sâu tính theo thân quặng, thì tốc độ của nó bằng tốc độ hạ thấp của quá trình khai thác. Khi đó phần diện tích ngang của thân khoáng sản có ích:

$$S = h \cdot L \cdot (\cotg\varphi + \cotg\beta) \quad (3)$$

Trong đó: h - Chiều cao tầng, m; L - Chiều dài block xúc, m; φ - Góc nghiêng bờ mỏ, độ; β - Góc xuống sâu, độ.

Do đó, công thức để xác định sản lượng mỏ theo hệ số kỹ thuật sẽ có dạng [6], [11]:

$$A_p = h \cdot h_0 \cdot L \cdot (\cotg\varphi + \cotg\beta) \cdot \frac{1-\eta}{1-\rho} \quad (4)$$

Ảnh hưởng ngầm có thể của chiều rộng mặt tầng công tác tới góc xuống sâu:

$$\beta = \arctg \frac{B + h \cdot \cotg\alpha}{h} \quad (5)$$

Trong đó: α - Góc nghiêng sườn tầng.

Như vậy, sản lượng mỏ lộ thiên phụ thuộc vào hàng loạt các thông số và các chỉ tiêu khác nhau, để tiến hành phân tích độ nhạy của chỉ tiêu sản lượng mỏ, ta giả thiết các thông số thiết kế của một mỏ như sau (Bảng 1).

ảnh hưởng của các đối số tới đại lượng A_p , ước lượng biên độ dao động của các đối số, sau đó xác định giá trị trung bình và trên cơ sở đó xác định giá trị trung bình của sản lượng mỏ.

Theo (4), thay các giá trị biến đổi của một đối số xem xét, còn giữ nguyên các giá trị trung bình của các đối số còn lại. Tiến hành tính toán phân tích độ nhạy của từng yếu tố tới sản lượng mỏ, ta lập được Bảng 2 và xây dựng các biểu đồ quan hệ (hình H.1÷H.6).

Để biểu thị mức độ ảnh hưởng khác nhau của các yếu tố tới sản lượng mỏ dưới dạng số (dạng định lượng), sử dụng hệ số đàn hồi, hệ số này đặc

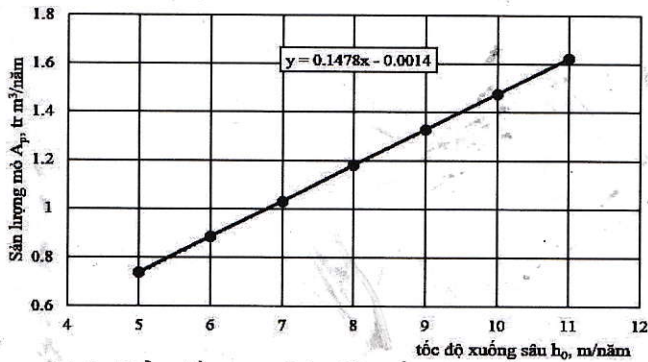
trung cho mức độ phản ứng của hàm đến mức độ biến đổi của các đối số [7], [8].

$$\varepsilon = \frac{100}{n-1} \sum_{i=1}^{n-1} \frac{\Delta y_i x_i}{\Delta x_i y_i} \quad (6)$$

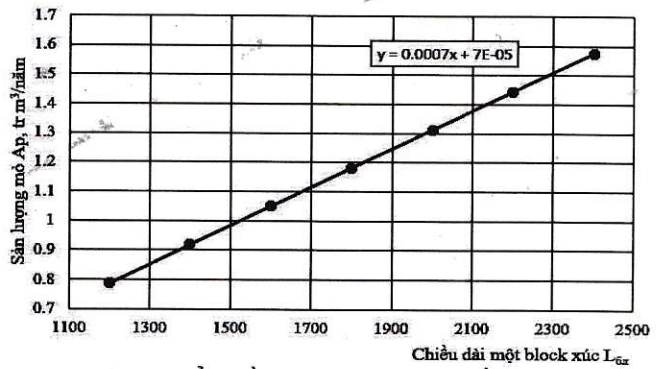
Trong đó: n - Số điểm trên đường cong, y_i - Giá trị của hàm tại điểm i; Δy_i - Số gia của hàm tại điểm thứ i; x_i - Giá trị của đối số tại điểm i; Δx_i - Số gia của đối số tại điểm i.

Bảng 2. Mức độ ảnh hưởng của các chỉ tiêu và các thông số tới sản lượng mỏ

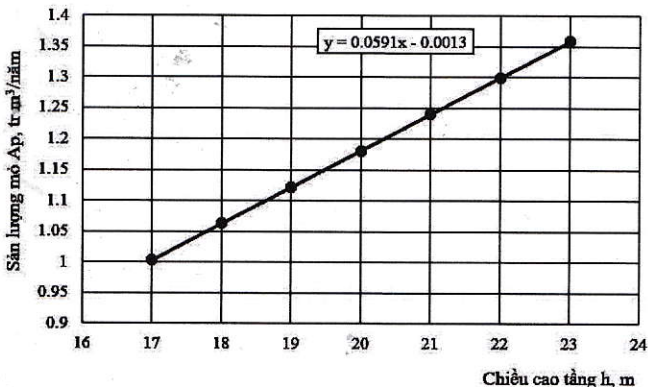
Thông số	Đơn vị đo	Năm							
		1	2	3	4	5	6	7	
h_0	m/năm	5	6	7	8	9	10	11	+99,48
A_p	tr m ³ /năm	0,738	0,886	1,03	1,181	1,329	1,476	1,624	
h	m	17	18	19	20	21	22	23	+100,0
A_p	tr m ³ /năm	1,003	1,063	1,122	1,181	1,240	1,299	1,358	
L_{6n}	m	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400	+100,0
A_p	tr m ³ /năm	0,787	0,919	1,05	1,181	1,312	1,443	1,575	
B	m	30	35	40	45	50	55	60	+82,5
A_p	tr m ³ /năm	1,757	1,833	1,908	1,181	2,059	2,135	2,211	
β	Độ	74	76	78	80	82	84	86	-36,1
A_p	tr m ³ /năm	1,214	1,203	1,192	1,181	1,171	1,16	1,149	
φ	Độ	12	13	14	15	16	17	18	-93,47
A_p	tr m ³ /năm	1,476	1,363	1,266	1,181	1,108	1,042	0,984	



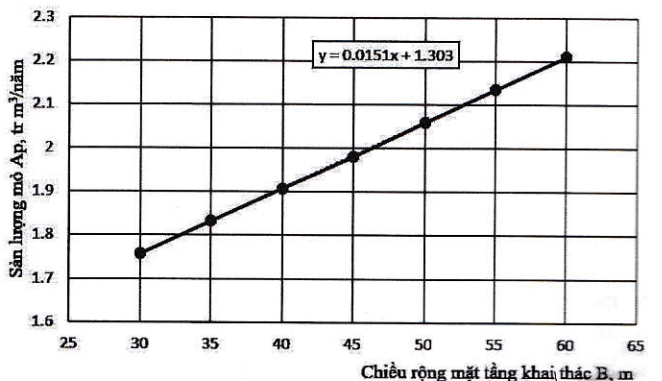
H.1. Biểu đồ quan hệ giữa tốc độ xuống sâu với sản lượng mỏ



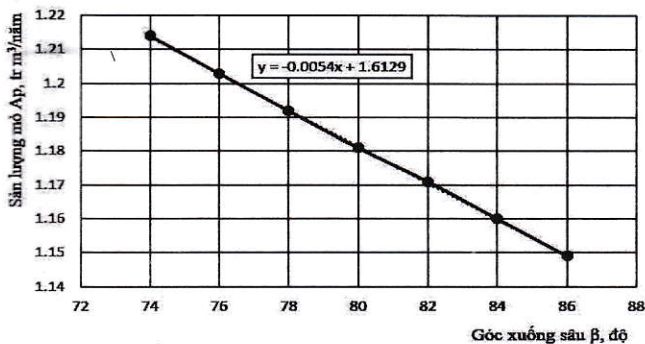
H.3. Biểu đồ quan hệ giữa chiều dài 1 block xúc bốc với sản lượng mỏ



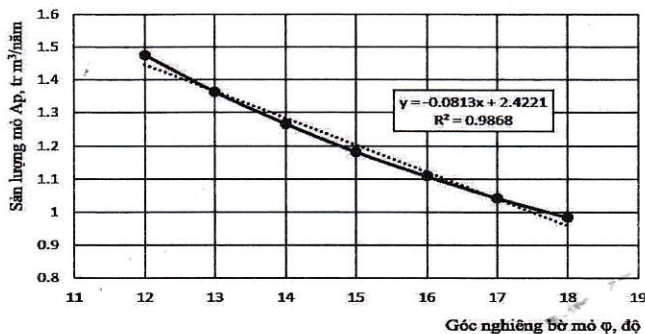
H.2. Biểu đồ quan hệ giữa chiều cao tầng với sản lượng mỏ



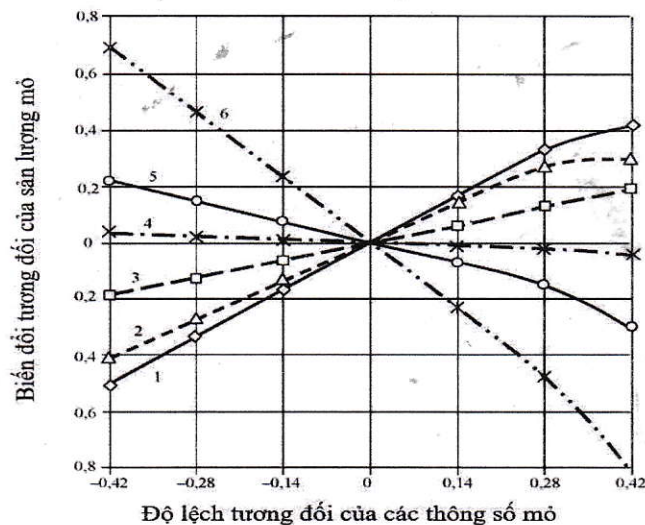
H.4. Biểu đồ quan hệ giữa chiều rộng mặt tầng khai thác với sản lượng mỏ



H.5. Biểu đồ quan hệ giữa góc xuống sâu với sản lượng mỏ



H.6. Biểu đồ quan hệ giữa góc nghiêng bờ mỏ với sản lượng mỏ



H.7. Biểu đồ tương quan sự biến đổi tương đối của sản lượng mỏ với độ lệch tương đối của các thông số mỏ: 1 - Đường tốc độ xuống sâu; 2 - Đường block xúc; 3 - Đường chiều cao tầng; 4 - Đường chiều rộng mặt tầng công tác; 5 - Đường góc nghiêng bờ công tác; 6 - Đường góc xuống sâu

Bảng 2 giới thiệu các giá trị của mức độ ảnh hưởng của các thông số và chỉ tiêu bao gồm các ảnh hưởng rõ ràng và ảnh hưởng ngầm tới sản lượng mỏ. Theo tài liệu của Bảng (2) ta tiến hành xây dựng biểu đồ quan hệ $A_p=f(h_0, h, L, \varphi, \beta, B)$. Trên biểu đồ

biểu diễn đồ thị phụ thuộc của biến đổi tương đối của sản lượng mỏ với độ lệch tương đối của các thông số mỏ. Theo mức độ ảnh hưởng của các yếu tố đến tham số nghiên cứu có thể chia ra thành 3 nhóm sau:

- Mức độ ảnh hưởng thấp (từ 0÷40 %) - Góc xuống sâu;
- Mức độ ảnh hưởng trung bình (41÷90 %) - Chiều rộng mặt tầng công tác;
- Mức độ ảnh hưởng cao (lớn hơn 91 %) - Góc nghiêng bờ mỏ, chiều cao tầng, chiều dài block xúc.

3. Kết luận

Mức độ ảnh hưởng của các thông số khác nhau tới sản lượng mỏ được đặc trưng bởi hệ số đàn hồi. Tiến hành phân tích độ nhạy các chỉ tiêu thiết kế cho phép xác lập mức độ ảnh hưởng của các thông số khác nhau tới sản lượng mỏ, quá trình đã được tiến hành với khoáng sàng khoáng sản có ích có thể nằm dốc đứng, và được đặc trưng bởi hệ số đàn hồi [6], [7]. Tốc độ xuống sâu của quá trình khai thác, chiều cao tầng, chiều dài block xúc có ảnh hưởng lớn tới kết quả của dự án thiết kế. □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Hill J.H. Geological and economical estimate of mining projects. London, 1993. 85 p.
2. Hustrulid W.A. Open Pit Mine Planning & Design / W.A. Hustrulid, M.E. Kuchta // CRC Press. 2006. 971 p.
3. Hustrulid W.A. Open Pit Mine: Planning & Design / WA. Hustrulid, M.E. Kuchta. Rotterdam, Brookfield, VT: A.A. Balkema, 1998. 735 p.
4. Saltelli, A., Ratto, M., Andres, T., Campolongo, F., Cariboni, J., Gatelli, D. Saisana, M., and Tarantola, S., 2008, Global Sensitivity Analysis. The Primer, John Wiley & Sons.
5. Schroder D.L. Large surface miners - applications and cost calculations // Krupp Fordertechnik GmbH, Essen, Germany, February 1999. P.1-6.
6. Fomin S.I. The Mining technology of a thick overburden layer covering a group of flat dipping coal seams //S.I. Fomin, DA. Vedrova // Mine planning and equipment selection. Dresden, Germany, Springer. 2013. Vol.1. P.75-81.
7. Fomin S.I. Risk analysis method for opencast mining project. Annual. University of mining and geology St. Ivan Rilski. Sofia, 2012. Part 2. Vol.55. P.23-28.
8. Арсентьев А.И. Производительность карьеров. Санкт-Петербургский горный институт. СПб, 2002. 85 с.
9. Трубецкой К.Н. Проектирование карьеров: Учеб. для вузов: В 2 т. К.Н. Трубецкой, Г.Л. (Xem tiếp trang 32)

từ, cường độ từ trường suy giảm nhanh đến giá trị cực tiểu là 7.78 kA/m.

H.8 thể hiện biên dạng của cường độ từ trường theo phương dọc trục tang, tại vùng có gần vành dẫn từ. Phần đầu máy tuyển từ (có vị trí từ 0 đến 100 mm) có cường độ từ trường yếu. Tại phần thân của máy tuyển từ, cường độ từ trường có giá trị dao động từ 46 kA/m đến 98.25 kA/m. Như vậy, giá trị cường độ từ trường thu được từ mô hình FEM tương đối phù hợp với các giá trị thiết kế sơ bộ.

4. Kết luận

Các kết quả nghiên cứu cho thấy những ưu điểm vượt trội của việc ứng dụng phương pháp phần tử hữu hạn và mô phỏng số để xác định phân bố từ trường trong kết cấu của các máy tuyển từ tang quay nam châm điện. Những dữ liệu về biên dạng và giá trị cường độ từ trường tại bề mặt tang của máy tuyển từ có thể giúp người thiết kế đưa ra những hiệu chỉnh và tối ưu về mặt hình học, vật liệu và hiệu suất trong công nghệ thiết kế máy tuyển từ. Việc sử dụng hiệu quả các công cụ phân tích, mô phỏng sẽ góp phần giảm chi phí, rủi ro trong thiết kế các mẫu máy tuyển từ mới, đồng thời từng bước làm chủ và hoàn thiện công nghệ thiết kế máy tuyển từ. □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Viện Khoa học và Công Nghệ Mỏ-Luyện Kim, Đề tài cấp Bộ "Nghiên cứu thiết kế, chế tạo máy tuyển từ yếu 2 trục phục vụ chế biến xỉ titan", Bộ Công Thương, 2008.
2. Jan Svoboda, Magnetic Techniques for the Treatment of Materials, Springer Science Business Media, Inc, 2004.
3. Daniel Norrgran, Jaisen N. Kohmuench, Separation magnetism - examine new developments in coal preparation equipment, www.worldcoal.com, 2007.
4. E.B. Park, S.D. Choi, C.J. Yang, Design Optimization and Fabrication of an Advanced High Gradient Magnetic Separator, Journal of Magnetic, 2000.
5. Lu Dong-fang, Wang Yu-hua, He Ping-bo, Sun Wei, Hu Yue-hua, Simulation of magnetic field on tracked permanent magnetic separator based on ANSYS, The Chinese Journal of Nonferrous Metals, August 2014.
6. Nicola Bianchi, Electrical Machine Analysis using Finite Elements, CRC Press, 2005.
7. ANSYS Maxwell Manual Version 17.
8. Magnetic Separators, www.kanetec.co.jp/en/pdf/120_138.pdf.

Ngày nhận bài: 14/02/2017.

Ngày gửi phản biện: 01/03/2017

Ngày nhận phản biện: 16/04/2017

Ngày chấp nhận đăng bài: 15/06/2017

Từ khóa: máy tuyển từ, nam châm điện; phần tử hữu hạn (FEM); cường độ từ trường

SUMMARY

Drum electromagnetic separator widely used for extraction and processing of minerals, such as iron ore, magnetite, ilmenite having a strong and medium magnetism. The paper presents the finite element method to determine the magnetic field distribution generated by electromagnet system in magnetic separators. The method will improve the precision of calculations in separator's designing.

PHÂN TÍCH ĐỘ NHẠY...

(Tiếp theo trang 18)

Краснянский, В.В. Хронин. М.: Изд-во Академии горных наук, 2001. Т.1. 519 с.

10. Фомин С.И. Производительность карьеров и спрос на минеральное сырье. СПб: Изд-во «Тема», 1999. 169 с.

Ngày nhận bài: 26/02/2017.

Ngày gửi phản biện: 11/03/2017

Ngày nhận phản biện: 16/04/2017

Ngày chấp nhận đăng bài: 15/06/2017

Từ khóa: thiết kế; mỏ lộ thiên; các thông số của hệ thống khai thác mỏ; hệ số đàn hồi;

SUMMARY

The paper analyzes the sensitivity of production parameters and determines the effect zone of production parameters in open pit mines using the elastic factor. The result is to build the table of effect zone of production parameters for mining production.