

NGHIÊN CỨU XÂY DỰNG MÔ HÌNH DỰ BÁO GÓC LÚN CỰC ĐẠI ĐỂ XÁC ĐỊNH DỊCH CHUYỂN BIẾN DẠNG MẶT ĐẤT DO KHAI THÁC HẦM LÒ VÙNG THAN QUẢNG NINH

PGS.TS. PHẠM CÔNG KHẢI
Trưởng Đại học Mỏ-Địa chất

Hiện nay đã có nhiều phương pháp được phát triển để dự báo các thông số dịch chuyển do ảnh hưởng của khai thác hầm lò. Tùy thuộc vào nội dung và mục đích nghiên cứu mà có thể phân thành các phương pháp khác nhau như: phương pháp phân tích lý thuyết, phương pháp hàm xấp xỉ, phương pháp hàm ảnh hưởng, phương pháp biểu đồ, phương pháp mô hình vật lý và phương pháp mô hình số [1]. Phương pháp lý thuyết dựa vào lý thuyết đàn hồi và cơ học lý thuyết để giải thích các cơ chế dẫn đến sụt lún bề mặt. Phương pháp hàm xấp xỉ về cơ bản là một phương pháp đường cong phù hợp với đường cong lún thực tế trong một mỏ hoặc khu vực cụ thể. Phương pháp hàm ảnh hưởng được xây dựng dựa trên các số liệu quan trắc lún và xây dựng mối quan hệ giữa các thông số dịch chuyển, để từ đó dự báo được các thông số dịch chuyển ở khu vực khác. Phương pháp mô hình vật lý chủ yếu là mô hình vật liệu tương đương nhằm xác định các góc dịch chuyển và kiểm soát quá trình sụt lún bề mặt. Phương pháp số được dựa trên xấp xỉ bằng số của phương trình các thông số dịch chuyển, đó là phương trình biểu diễn mối quan hệ giữa thông số dịch chuyển với các yếu tố địa chất, khai thác [2], [3].

Tuy nhiên mỗi phương pháp vẫn còn có những nhược điểm nhất định. Phương pháp lý thuyết phải được đơn giản hóa để giải quyết cho những điều kiện địa chất phức tạp. Phương pháp hàm xấp xỉ chỉ thích hợp cho dự báo trong trường hợp thiết diện gương lò chợ là hình chữ nhật và vỉa là nằm ngang hay dốc thoải. Mặc dù phương pháp hàm ảnh hưởng có thể dự báo lún trong trường hợp gương lò chợ có thiết diện bất kỳ nhưng nó lại bị hạn chế trong trường hợp góc dốc của vỉa lớn. Độ chính xác của phương pháp số phụ thuộc vào tính chất của khối đất đá, kết quả đo trường ứng suất. Hiện nay trên thế giới phương pháp hàm xấp xỉ và

hàm ảnh hưởng được sử dụng rộng rãi hơn cả.

Việc dự báo các thông số dịch chuyển mặt đất là một công việc rất quan trọng, trong đó góc lún cực đại là đại lượng để dự báo vị trí và độ lún lớn nhất của mặt đất do ảnh hưởng của khai thác hầm lò và nó có liên quan chặt chẽ với góc dốc của vỉa than.

Trong bài báo này đã nghiên cứu một phương pháp dự báo góc lún cực đại trên cơ sở thiết lập phương trình hồi quy giữa góc lún cực đại và góc dốc của vỉa cho một số mỏ than ở vùng than Quảng Ninh.

1. Nghiên cứu mối quan hệ giữa góc lún cực đại và góc dốc của vỉa

Góc dốc δ của vỉa than là một thông số quan trọng để dự báo lún mặt đất và nó có giá trị trong khoảng từ 0° đến 90° . Tuy nhiên, độ dốc của vỉa được phân thành các mức khác nhau tùy thuộc vào mục đích nghiên cứu. Đối với vỉa có góc dốc từ 0° đến 35° là vỉa dốc thoải, vỉa có góc dốc từ 36° đến 54° là vỉa dốc nghiêng, nếu vỉa có góc dốc từ 55° đến 90° là vỉa dốc đứng. Tuy nhiên, để tính dự báo độ lún bề mặt đất bằng cách sử dụng hàm xấp xỉ hoặc hàm ảnh hưởng cần phải xác lập được mối quan hệ giữa góc lún cực đại (θ) và góc dốc của vỉa (δ) với những độ dốc khác nhau. Trong [2] đã chỉ ra rằng có mối quan hệ giữa góc lún cực đại và góc dốc của vỉa được thể hiện trong phương trình khác nhau tùy thuộc vào vị trí, điều kiện địa chất của vỉa than.

Dựa trên kết quả tổng hợp và phân tích mối liên hệ giữa góc lún cực đại và góc dốc của vỉa ở một số mỏ than của Trung Quốc [2] rút ra được kết quả theo hai loại độ dốc của vỉa như sau:

$$\begin{aligned} &\text{❖ Đối với vỉa có góc dốc nhỏ hơn hay bằng } 45^\circ: \\ &\theta = (90^\circ - 0,68, \delta). \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} &\text{❖ Đối với vỉa có góc dốc lớn hơn } 45^\circ: \\ &\theta = (28,8^\circ + 0,68, \delta). \end{aligned} \quad (2)$$

Các công thức (1) và (2) được sử dụng rộng rãi để dự báo sụt lún bề mặt đất cho các mỏ than ở Trung Quốc. Các kết quả nghiên cứu tương tự về mối liên hệ giữa góc lún cực đại và góc dốc của vỉa cũng đã được nghiên cứu ở một số nước khác. Ở Ba Lan các nhà khoa học mỏ đã đưa ra công thức biểu diễn mối liên hệ giữa góc lún cực đại và góc dốc của vỉa, với điều kiện của $\delta \leq 60^\circ$ [1]:

$$\theta = (90^\circ - 0,67 \cdot \delta) \tag{3}$$

Ở Vương quốc Anh các nhà khoa học mỏ đã đưa ra công thức hàm bậc 2 biểu diễn mối liên hệ giữa góc lún cực đại và góc dốc của vỉa, với điều kiện của $\alpha \leq 30^\circ$ [1]:

$$\theta = (90^\circ - 1,333\delta + 0,0148 \cdot \delta^2) \tag{4}$$

Đối với bể than Đôn bát (Liên bang Nga), góc lún cực đại được tính theo công thức thực nghiệm (5) [6]:

$$\theta = (90^\circ - \delta) \tag{5}$$

Ở Việt Nam việc xác định góc lún cực đại được tính theo công thức (6) [8]:

$$\theta = (90^\circ - K \cdot \delta) \tag{6}$$

Trong đó: K - Hệ số được xác định bằng tỷ số $K = (h/H)$; h - Chiều dày lớp phủ đệ tứ và H là chiều sâu khai thác.

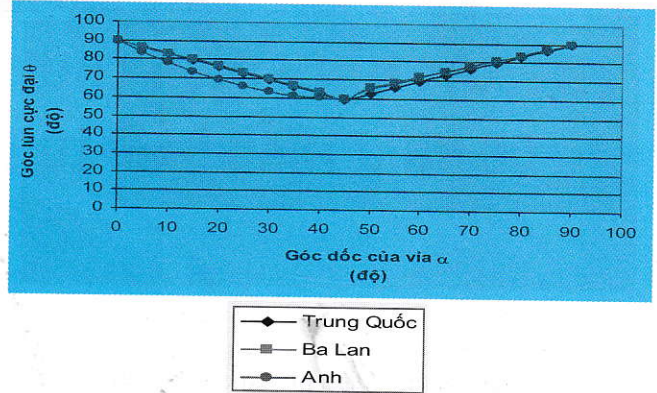
Qua các kết quả nghiên cứu ở các nước trên thế giới nhận thấy rằng giữa góc lún cực đại và góc dốc của vỉa có mối liên hệ với nhau. Kết quả so sánh giá trị góc lún cực đại tính theo các công thức (1), (3) và (4) của các Quốc gia Trung Quốc, Ba Lan và Vương quốc Anh được thể hiện ở (Bảng 1).

Bảng 1. Giá trị góc lún cực đại dự báo được tính theo công thức của một số quốc gia

Góc dốc của vỉa, δ (độ)	Góc lún cực đại, θ (độ)		
	Trung Quốc	Ba Lan	Anh
5	86.6	86.7	83.7
10	83.2	83.3	78.2
15	79.8	80.0	73.3
20	76.4	76.6	69.3
25	73.0	73.3	65.9
30	69.6	69.9	63.3
35	66.2	66.6	61.5
40	62.8	63.2	60.4
45	59.4	59.9	60.0

Dựa vào kết quả ở Bảng 1, biểu thị trên biểu đồ mối quan hệ giữa góc lún cực đại và góc dốc của vỉa từ 0° đến 90° ở các quốc gia Trung Quốc, Ba Lan và Anh như hình H.1. Kết quả so sánh được thể hiện ở hình 1, mặc dù có sự khác biệt về điều kiện địa chất nhưng sự chênh lệch của giá trị góc lún cực đại là không lớn, đặc biệt là các công thức dự báo của các nhà khoa học Ba Lan và Trung Quốc khá phù hợp với

nhau, điều đó chứng tỏ sự hợp lý của các công thức đã nêu ra. Góc lún cực đại giảm khi góc dốc của vỉa tăng từ 0° đến 45° , góc lún cực đại tăng khi góc dốc của vỉa tăng từ 45° đến 90° .



H.1. So sánh mối quan hệ giữa góc lún cực đại và góc dốc của vỉa ở một số Quốc gia

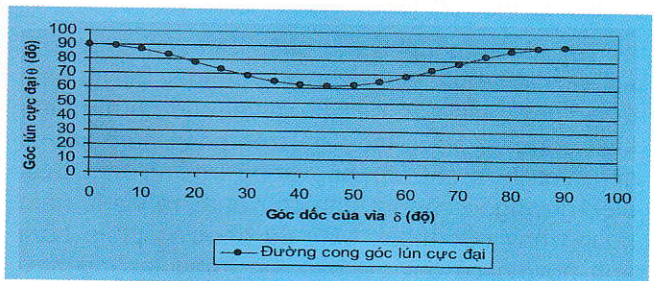
Dựa vào công thức thể hiện mối quan hệ giữa góc lún cực đại và góc dốc của vỉa ở một số quốc gia nhận thấy một điều là trong những điều kiện nhất định khi góc dốc của vỉa δ bằng 0° hoặc bằng 90° thì góc lún cực đại θ bằng 90° . Khi góc dốc của vỉa bằng 45° thì góc lún sẽ có giá trị nhỏ nhất. Tổng hợp cả hai trường hợp khi góc dốc của vỉa thay đổi từ 0° đến 90° thì mối quan hệ giữa góc lún cực đại và góc dốc của vỉa sẽ có dạng hàm số sin và được thể hiện như ở công thức (7) [1]:

$$\theta = [90^\circ - A \cdot (\sin 2\delta)^2] \tag{7}$$

Trong đó A là hệ số phụ thuộc vào điều kiện địa chất của vùng nghiên cứu. Dựa theo các số liệu thu thập được ở các mỏ than của Trung Quốc đã xác định được hệ số $A = 28,5^\circ$, khi đó biểu thức (7) có thể được viết lại theo công thức (8):

$$\theta = [90^\circ - 28,5^\circ \cdot (\sin 2\delta)^2] \tag{8}$$

Biểu đồ biểu thị mối quan hệ giữa góc lún cực đại và góc dốc của vỉa theo công thức (8) được thể hiện như ở (hình H.2).



H.2. Mối quan hệ giữa góc lún cực đại và góc dốc của vỉa theo hàm sin

So sánh đồ thị ở hình H.1 và hình H.2, nhận thấy rằng các biểu thức biểu thị mối quan hệ giữa

góc lún cực đại và góc dốc của vỉa theo các công thức (1), (2), (3), (4) và (8) khá phù hợp với nhau. Qua các phân tích ở trên cho thấy rằng để dự báo góc lún cực đại trong trường hợp góc dốc của vỉa nhỏ hơn 45° thì có thể sử dụng công thức (8), còn trong trường hợp góc dốc của vỉa lớn hơn 45° thì áp dụng công thức (9):

$$\theta = (90^\circ - K \cdot \delta); \quad (8)$$

$$\theta = (a_0 + a_1 \cdot \delta). \quad (9)$$

Trong đó: K, a₀, a₁ - Các hệ số liên hệ được xác định dựa trên phương pháp phân tích hồi quy.

2. Xác định các hệ số của phương trình hồi quy góc lún cực đại

Từ phương trình (9), các hệ số a₀ và a₁ được xác định dựa trên nguyên tắc của phương pháp số bình phương nhỏ nhất, tức là hàm số (10) phải đạt giá trị nhỏ nhất:

$$S = \sum_{i=1}^n (\theta_i - a_0 - a_1 \delta_i)^2 = \text{Min} \quad (10)$$

Lấy đạo hàm riêng của hàm số S với biến số a₀ và a₁ của phương trình (10) sẽ được hệ phương trình sau:

$$\begin{cases} \frac{\partial S}{\partial a_0} = -2 \sum_{i=1}^n (\theta_i - a_0 - a_1 \delta_i) = 0 \\ \frac{\partial S}{\partial a_1} = -2 \sum_{i=1}^n (\theta_i - a_0 - a_1 \delta_i) \delta_i = 0 \end{cases} \rightarrow \quad (11)$$

$$a_0 \sum_{i=1}^n \delta_i + a_1 \sum_{i=1}^n \delta_i^2 - \sum_{i=1}^n \delta_i \theta_i = 0. \quad (12)$$

Nếu đặt:

$$\begin{aligned} \bar{\delta} &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \delta_i; \quad \bar{\theta} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \theta_i; \quad \bar{\delta \cdot \theta} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \delta_i \theta_i; \\ \bar{\delta^2} &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \delta_i^2. \end{aligned} \quad (13)$$

Ta sẽ nhận được hệ phương trình (14):

$$\begin{cases} n a_0 + n a_1 \bar{\delta} = n \bar{\theta} \\ n a_0 \bar{\delta} + n a_1 \bar{\delta^2} = n \bar{\delta \cdot \theta} \end{cases} \quad (14)$$

Giải hệ phương trình (14) sẽ xác định được các hệ số a₀ và a₁ theo công thức (15):

$$\begin{cases} a_0 = \frac{\bar{\theta} \cdot \bar{\delta^2} - \bar{\delta} \cdot \bar{\delta \cdot \theta}}{\bar{\delta^2} - (\bar{\delta})^2} \\ a_1 = \frac{\bar{\delta \cdot \theta} - \bar{\delta} \cdot \bar{\theta}}{\bar{\delta^2} - (\bar{\delta})^2} \end{cases} \quad (15)$$

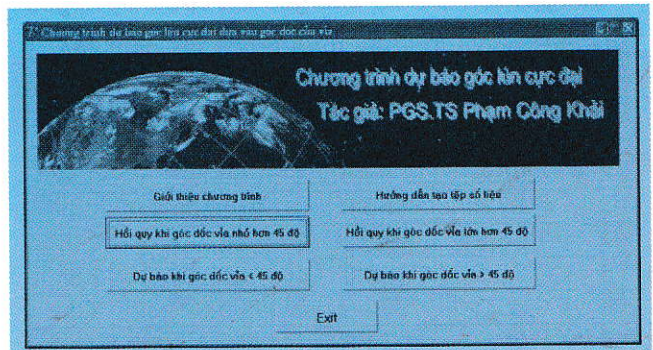
Tương tự như vậy, với phương trình (8) hệ số K được xác định theo công thức (16):

$$K = \frac{90^\circ \sum_{i=1}^n \delta_i - \sum_{i=1}^n \theta_i \delta_i}{\sum_{i=1}^n \delta_i^2}. \quad (16)$$

Chất lượng của phương trình hồi quy góc lún cực đại theo góc dốc của vỉa được đánh giá bằng hệ số tương quan bội và được xác định theo công thức (17):

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{\theta}_i - \bar{\theta})^2}{\sum_{i=1}^n (\theta_i - \bar{\theta})^2}. \quad (17)$$

Từ các công thức xác định hệ số của phương trình hồi quy, một chương trình máy tính được thành lập (H.3), từ đó có thể dự báo được góc lún cực đại cho vỉa than khi biết được góc dốc của chúng.



H.3. Chương trình hồi quy góc lún cực đại

3. Thiết lập mối quan hệ giữa góc lún cực đại và góc dốc của vỉa cho một số mỏ than vùng Quảng Ninh

Dựa trên kết quả nghiên cứu về mối quan hệ giữa góc lún cực đại và góc dốc của vỉa than ở một số nước trên thế giới. Với số liệu thu thập được về góc dốc của vỉa than và góc lún cực đại ở một số mỏ than vùng Quảng Ninh [8], dựa vào thuật toán đã nêu ở trên, thực hiện chương trình máy tính (hình H.3), nhận được phương trình hồi quy góc lún cực đại theo góc dốc của một số vỉa than vùng Uông Bí-Quảng Ninh như sau:

❖ Đối với vỉa có góc dốc nhỏ hơn 45°:
 $\theta = (90^\circ - 1,26 \cdot \delta); R^2 = 0.9228. \quad (18)$

❖ Đối với vỉa có góc dốc lớn hơn 45°:
 $\theta = (-22.59^\circ + 1,42 \cdot \delta); R^2 = 0.9780. \quad (19)$

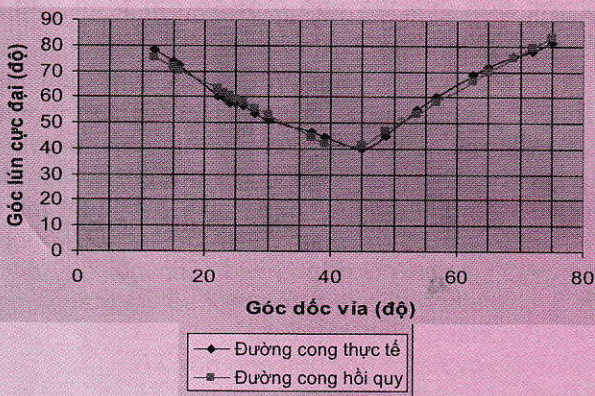
Sau khi thực hiện chương trình, dựa vào hàm hồi quy tính được góc lún cực đại dự báo và độ chênh lệch giữa giá trị thực tế và giá trị hồi quy trong hai trường hợp góc dốc của vỉa nhỏ hơn 45° và lớn hơn 45°, kết quả được thể hiện như ở Bảng 2.

Bảng 2. Kết quả dự báo góc lún cực đại khi góc dốc vừa nhỏ hơn 45°

ST T	Góc dốc vừa than	Góc lún Thực tế	Góc lún Du bao	Do Lech
1	12.0	78.0	74.8	3.2
2	15.0	74.0	71.0	3.0
3	16.0	72.0	69.8	2.2
4	22.0	60.0	62.2	-2.2
5	23.0	59.0	60.9	-1.9
6	24.0	57.0	59.7	-2.7
7	25.0	56.0	58.4	-2.4
8	26.0	55.0	57.1	-2.1
9	28.0	53.0	54.6	-1.6
10	30.0	51.0	52.1	-1.1
11	37.0	46.0	43.2	2.8
12	39.0	44.0	40.7	3.3

Bảng 3. Kết quả dự báo góc lún cực đại khi góc dốc vừa lớn hơn 45°

ST T	Góc dốc vừa than	Góc lún Thực tế	Góc lún Du bao	Do Lech
1	45.0	39.0	41.3	-2.3
2	48.8	44.8	46.7	-1.9
3	53.6	55.0	53.6	1.4
4	56.8	60.0	58.1	1.9
5	62.5	69.0	66.2	2.8
6	65.0	72.0	69.8	2.2
7	69.0	76.0	75.4	0.6
8	72.0	78.0	79.7	-1.7
9	75.0	81.0	84.0	-3.0



H.4. Biểu đồ đường cong hàm hồi quy góc lún cực đại theo góc dốc vừa

Phương trình hồi quy khi góc dốc vừa nhỏ hơn 45°:
 $\theta = (90^\circ - 1,26.\delta)$ (20)

Hệ số tương quan bội: $R^2 = 0.9228$

Phương trình hồi quy khi góc dốc vừa lớn hơn 45°:
 $\theta = -22.59 + 1.42.\delta$ (21)

Hệ số tương quan bội: $R^2 = 0.9780$.

Trên biểu đồ đường cong thực tế và đường cong hồi quy thể hiện mối liên hệ giữa góc lún cực đại và góc dốc của vỉa được thể hiện như hình H.4. Đường cong hồi quy ở hình H.4 gần với đường cong thực tế điều đó chứng tỏ phương trình hồi quy xây dựng được phản ánh đúng với thực tế.

4. Kết luận

Góc lún cực đại là một thông số quan trọng để dự báo vị trí xảy ra độ lún lớn nhất của mặt đất do khai thác hầm lò, giúp bảo vệ an toàn các công trình trên mặt đất. Để dự báo đại lượng này, bài báo đã phân tích và thiết lập được mối quan hệ giữa góc lún cực đại (θ) và góc dốc (δ) của vỉa than. Một công thức mới đã được thiết lập cho các vỉa than ở một số mỏ vùng Đông Bắc-Quảng Ninh trên cơ sở phương pháp phân tích hồi quy giữa góc lún cực đại và góc dốc của vỉa trong hai trường hợp:

❖ Khi góc dốc của vỉa nhỏ hơn 45° phương trình hồi quy có dạng:

$$\theta = (90^\circ - 1,23.\delta) \quad (22)$$

❖ Khi góc dốc của vỉa lớn hơn 45° phương trình hồi quy có dạng:

$$\theta = (-21,7 + 1,4.\delta) \quad (23)$$

Dựa vào các phương trình hồi quy này và thuật toán để xác định các hệ số của phương trình hồi quy, một chương trình máy tính đã được xây dựng để có thể dự báo được nhanh và chính xác góc lún cực đại khi biết góc dốc của vỉa than. □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Xi-Min Cui, Chun-Yi Li, Qing-Feng Hu, Xie-Xing Miao, 2013: Prediction of surface subsidence due to underground mining based on the zenith angle. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, Volume 60, pages 246-252.
2. G. Ren, B.N. Whittaker, D.J. Reddish. Mining subsidence and displacement prediction using influence function method for steep seams, Min Sci Tech, 8 (1989), pages. 235-252.
3. H.Y. Dai, J.Z. Wang, 2005, Prediction method for subsidence due to steeply inclined seam mining. Science and Technology Press, Beijing, China.
4. Wen-Xiu Li, Lin Liu, Lan-Fang Dai, 2010, Fuzzy probability measures (FPM) based non-symmetric membership function: Engineering examples of ground subsidence due to underground mining.
5. Yinfei Cai, Thierry Verdel, Olivier Deck, 2014. On the topography influence on subsidence due to horizontal underground mining using the influence function method. Computers and Geotechnics 61, pages 328-340.

(Xem tiếp trang 66)

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Trần Đại Dũng. Đánh giá tiềm năng và định hướng công tác thăm dò than dưới mức -300 m khu mỏ Hà Ráng, Cẩm Phả, Quảng Ninh. Luận văn thạc sĩ chuyên ngành Địa chất khoáng sản và thăm dò. Lưu trữ thư viện Trường Đại học Mỏ Địa chất, 2014.

2. Nguyễn Hoàng Huân và nnk. Báo cáo tổng hợp tài liệu, tính lại trữ lượng và chuyển đổi cấp trữ lượng và cấp tài nguyên than mỏ Hà Ráng, thị xã Cẩm Phả, tỉnh Quảng Ninh. Lưu trữ Trung tâm thông tin lưu trữ Địa chất, 2010.

3. Trần Văn Trị và nnk. Bản đồ cấu trúc địa chất và khoáng sản bể than Quảng Ninh tỷ lệ 1:50.000. Lưu trữ Trung tâm thông tin lưu trữ Địa chất, 1990.

4. Nguyễn Văn Sao và nnk. Báo cáo kết quả điều tra giai đoạn I đề án điều tra, đánh giá tiềm năng than dưới mức -300 m bể than Quảng Ninh. Lưu trữ Trung tâm thông tin lưu trữ Địa chất, 2012.

5. Quy định về phân cấp trữ lượng và tài nguyên than QĐ 25/2007/QĐ-BTNMT ngày 31/12/2007 - Bộ tài nguyên & Môi trường.

Người biên tập: Võ Trọng Hùng

SUMMARY

Since early 2009, open-pit mining was no longer conducted. Most of the explored areas from level 122 and above have been exploited, the rest, especially at level -300 m and lower was roughly studies. In order to ensure mine development, particularly exploiting at the depth of under -300 m, it is necessary to study the morphological and structural characteristics of coal seams to provide the foundation for prospecting and determining the network of prospecting works. On the basis of research results, prospecting and actual exploiting documents of Hà Ráng coal mine, the paper discusses about the geological structure, distribution and changing characteristics of coal seams at -300 m and lower of Hà Ráng coal mine. The paper also assesses the potential of coal at this depth to provide the basis for prospecting and exploiting activities in the near future.

NGHIÊN CỨU XÂY DỰNG...

(Tiếp theo trang 58)

6. Nguyễn Đình Bé, Vương Trọng Kha, 2000. Dịch chuyển và biến dạng đất đá trong khai thác mỏ, NXB Giao thông Vận tải, Hà Nội.

7. Phạm Công Khải, 2007. Xác định chính xác mô hình đứt gãy kiến tạo của vỉa than-yếu tố đảm bảo hoạt động khai thác an toàn. Hội nghị Khoa học Kỹ thuật Mỏ Toàn quốc lần thứ XVIII.

8. Viện khoa học Công nghệ Mỏ, 2002. Kết quả nghiên cứu và triển khai Khoa học công nghệ mỏ (1972-2002).

Người biên tập: Võ Chí Mỹ

SUMMARY

Maximum settlement (subsidence) angle is an important parameter to predict the location happens largest settlement of ground by underground mining. To estimate this quantity, the paper analyzed and established a relationship between maximum settlement angle (θ) and slope angle (δ) of coal seam.

ĐÁNH GIÁ KHẢ NĂNG...

(Tiếp theo trang 68)

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Hoàng Thị Bích Hòa, Nguyễn Thị Phương. Bài giảng Khử nước-Khử bụi. Trường Đại học Công nghiệp Quảng Ninh. Năm 2011.

2. Nguyễn Hoàng Sơn. Giáo trình Kỹ thuật môi trường Tuyển khoáng, Trường Đại học Mỏ-Địa chất. Năm 2004.

3. Trần Văn Lùng. Giáo trình Nghiên cứu tính khả tuyển. Trường Đại học Mỏ-Địa chất. Năm 2008.

4. www.sciencedirect.com/science/

Người biên tập: Trần Văn Trạch

SUMMARY

This paper presents the research results of the residue filtration capacity in concentrating tank for Processing Workshop 2 in Coal Company Cửa Ông Coal-Vinacomin. Authors confirmed this residue can easily filtered and put into vacuum filters or filter presses for dewatering.