

NGHIÊN CỨU XÁC ĐỊNH QUY LUẬT CHUYỂN DỊCH KHỐI ĐÁ BIÊN TẠI HÔNG, NỀN CÔNG TRÌNH NGẦM THEO THỜI GIAN

VÕ TRỌNG HÙNG

Trường Đại học Mỏ-Địa chất

Email: votronghung@khoaxaydung.edu.vn

Để đánh giá mức độ ổn định của công trình ngầm thường sử dụng nhiều phương pháp khác nhau, trong đó có phương pháp dự báo giá trị chuyển dịch biên công trình ngầm theo thời gian.

Cho đến nay, việc xác định mô hình dự báo quy luật chuyển dịch biên công trình ngầm theo thời gian vẫn chưa được giải quyết vì vấn đề này rất phức tạp và gặp rất nhiều khó khăn.

Các mô hình lý thuyết chuyển dịch biên công trình ngầm đã được nhiều nhà khoa học nghiên cứu, tuy nhiên các mô hình lý thuyết vẫn chưa xét tới yếu tố thời gian [1], [2],...

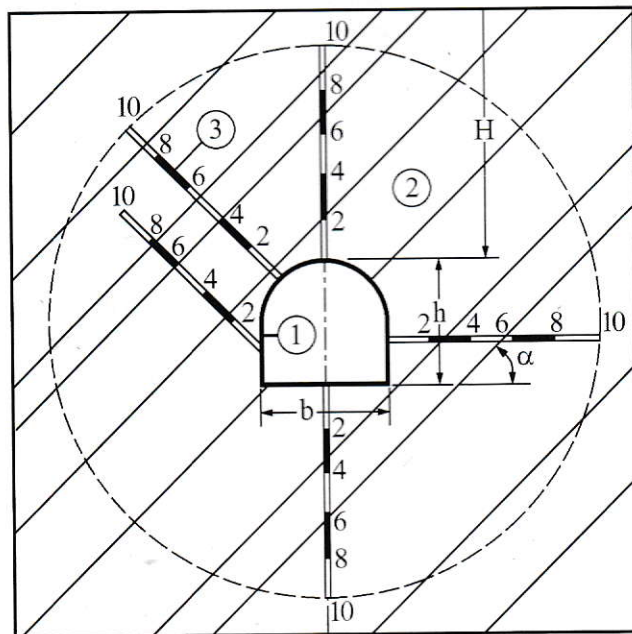
Trong [6] mới chỉ xác định quy luật chuyển dịch khối đá biên tại nóc công trình ngầm. Vì vậy, công tác nghiên cứu xây dựng mô hình xác định quy luật chuyển dịch khối đá biên tại các vị trí hông, nền công trình ngầm có ý nghĩa đặc biệt quan trọng để hình thành các quy luật chuyển dịch trên toàn bộ biên công trình ngầm. Từ đây có thể xác định mức độ ổn định cho công trình ngầm ở những thời điểm thi công, sử dụng khác nhau.

1. Thực nghiệm đo chuyển dịch khối đá bao quanh công trình ngầm tại hiện trường

Để nghiên cứu quá trình hình thành các vùng biến dạng không đàn hồi, đặc tính phá hủy các đất đá do sự ảnh hưởng của một số yếu tố địa cơ học, cấu tạo ảnh hưởng, Glusko V.T. và các cộng sự đã lắp đặt 12 trạm đo chuyển dịch đo chuyển dịch lỗ khoan theo độ sâu có lắp đặt các thanh chuẩn đo chuyển dịch lỗ khoan sâu trong các công trình ngầm tại một số mỏ khai thác than hầm lò vùng than Đônbas (Ucraina) [3], [4].

Kết quả đo thực nghiệm chuyển dịch đất đá trong các lỗ khoan theo các thanh chuẩn được thực hiện trong những điều kiện sau: chiều sâu

công trình ngầm $H=480\div710$ m; góc nghiêng của các lớp đá $\alpha=8^\circ\div50^\circ$; chủng loại kết cấu chống giữ sử dụng để chống giữ đường lò SVP17÷SVP27; chiều cao đường lò $h=2,4\div3,5$ m; chiều rộng đường lò $b=2,85\div5,8$ m; khoảng cách giữa hai khung chống chủ yếu bằng 1,0 m, chỉ có một trường hợp $n=0,75$ m; giới hạn bền nén của các lớp đất đá $R_n=26\div139$ MPa.



H.1. Sơ đồ mô tả các vị trí quan trắc chuyển dịch của khối đá biên tại nóc công trình ngầm theo thời gian: 1 - Kết cấu chống giữ công trình ngầm; 2 - Các lớp đất đá; 3 - Các thanh chuẩn đo chuyển dịch lỗ khoan; H - Chiều sâu công trình ngầm (m); h - Chiều cao công trình ngầm (m); b - Chiều rộng công trình ngầm (m); α - Góc nghiêng của các lớp đất đá (độ)

Khoảng cách vị trí đo chuyển dịch khối đá trong các lỗ khoan tính từ biên công trình ngầm được thực hiện tại các giá trị như sau: $L_b = 0,7; 2,0; 4,0; 6,0; 8,0$ m. Khoảng thời gian đo chuyển dịch: $t = 30, 90, 150, 210, 270$ ngày-đêm. Giá trị chuyển dịch

của khối đá "U" (mm) sau khoảng thời gian quan sát "t" (ngày-đêm) tại nóc công trình ngầm theo phương thẳng đứng, theo hướng vuông góc với mặt phân lớp các lớp đá thể hiện trên Bảng 1, Bảng 2, Bảng 3.

Bảng 1. Chuyển dịch khối đá bao quanh công trình ngầm tại hông hướng lên phía trên [3], [4]

H, m	α , độ	SVP, số	h, m	b, m	n, m	R_n , MPa	L_b , m	U, mm/(ngày-đêm) sau "t" (ngày-đêm)				
								t=30	t=90	t=150	t=210	t=270
710	42	27	2,8	5,1	1,0	36	0,7	9	18	28	43	-
						37	2,0	8	14	15	31	-
						35	4,0	1	4	12	23	-
						36	6,0	1	3	4	5	-
						36	8,0	1	1	1	1	-
800	50	27	2,8	4,0	1	43	0,7	72	109	-	-	-
						43	2,0	69	101	-	-	-
						43	4,0	51	73	-	-	-
						43	6,0	12	14	-	-	-
800	55	17	3,4	4,0	1	37	0,7	27	110	162	204	330
						37	2,0	19	92	104	122	141
						48	4,0	2	2	5	8	16
						37	6,0	1	1	4	5	8
						107	8,0	0	0	1	1	1
615	22	22	3,0	3,8	1	56	0,7	21	41	61	75	-
						56	4,0	1	12	20	27	-
						56	6,0	1	1	14	18	-
						56	8,0	1	1	2	2	-
540	50	27	3,41	4,32	0,75	67	0,7	11	23	31	34	67
						67	2,0	5	11	14	21	42
						70	4,0	1	3	5	5	6
						71	6,0	0	0	0	0	0
						56	8,0	0	0	0	0	0
540	15	17	3,0	4,0	1	56	0,7	4	6	13	13	13
						56	2,0	2	2	8	8	8
						56	4,0	2	2	6	6	6
						89	6,0	0	0	0	0	0
						89	8,0	0	0	0	0	0
777	8	27	2,9	4,78	1	105	0,7	7	14	17	27	38
						105	2,0	1	1	2	9	17
						105	4,0	1	1	2	2	9
						105	6,0	0	0	0	2	4
						105	8,0	0	0	0	1	4
685	22	27	3,0	3,8	1	52	0,7	6	8	11	15	-
						52	2,0	0	4	7	8	-
						63	4,0	0	0	0	0	-
						63	5,5	0	0	0	0	-
382	30	27	3,5	4,7	1	79	0,7	1	3	-	-	-
						79	2,0	0	1	-	-	-
						79	4,0	0	1	-	-	-
						79	6,0	0	0	-	-	-
						79	8,0	0	0	-	-	-

Bảng 2. Chuyển dịch khối đá bao quanh công trình ngầm tại hông hướng xuống phía dưới [3], [4]

H, m	α , độ	SVP, Số	h, m	b, m	n, m	R_n , MPa	L_b , m	U, mm/(ngày-đêm) sau "t" (ngày-đêm)				
								t=30	t=90	t=150	t=210	t=270
710	42	27	2,8	5,1	1,0	36	0,7	27	58	93	144	-
						37	2,0	8	21	23	28	-
						35	4,0	1	2	3	4	-
						36	6,0	1	2	2	2	-
						36	8,0	1	2	2	2	-
800	50	27	2,8	4,0	1	24	0,7	150	265	-	-	-
						36	2,0	24	25	-	-	-
						39	4,0	1	2	-	-	-
						101	6,0	0	0	-	-	-
800	55	17	3,4	4,0	1	37	0,7	42	105	157	208	397
						37	2,0	42	89	123	147	223
						71	4,0	3	6	6	8	10
						71	6,0	1	2	2	2	2
						71	8,0	0	0	1	0	0
615	22	22	3,0	3,8	1	53	0,7	15	48	75	100	-
						55	2,0	7	9	15	36	-
						53	4,0	1	8	14	22	-
						53	6,0	0	2	4	4	-
						53	8,0	0	0	0	0	-
540	50	27	3,41	4,32	0,75	39	0,7	35	62	76	88	-
						61	2,0	3	9	10	11	-
						63	4,0	2	2	2	2	-
						38	6,0	0	0	2	2	-
						81	8,0	0	0	1	1	-
540	15	17	3,0	4,0	1	65	0,7	2	5	7	8	9
						65	2,0	1	2	2	2	2
						68	4,0	1	2	2	2	2
						91	6,0	0	0	0	0	0
						91	8,0	0	0	0	0	0
777	8	27	2,9	4,78	1	105	0,7	6	14	20	25	28
						105	2,0	1	2	2	2	2
						139	4,0	0	0	0	0	0
						139	6,0	0	0	0	0	0
						139	8,0	0	0	0	0	0
685	22	27	3,0	3,8	1	52	0,7	15	27	35	43	-
						52	2,0	0	0	2	2	-
						52	4,0	0	0	0	0	0
						52	6,0	0	0	0	0	0
						52	8,0	0	0	0	0	0
480	30	27	2,8	3,4	1	38	0,7	0	0	28	66	100
						28	2,0	0	0	8	20	54
						43	4,0	0	0	6	15	39
						43	6,0	0	0	6	10	13
						38	8,0	0	0	1	1	10
382	30	27	3,5	4,7	1	79	0,7	1	7	-	-	-
						79	2,0	0	4	-	-	-
						79	4,0	0	0	-	-	-
						79	6,0	0	0	-	-	-
						79	8,0	0	0	-	-	-

Bảng 3. Chuyển dịch khối đá bao quanh công trình ngầm tại nền theo phương thẳng đứng [3], [4]

H, m	α , độ	SVP, Số	h, m	b, m	n, m	R_n , MPa	L_b , m	U, mm/(ngày-đêm) sau "t" (ngày-đêm)				
								t=30	t=90	t=150	t=210	t=270
710	42	27	2,8	5,1	1,0	28	1,0	11	25	73	154	-
						30	2,0	6	17	69	146	-
800	55	17	3,4	4,0	1	43	1,0	5	7	-	-	-
						43	2,0	5	7	-	-	-
615	22	22	3,0	3,8	1	56	1,0	36	88	105	117	-
						56	3,5	0	3	4	4	-
540	50	27	3,41	4,32	0,75	13	1,0	49	99	120	133	-
540	15	17	3,0	4,0	1	23	1,0	28	34	40	46	46
685	22	27	3,0	3,8	1	53	1,0	6	13	21	28	-
						53	2,0	0	5	5	7	-
480	45	17	2,4	2,85	1	119	1	1	-	-	-	-
						119	0	0	-	-	-	-
						150	0	0	-	-	-	-

2. Một số nhận xét

Những kết quả đo chuyển dịch khối đá bao quanh công trình ngầm tại nóc theo phương thẳng đứng và theo phương vuông góc với mặt phân lớp các lớp đá (Bảng 1, Bảng 2, Bảng 3) cho thấy:

➢ Giá trị chuyển dịch của khối đá "U" (mm) phụ thuộc rất lớn vào rất nhiều yếu tố: các đặc tính cơ lý, cấu trúc, cấu tạo của khối đá bao quanh công trình ngầm; các đặc tính cấu tạo công trình ngầm; các đặc tính kết cấu chống giữ; khoảng cách tính từ biên công trình ngầm vào sâu phía trong khối đá; thời gian quan sát tính từ thời điểm hình thành công trình ngầm,...;

➢ Giá trị chuyển dịch của khối đá "U" (mm) tại các điểm quan sát phía nóc công trình ngầm sẽ bị biến đổi trong không gian và theo thời gian theo các quy luật phi tuyến;

➢ Giá trị chuyển dịch của khối đá "U" (mm) tùy thuộc vào khoảng cách điểm đo tính từ biên công trình ngầm (0,7÷8,0 m): giá trị chuyển dịch của khối đá có giá trị lớn nhất tại những vị trí gần biên công trình ngầm; cùng với sự chuyển dịch vị trí đo vào sâu phía trong khối đá, giá trị chuyển dịch của khối đá sẽ giảm dần;

➢ Giá trị chuyển dịch của khối đá "U" (mm) sẽ tăng dần tùy thuộc vào khoảng thời gian quan sát "t" (ngày-đêm) so với thời điểm hình thành công trình ngầm;

➢ Giá trị chuyển dịch của khối đá "U" (mm) phụ thuộc vào độ bền của khối đá bao quanh: đá có độ bền càng lớn thì giá trị chuyển dịch của khối đá "U" (mm) sẽ giảm xuống và ngược lại;

➢ Mức độ chuyển dịch của khối đá "U" (mm) trên biên công trình ngầm phụ thuộc nhiều hơn vào độ bền của khối đá so với chủng loại, độ cứng của kết cấu chống giữ công trình ngầm. Điều này

chứng tỏ: khối đá có vai trò quan trọng hơn so với kết cấu chống giữ (số hiệu của khung chống "SVP") khi xem xét đánh giá chuyển dịch biên công trình ngầm, đánh giá mức độ ổn định của công trình ngầm trong không gian và theo thời gian.

3. Xây dựng các quy luật chuyển dịch biên tại nóc công trình ngầm theo thời gian

Các quy luật biến đổi "U" phụ thuộc vào nhiều yếu tố thay đổi của môi trường khối đá, đặc tính hướng xem xét, tính chất của kết cấu chống giữ, cấu tạo của công trình ngầm, khoảng cách tính từ biên công trình ngầm vào sâu phía trong khối đá, thời gian quan sát tính từ thời điểm hình thành công trình ngầm. Để nghiên cứu sự ảnh hưởng của đặc tính kết cấu chống giữ, chúng tôi thay thế yếu tố "số hiệu của khung chống "SVP" bằng giá trị của "mô men chống uốn W_c " của mặt cắt ngang tương ứng" [3]. Điều này cho phép xét đến độ cứng của chủng loại kết cấu chống giữ sử dụng trong từng trường hợp cụ thể và có thể thay thế khung chống "SVP" bằng những kết cấu chống giữ có đặc tính độ cứng " W_c " khác. Từ các số liệu Bảng 1, Bảng 2, chúng tôi đề xuất chủng loại mô hình các quy luật biến đổi chuyển dịch "U" tại nóc công trình ngầm phụ thuộc vào chín biến số sau [6]:

$$U=f(t, H, \alpha, W_c, h, b, n, R_n, L_b). \quad (1)$$

Tuy nhiên, các số liệu các Bảng 1, 2, 3 cho thấy: một số thông số có giá trị thay đổi không lớn hoặc không thay đổi. Vì vậy khi lựa chọn chủng loại mô hình (1), trong một số trường hợp, điều kiện cụ thể, có thể một số thông số, yếu tố sẽ được loại bỏ.

Từ các số liệu các Bảng 1, 2, 3, chúng tôi xây dựng các Bảng số liệu 4, 5, 6 mô tả sự chuyển dịch của hông, nền công trình ngầm theo thời gian trong những điều kiện địa cơ học khối đá bao quanh và cấu tạo công trình ngầm khác nhau.

Bảng 4. Chuyển dịch khối đá bao quanh công trình ngầm tại hông hướng lên phía trên

U, mm	t, ng.đ	H, m	α , độ	W_{c_3} , cm ³	h, m	b, m	R_n , MPa	L_b , m
U	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8
9	30	710	42	107.9	2.8	5.1	36	0.7
18	90	710	42	107.9	2.8	5.1	36	0.7
28	150	710	42	107.9	2.8	5.1	36	0.7
43	210	710	42	107.9	2.8	5.1	36	0.7
8	30	710	42	107.9	2.8	5.1	37	2.0
14	90	710	42	107.9	2.8	5.1	37	2.0
15	150	710	42	107.9	2.8	5.1	37	2.0
...	...	...	...	...	...	...	...	...

U, mm	t, ng.đ	H, m	α , độ	W_{c_3} , cm ³	h, m	b, m	R_n , MPa	L_b , m
U	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8
...	...	...	...	...	...	...	...	...
1	90	382	30	107.9	3.5	4.7	79	2.0
0	30	382	30	107.9	3.5	4.7	79	4.0
1	90	382	30	107.9	3.5	4.7	79	4.0
0	30	382	30	107.9	3.5	4.7	79	6.0
0	90	382	30	107.9	3.5	4.7	79	6.0
0	30	382	30	107.9	3.5	4.7	79	8.0
0	90	382	30	107.9	3.5	4.7	79	8.0

Bảng 5. Chuyển dịch khối đá bao quanh công trình ngầm tại hông hướng xuống phía dưới

U, mm	t, ng.đ	H, m	α , độ	W_{c_3} , cm ³	h, m	b, m	R_n , MPa	L_b , m
U	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8
27	30	710	42	107.9	2.8	5.1	36	0.7
58	90	710	42	107.9	2.8	5.1	36	0.7
93	150	710	42	107.9	2.8	5.1	36	0.7
144	210	710	42	107.9	2.8	5.1	36	0.7
8	30	710	42	107.9	2.8	5.1	37	2.0
21	90	710	42	107.9	2.8	5.1	37	2.0
23	150	710	42	107.9	2.8	5.1	37	2.0
...	...	...	...	...	...	...	...	...

U, mm	t, ng.đ	H, m	α , độ	W_{c_3} , cm ³	h, m	b, m	R_n , MPa	L_b , m
U	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8
...	...	...	...	...	...	...	...	...
4	90	382	30	107.9	3.5	4.7	79	2.0
0	30	382	30	107.9	3.5	4.7	79	4.0
0	90	382	30	107.9	3.5	4.7	79	4.0
0	30	382	30	107.9	3.5	4.7	79	6.0
0	90	382	30	107.9	3.5	4.7	79	6.0
0	30	382	30	107.9	3.5	4.7	79	8.0
0	90	382	30	107.9	3.5	4.7	79	8.0

Bảng 6. Chuyển dịch khối đá bao quanh công trình ngầm tại nền theo phương thẳng đứng

U, mm	t, ng.đ	H, m	α , độ	W_{c_3} , cm ³	b, m	R_n , MPa	L_b , m
U	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7
11	30	710	42	107.9	5.1	28	1.0
25	90	710	42	107.9	5.1	28	1.0
73	150	710	42	107.9	5.1	28	1.0
154	210	710	42	107.9	5.1	28	1.0
6	30	710	42	107.9	5.1	30	2.0
17	90	710	42	107.9	5.1	30	2.0
69	150	710	42	107.9	5.1	30	2.0
...	...	...	...	...	...	...	...

U, mm	t, ng.đ	H, m	α , độ	W_{c_3} , cm ³	b, m	R_n , MPa	L_b , m
U	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7
...	...	...	...	...	...	...	...
7	210	685	22	107.9	3.8	53	2.0
1	30	480	45	53.4	2.85	119	0.7
1	90	480	45	53.4	2.85	119	0.7
0	30	480	45	53.4	2.85	119	2.0
0	90	480	45	53.4	2.85	119	2.0
0	30	480	45	53.4	2.85	150	3.3
0	90	480	45	53.4	2.85	150	3.3

Bảng 4 mô tả sự thay đổi "U" chuyển dịch khối đá bao quanh công trình ngầm tại hông hướng lên phía trên khi $n=0,75 \div 1,0$, $h=2,4 \div 3,41$ m, trong giải biến thiên: $t=30, 90, 150, 210$ ngày-đêm; $H=480 \div 800$; $\alpha=42^\circ \div 45^\circ$; SVP=17÷27; $b=2,85 \div 5,8$; $R_n=26 \div 56$ MPa; $L_b=0,7 \div 8,0$ m; SVP17 có $W_c=53,4$ cm³; SVP22 có $W_c=81,3$ cm³; SVP27 có $W_c=107,9$ cm³ [5] (có 142 tổ hợp số liệu ứng với từng giá trị chuyển dịch "U").

Bảng 5 mô tả sự thay đổi "U" chuyển dịch khối đá bao quanh công trình ngầm tại hông hướng xuống phía dưới khi $n=1,0$, trong giải biến thiên: $t=30, 90, 150, 210$ ngày-đêm; $H=480 \div 800$; $\alpha=8^\circ \div 48^\circ$; SVP=17÷27; $b=2,85 \div 5,8$; $h=2,4 \div 3,5$ m; $R_n=26 \div 56$; $L_b=0,7 \div 8,0$ m; SVP17 có $W_c=53,4$ cm³;

SVP22 có $W_c=81,3$ cm³; SVP27 có $W_c=107,9$ cm³ [5] (có 182 tổ hợp số liệu ứng với từng giá trị chuyển dịch "U").

Bảng 6 mô tả sự thay đổi "U" chuyển dịch khối đá bao quanh công trình ngầm tại nền hướng lên phía trên khi $n=1,0$, trong giải biến thiên: $t=30, 90, 150, 210$ ngày-đêm; $H=480 \div 800$; $\alpha=8^\circ \div 48^\circ$; SVP=17÷27; $b=2,85 \div 5,8$; $h=2,4 \div 3,5$ m; $R_n=26 \div 56$; $L_b=0,7 \div 8,0$ m; SVP17 có $W_c=53,4$ cm³; SVP22 có $W_c=81,3$ cm³; SVP27 có $W_c=107,9$ cm³ [5] (có 31 tổ hợp số liệu ứng với từng giá trị chuyển dịch "U").

3.1. Nghiên cứu xây dựng các mô hình chuyển dịch khối đá bao quanh công trình ngầm tại hông hướng lên phía trên

Từ các số liệu Bảng 4, do giá trị thông số “n” thay đổi không lớn, chúng tôi đề xuất các mô hình các quy luật biến đổi chuyển dịch “U” hướng lên phía trên tại hồng công trình ngầm phụ thuộc vào tám biến số:

$$U=f(t, H, \alpha, W_c, b, h, R_n, L_b). \quad (2)$$

Từ số liệu Bảng 4, chúng tôi xây dựng 84 mô hình hồi quy mô tả mối quan hệ giữa chuyển dịch khối đá “U” với tám biến số: $X_1=t$; $X_2=H$; $X_3=\alpha$; $X_4=W_c$; $X_5=h$; $X_6=b$; $X_7=R_n$; $X_8=L_b$ có dạng hoàn toàn giống các phương trình theo thứ tự từ “(68)” đến “(152)” trong [6].

Sau khi sử dụng chương trình xác định các mô hình hồi quy bằng phương pháp bình phương tối thiểu, chúng tôi xác định được các giá trị các hệ số của các mô hình biến dạng hồng công trình ngầm theo phương hướng lên phía trên trong các mô hình “(68)”÷“(152)” [6] thể hiện trên Bảng 7: U_i - Mô hình biến dạng hồng công trình ngầm theo phương hướng lên phía trên thứ “i”; R_i - Hệ số tương quan bội của mô hình biến dạng hồng công trình ngầm theo phương hướng lên phía trên thứ “i”; $i=1\div 84$.

Bảng 7. Các hệ số của 10 mô hình tốt nhất cho chuyển dịch hồng công trình ngầm hướng lên trên

U_i	$A_{i,0}$	$A_{i,1}$	$A_{i,2}$	$A_{i,3}$	$A_{i,4}$	$A_{i,5}$	$A_{i,6}$	$A_{i,7}$	$A_{i,8}$	R_i
U_4	0.157139	0.014273	0.014698	-8.9E-05	-0.03341	-1.50281	1.513757	-0.08443	-1.26912	0.747606
U_{46}	5.5E+10	0.014398	0.013425	-0.76285	-1.49464	-0.96134	3.399386	-6.64331	-1.22771	0.746213
U_{70}	42763440	0.014282	0.01308	-0.00299	-0.02982	-4.95341	4.381739	-5.60271	-1.27312	0.747517
U_{73}	15900564	0.014268	0.013136	-0.00375	-0.02951	-1.48721	4.460768	-5.63827	-1.27189	0.747438
U_{75}	1.2E+08	0.014272	0.013132	-0.00331	-0.02947	-1.48176	0.993681	-5.59971	-1.27339	0.747321

3.2. Nghiên cứu xây dựng các mô hình chuyển dịch khối đá bao quanh công trình ngầm tại hồng hướng xuống phía dưới

Tương tự, từ Bảng 5, do giá trị thông số “n” thay đổi không lớn, chúng tôi đề xuất các mô hình các quy luật biến đổi chuyển dịch “U” tại hồng công trình ngầm hướng xuống phía dưới phụ thuộc vào tám biến số theo phương trình (2). Từ Bảng 5, chúng tôi cũng xây dựng 84 mô hình hồi quy mô tả mối quan hệ giữa chuyển dịch khối đá “U” với tám biến số: $X_1=t$; $X_2=H$; $X_3=\alpha$; $X_4=W_c$; $X_5=h$; $X_6=b$; $X_7=R_n$; $X_8=L_b$ có dạng hoàn toàn các phương trình theo thứ tự từ “(68)” đến “(152)” trong [6].

Sau khi sử dụng chương trình xác định các mô hình hồi quy bằng phương pháp bình phương tối thiểu, chúng tôi xác định được các giá trị các hệ số của các mô hình biến dạng hồng công trình ngầm theo phương hướng xuống phía dưới trong các mô hình “(68)”÷“(152)” [6] thể hiện trên Bảng 8: U_i - Mô hình biến dạng hồng công trình ngầm theo phương hướng xuống phía dưới thứ “i”; R_i - Hệ số tương quan bội của mô hình biến dạng hồng công trình ngầm theo phương hướng xuống phía dưới thứ “i”;

Tại đây chỉ liệt kê 5 mô hình tiêu biểu có hệ số tương quan bội “ R_i ” của mô hình biến dạng hồng công trình ngầm với giá trị lớn nhất:

➤ Mô hình “(4)” tương đương với “(71)” [6]:

$$U_4 = e^{(A_{4,0} + A_{4,1} \cdot X_1 + \dots + A_{4,8} \cdot X_8)}; \quad (3)$$

➤ Mô hình “(46)” tương đương với “(71)” [6]:

$$U_{46} = A_{46,0} \cdot e^{(A_{46,1} \cdot X_1)} \cdot e^{(A_{46,2} \cdot X_2)} \cdot (X_3)^{A_{46,3}} \cdot \dots \cdot (X_7)^{A_{46,7}} \cdot e^{(A_{46,8} \cdot X_8)}; \quad (4)$$

➤ Mô hình “(70)” tương đương với “(71)” [6]:

$$U_{70} = \left[\begin{matrix} A_{70,0} \cdot e^{(A_{70,1} \cdot X_1)} \dots e^{(A_{70,4} \cdot X_4)} \cdot (X_5)^{A_{70,5}} \dots \\ (X_8)^{A_{70,8}} \cdot e^{(A_{70,7} \cdot X_7)} \end{matrix} \right]; \quad (5)$$

➤ Mô hình “(73)” tương đương với “(71)” [6]:

$$U_{73} = \left[\begin{matrix} A_{73,0} \cdot e^{(A_{73,1} \cdot X_1)} \dots e^{(A_{73,5} \cdot X_5)} \cdot (X_6)^{A_{73,6}} \\ (X_7)^{A_{73,7}} \cdot e^{(A_{73,8} \cdot X_8)} \end{matrix} \right]; \quad (6)$$

➤ Mô hình “(75)” tương đương với “(71)” [6]:

$$U_{75} = A_{75,0} \cdot e^{(A_{75,1} \cdot X_1)} \dots e^{(A_{75,6} \cdot X_6)} \cdot (X_7)^{A_{75,7}} \cdot e^{(A_{75,8} \cdot X_8)}; \quad (7)$$

$i=1\div 84$. Tại đây chỉ liệt kê 5 mô hình tiêu biểu có hệ số tương quan bội “ R_i ” của mô hình biến dạng hồng công trình ngầm có giá trị lớn nhất:

➤ Mô hình “(4)” tương đương với “(71)” [6]:

$$U_4 = e^{(A_{4,0} + A_{4,1} \cdot X_1 + \dots + A_{4,8} \cdot X_8)}; \quad (8)$$

➤ Mô hình “(55)” tương đương với “(122)” [6]:

$$U_{55} = \left[\begin{matrix} A_{55,0} \cdot (X_1)^{A_{55,1}} \cdot (X_2)^{A_{55,2}} \cdot e^{(A_{55,3} \cdot X_3)} \\ e^{(A_{55,4} \cdot X_4)} \cdot (X_5)^{A_{55,5}} \dots (X_7)^{A_{55,7}} \cdot e^{(A_{55,8} \cdot X_8)} \end{matrix} \right]; \quad (9)$$

➤ Mô hình “(61)” tương đương với “(128)” [6]:

$$U_{61} = \left[\begin{matrix} A_{61,0} \cdot (X_1)^{A_{61,1}} \dots (X_4)^{A_{61,4}} \cdot (X_5)^{A_{61,5}} \\ e^{(A_{61,6} \cdot X_6)} \dots e^{(A_{61,8} \cdot X_8)} \end{matrix} \right]; \quad (10)$$

➤ Mô hình “(79)” tương đương với “(146)” [6]:

$$U_{79} = \left[\begin{matrix} A_{79,0} \cdot (X_1)^{A_{79,1}} \cdot e^{(A_{79,2} \cdot X_2)} \dots e^{(A_{79,4} \cdot X_4)} \\ (X_5)^{A_{79,5}} \dots (X_7)^{A_{79,7}} \cdot e^{(A_{79,8} \cdot X_8)} \end{matrix} \right]; \quad (11)$$

➤ Mô hình “(82)” tương đương với “(150)” [6]:

$$U_{82} = \left[\begin{matrix} A_{82,0} \cdot (X_1)^{A_{82,1}} \cdot (X_2)^{A_{82,2}} \cdot e^{(A_{82,3} \cdot X_3)} \dots \\ e^{(A_{82,5} \cdot X_5)} \cdot (X_6)^{A_{82,6}} \cdot (X_7)^{A_{82,7}} \cdot e^{(A_{82,8} \cdot X_8)} \end{matrix} \right]; \quad (12)$$

Bảng 8. Các hệ số của 10 mô hình tốt nhất cho chuyển dịch hông công trình ngầm hướng xuống dưới

U_i	$A_{i,0}$	$A_{i,1}$	$A_{i,2}$	$A_{i,3}$	$A_{i,4}$	$A_{i,5}$	$A_{i,6}$	$A_{i,7}$	$A_{i,8}$	R_i
U_4	161312.9	0.018893	0.002185	0.091104	-0.08566	-5.95782	3.595157	-0.08086	-1.60362	0.781403
U_{55}	76608795	2.020042	0.117452	0.105100	-0.09010	-18.3629	13.61928	-4.81812	-1.61997	0.777211
U_{61}	1234.562	2.007081	2.633162	1.764562	-6.54245	-15.4507	3.622607	-0.083	-1.60071	0.777232
U_{79}	1.45E+08	2.017892	0.000354	0.103919	-0.09008	-18.2578	13.58379	-4.85191	-1.61871	0.777220
U_{82}	8644201	2.022325	0.016438	0.107739	-0.08919	-5.88994	13.69561	-4.79247	-1.62112	0.777062

3.3. Nghiên cứu xây dựng các mô hình chuyển dịch khối đá bao quanh công trình ngầm tại nền hướng lên phía trên

Từ các số liệu Bảng 6, do thông số “n” có giá trị thay đổi không lớn, chúng tôi đề xuất mô hình các quy luật biến đổi chuyển dịch “U” tại nền công trình ngầm theo phương thẳng đứng phụ thuộc vào bảy biến số sau đây:

$$U=f(t, H, \alpha, W_c, b, R_n, L_b). \quad (13)$$

Từ các số liệu Bảng 6, chúng tôi xây dựng 64 mô hình hồi quy mô tả mối quan hệ giữa chuyển dịch khối đá “U” với bảy biến số: $X_1=t$; $X_2=H$; $X_3=\alpha$; $X_4=W_c$; $X_5=b$; $X_6=R_n$; $X_7=L_b$ có dạng hoàn toàn giống các phương trình theo thứ tự từ “(3)” đến “(66)” trong [6].

Sau khi sử dụng chương trình xác định các mô hình hồi quy bằng phương pháp bình phương tối thiểu, chúng tôi xác định được các giá trị các hệ số của các mô hình biến dạng nền công trình ngầm theo phương hướng lên phía trên trong các mô hình “(3)”÷“(66)” [6] thể hiện trên Bảng 9: U_i - Mô hình biến dạng nền công trình ngầm thứ “i”; R_i - Hệ số tương quan bội của mô hình biến dạng nền công trình ngầm theo phương hướng lên phía trên

Bảng 9. Các hệ số của 10 mô hình tốt nhất cho chuyển dịch nền công trình ngầm hướng lên trên

U_i	$A_{i,0}$	$A_{i,1}$	$A_{i,2}$	$A_{i,3}$	$A_{i,4}$	$A_{i,5}$	$A_{i,6}$	$A_{i,7}$	R_i
U_2	2.05E-53	1.86157	12.88722	-6.8108	-9.40375	44.14164	9.456899	-7.12217	0.891768
U_8	5.61E-28	1.86157	0.022673	-0.24197	-10.9383	45.26497	9.456899	9.456899	0.891754
U_{19}	5.61E-28	1.86157	0.022673	-0.24197	-10.9383	45.26497	9.456899	-7.12217	0.891579
U_{24}	4.8E-77	1.86157	14.26241	-0.23474	-0.14431	44.96236	9.456899	-7.12217	0.891779
U_{39}	3.68E-19	1.86157	0.032911	-0.30852	-12.5392	11.07213	9.456899	-7.12217	0.891788

4. Lựa chọn mô hình mô tả chuyển dịch khối đá biên công trình ngầm theo thời gian

Sau khi so sánh các giá trị hệ số tương quan bội “ R_i ” của các mô hình biến dạng hông, nền công trình ngầm (các Bảng 7, 8, 9), chúng tôi tìm ra ba mô hình có hệ số tương quan bội lớn nhất:

➤ Mô hình tốt nhất cho chuyển dịch hông công trình ngầm hướng lên trên:

$$U_4 = e^{(A_{4,0}+A_{4,1} \cdot X_1 + \dots + A_{4,8} \cdot X_8)}; \quad (19)$$

➤ Mô hình tốt nhất cho chuyển dịch hông công

thứ “i”; $i=1 \div 64$. Tại đây chỉ liệt kê 5 mô hình tiêu biểu có hệ số tương quan bội “ R_i ” của mô hình biến dạng nền công trình ngầm với giá trị lớn nhất:

➤ Mô hình “(2)” tương đương với “(4)” [6]:

$$U_2 = A_{2,0} \cdot (X_1)^{A_{2,1}} \dots (X_7)^{A_{2,7}}; \quad (14)$$

➤ Mô hình “(8)” tương đương với “(10)” [6]:

$$U_8 = \left[A_{8,0} \cdot (X_1)^{A_{8,1}} \cdot (X_2)^{A_{8,2}} \cdot e^{(A_{8,3} \cdot X_3)} \cdot (X_4)^{A_{8,4}} \dots (X_7)^{A_{8,7}} \right]; \quad (15)$$

➤ Mô hình “(19)” tương đương với “(21)” [6]:

$$U_{19} = \left[A_{19,0} \cdot (X_1)^{A_{19,1}} \cdot e^{(A_{19,2} \cdot X_2)} \cdot e^{(A_{19,3} \cdot X_3)} \cdot (X_4)^{A_{19,4}} \dots (X_7)^{A_{19,7}} \right]; \quad (16)$$

➤ Mô hình “(24)” tương đương với “(26)” [6]:

$$U_{24} = \left[A_{24,0} \cdot (X_1)^{A_{24,1}} \cdot (X_2)^{A_{24,2}} \cdot e^{(A_{24,3} \cdot X_3)} \cdot e^{(A_{24,4} \cdot X_4)} \cdot (X_5)^{A_{24,5}} \dots (X_7)^{A_{24,7}} \right]; \quad (17)$$

➤ Mô hình “(39)” tương đương với “(41)” [6]:

$$U_{39} = \left[A_{39,0} \cdot (X_1)^{A_{39,1}} \cdot e^{(A_{39,2} \cdot X_2)} \dots e^{(A_{39,4} \cdot X_4)} \cdot (X_5)^{A_{39,5}} \dots (X_7)^{A_{39,7}} \right]; \quad (18)$$

trình ngầm hướng xuống dưới:

$$U_4 = e^{(A_{4,0}+A_{4,1} \cdot X_1 + \dots + A_{4,8} \cdot X_8)}; \quad (20)$$

➤ Mô hình tốt nhất cho chuyển dịch nền công trình ngầm hướng lên trên:

$$U_{24} = \left[A_{24,0} \cdot (X_1)^{A_{24,1}} \cdot (X_2)^{A_{24,2}} \cdot e^{(A_{24,3} \cdot X_3)} \cdot e^{(A_{24,4} \cdot X_4)} \cdot (X_5)^{A_{24,5}} \dots (X_7)^{A_{24,7}} \right]; \quad (21)$$

Tại đây: các hệ số $A_{4,0} \div A_{4,8}$ của phương trình (19) lấy theo các số liệu tại Bảng 7; các hệ số $A_{4,0} \div A_{4,8}$ của phương trình (20) lấy theo các số liệu tại Bảng 8;

các hệ số $A_{24,0} \div A_{24,7}$ của phương trình (21) lấy theo các số liệu tại Bảng 9.

5. Kết luận

Các mô hình (19)-(21) cho phép dự báo giá trị chuyển dịch khối đá tại hông, nền công trình ngầm tùy thuộc vào thời gian đo đạc, vị trí đo ở độ sâu so với biên công trình ngầm và một số đặc tính cơ bản của khối đất đá bao quanh, đặc tính của cấu tạo hình học mặt cắt ngang công trình ngầm và đặc tính chịu tải của kết cấu chống giữ. □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Võ Trọng Hùng, Phùng Mạnh Đắc. Cơ học đá ứng dụng trong xây dựng công trình ngầm và khai thác mỏ. Hà Nội. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật. Năm 2005. 460 trang.
2. Баклашов И.В., Картозия Б.А. Механика подземных сооружений и конструкции крепей. М., Изд. "Недра". 2012. 544 стр.
3. Глушко В.Т., Чередниченко В.П., Усатенко Б.С. Реология горного массива. Киев. Издательство "Наукова Думка", 1981. 172 с.
4. Глушко В.Т., Ваганов И.И., Усатенко Б.С. Исследование сдвижений массива горных пород в окрестности горных выработок. В кн.: Механика и разрушение горных пород. Киев. Издательство "Наукова Думка". 1974. Вып. 2. Стр. 16-35.
5. Нурмухамедов Ю.К.. Примеры и задачи по технологии горного производства. М. Недра. 1973. 296 с. 275 с.
6. Võ Trọng Hùng. Nghiên cứu xây dựng mô hình xác định quy luật chuyển dịch khối đá biên tại nóc công trình ngầm theo thời gian. Tạp chí Công nghiệp mỏ. Số 1. 2020. Tr. 23-35.

Ngày nhận bài: 16/02/2020

Ngày gửi phản biện: 16/06/2020

Ngày nhận phản biện: 20/07/2020

Ngày chấp nhận đăng bài: 10/08/2020

Từ khóa: chuyển dịch khối đá; nóc công trình ngầm; phương thẳng đứng; phương vuông góc với mặt phân lớp; thời gian đo; vị trí đo; đặc tính khối đất đá; mặt cắt ngang; kết cấu chống giữ

Trách nhiệm pháp lý của các tác giả bài báo: các tác giả hoàn toàn chịu trách nhiệm về các số liệu, nội dung công bố trong bài báo theo Luật Báo chí Việt Nam

Tóm tắt: Bài báo giới thiệu kết quả nghiên cứu hình thành mô hình dự báo chuyển vị của khối đá tại hông, nền công trình ngầm phụ thuộc vào thời gian đo đạc và một số tính chất khác của khối đá và công trình ngầm

Research to determine the law of displacement of rock masses at the underground structures wall and floor depending on measurement time

SUMMARY

The article introduces the results of the research to forming the models for predicting the displacement of rock masses at the underground structures wall and floor depending on measurement time and some other properties of the rock mass and underground structures.

XU HƯỚNG SỬ DỤNG...

(Tiếp theo trang 6)

SUMMARY

Currently, with strong economic and social development needs, the mining industries must operate with a very large intensity. This raises the need for continuous research and investment to expand production and exploitation of minerals. The development of mineral mining industries, in addition to improving the efficiency of using equipment and mineral resources to be exploited to ensure economic factors, must also ensure stability and safety for the project, mining area, disposal site in mining, construction works and related works. This paper presents an overview of the application of artificial intelligence in the mining sector as well as the trend of applying them in the mining sector in the world and in Vietnam to be able to respond the urgent requirements mentioned above.



1. Có một điều mà bạn không thể dấu - là khi bên trong bạn tê liệt. *John Lennon.*

2. Phải làm nhiều việc tốt mới gây được tiếng tăm tốt, nhưng chỉ làm một việc xấu có thể đánh mất nó. *Benjamin Franklin.*

VTH sưu tầm