

# NGHIÊN CỨU XÂY DỰNG MÔ HÌNH XÁC ĐỊNH QUY LUẬT CHUYỂN DỊCH KHỐI ĐÁ BIÊN TẠI NÓC CÔNG TRÌNH NGẦM THEO THỜI GIAN

VŨ TRỌNG HÙNG

Trường Đại học Mỏ-Địa chất

Email: votronghung@khoaxaydung.edu.vn

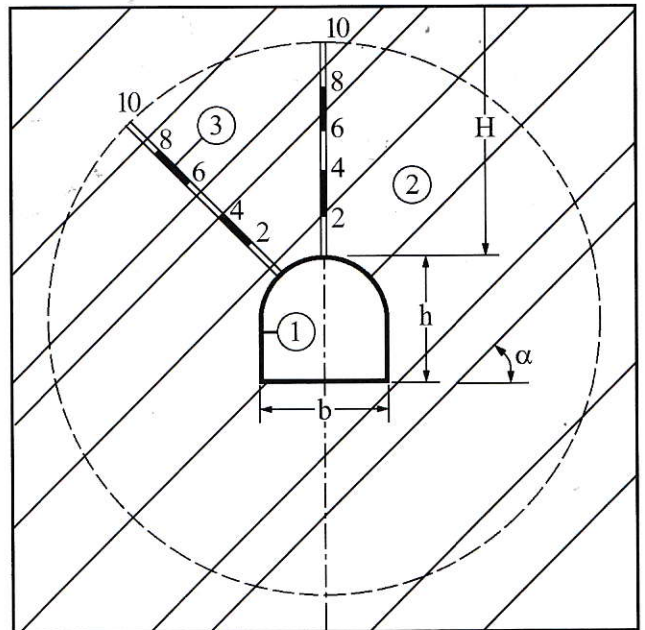
Để đánh giá mức độ ổn định của công trình ngầm thường sử dụng nhiều phương pháp khác nhau, trong đó có phương pháp dự báo giá trị chuyển dịch biên công trình ngầm theo thời gian. Cho đến nay, việc xác định mô hình dự báo quy luật chuyển dịch biên công trình ngầm theo thời gian vẫn chưa được giải quyết 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],... Vì vậy, công tác nghiên cứu xây dựng mô hình xác định quy luật chuyển dịch khối đá biên công trình ngầm tại các vị trí khác nhau, trong đó có vị trí nóc, có ý nghĩa đặc biệt quan trọng.

MPa. 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 các Bảng 1, Bảng 2.

## 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  $H = 480 \div 710$  m; góc nghiêng của các lớp đá  $\alpha = 8^\circ \div 50^\circ$ ; chủng loại kết cấu chống giữ sử dụng để chống giữ đường lò SVP17 ÷ SVP27; chiều cao đường lò  $h = 2,4 \div 3,5$  m; chiều rộng đường lò  $b = 2,85 \div 5,8$  m; khoảng cách giữa hai khung chống chủ yếu bằng 1,0 m, chỉ có một trườn hợp  $n = 0,75$  m; giới hạn bền nén của các lớp đất đá  $R_n = 26 \div 139$



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);  $\alpha$  - Góc nghiêng của các lớp đất đá (độ)

Bảng 1. Chuyển dịch khối đá bao quanh công trình ngầm tại nóc theo phương thẳng đứng [3], [4]

H, m	$\alpha$ , độ	SVP, Số	h, m	b, m	n, m	$R_n$ , MPa	$L_b$ , m	U, mm/(ngày-đêm) sau "t" (ngày-đêm)				
								30	90	150	210	270
710	42	27	2,8	5,8	1,0	27	0,7	91	146	226	580	-
						26	2,0	53	72	114	243	-
						27	4,0	30	43	66	192	-
						26	6,0	23	32	47	108	-
						27	8,0	19	23	37	41	-
800	50	27	2,8	4,0	1	32	0,7	96	167	-	-	-
						32	2,0	69	109	-	-	-
						33	3,5	46	102	-	-	-
						33	5,0	16	50	-	-	-
540	50	27	3,41	4,32	0,75	27	0,7	20	33	39	42	51
						27	2,0	18	24	33	36	46
						27	4,0	10	13	13	17	23
						27	6,0	4	4	4	4	4
						27	8,0	2	2	2	2	2
540	48	27	2,6	3,05	1,0	28	0,7	26	104	133	-	-
						28	1,5	2	4	18	-	-
480	45	17	2,4	2,85	1,0	56	0,7	9	18	-	-	-
						56	2,0	1	4	-	-	-
						56	4,0	-	-	-	-	-
						56	6,0	-	-	-	-	-
						56	8,0	-	-	-	-	-

**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) 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<sub>c</sub>" 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:

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

Tuy nhiên, các số liệu Bảng 1, Bảng 2 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.

Bảng 2. Chuyển dịch khối đá bao quanh công trình ngầm tại nóc theo hướng vuông góc với mặt phân lớp các lớp đá [3], [4]

H, m	$\alpha$ , độ	SVP, Số	h, m	b, m	n, m	$R_n$ , MPa	$L_b$ , m	U, mm/(ngày-đêm) sau “t” (ngày-đêm)				
								30	90	150	210	270
710	42	27	2,8	5,8	1,0	27	0,7	74	157	243	370	-
						27	2,0	61	111	172	237	-
						26	4,0	30	67	103	152	-
						26	6,0	18	40	67	98	-
						26	8,0	8	19	35	63	-
615	22	22	3,0	3,8	1,0	38	0,7	52	88	125	155	240
						38	2,0	23	31	48	50	62
						61	4,0	4	6	7	8	8
						61	6,0	0	0	0	0	0
						61	8,0	0	0	0	0	0
540	15	17	3,0	4,0	1,0	72	0,7	17	26	40	50	54
						72	2,0	2	5	5	6	8
						72	4,0	0	0	0	0	0
						70	6,0	0	0	0	0	0
						70	8,0	0	0	0	0	0
777	8	27	2,9	4,78	1,0	139	0,7	2	5	8	8	8
						139	2,0	2	4	5	5	5
						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	1,0	67	0,7	3	6	7	11	0
						67	2,5	0	0	0	0	0
						67	5,5	0	0	0	0	0
						67	7,5	0	0	0	0	0
						67	9,5	0	0	0	0	0
540	48	27	2,6	3,05	1,0	28	0,7	195	495	640	-	-
						28	2,0	60	338	420	-	-
						28	4,0	38	152	208	-	-
						28	6,0	12	82	116	-	-
						41	8,0	4	23	36	-	-
328	20	27	3,5	4,7	1,0	89	0,7	4	21	-	-	-
						89	2,0	4	21	-	-	-
						89	4,0	-	-	-	-	-
480	45	17	2,4	2,85	1,0	56	0,7	6	17			
						56	1,2	2	8			
						56	2,2	1	1			
						56	3,3	0	0			

Bảng 3 mô tả sự thay đổi “ $U$ ” theo phương thẳng đứng 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;  $H=480\div 800$ ;  $\alpha=42^\circ\div 45^\circ$ ;  $SVP=17\div 27$ ;  $b=2,85\div 5,8$ ;  $R_n=26\div 56$  MPa;  $L_b=0,7\div 8,0$  m; SVP17 có  $W_c=53,4$  cm<sup>3</sup>; SVP22 có  $W_c=81,3$  cm<sup>3</sup>; SVP27 có  $W_c=107,9$  cm<sup>3</sup> [5].

Bảng 4 mô tả sự thay đổi “ $U$ ” theo phương vuông góc với mặt phân lớp  $n=1,0$ , trong giải biến thiên:  $t=30, 90, 150, 210$  ngày-đêm;  $H=480\div 800$ ;  $\alpha=8^\circ\div 48^\circ$ ;  $SVP=17\div 27$ ;  $b=2,85\div 5,8$ ;  $h=2,4\div 3,5$  m;  $R_n=26\div 56$ ;  $L_b=0,7\div 8,0$  m; SVP17 có  $W_c=53,4$  cm<sup>3</sup>; SVP22 có  $W_c=81,3$  cm<sup>3</sup>; SVP27 có  $W_c=107,9$  cm<sup>3</sup> [5].

Bảng 3. Chuyển dịch khối đá bao quanh công trình ngầm tại nóc theo phương thẳng đứng

U, mm	t, ng.đ	H, m	α, độ	W <sub>c</sub> , cm <sup>3</sup>	b, m	R <sub>n</sub> , MPa	L <sub>b</sub> , m
U	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7
91	30	710	42	107,9	5,8	27	0,7
146	90	710	42	107,9	5,8	27	0,7
226	150	710	42	107,9	5,8	27	0,7
580	210	710	42	107,9	5,8	27	0,7
53	30	710	42	107,9	5,8	26	2,0
72	90	710	42	107,9	5,8	26	2,0
114	150	710	42	107,9	5,8	26	2,0
243	210	710	42	107,9	5,8	26	2,0
30	30	710	42	107,9	5,8	27	4,0
43	90	710	42	107,9	5,8	27	4,0
66	150	710	42	107,9	5,8	27	4,0
192	210	710	42	107,9	5,8	27	4,0
23	30	710	42	107,9	5,8	26	6,0
32	90	710	42	107,9	5,8	26	6,0
47	150	710	42	107,9	5,8	26	6,0
108	210	710	42	107,9	5,8	26	6,0
19	30	710	42	107,9	5,8	27	8,0
23	90	710	42	107,9	5,8	27	8,0
37	150	710	42	107,9	5,8	27	8,0
41	210	710	42	107,9	5,8	27	8,0
96	30	800	50	107,9	4,0	32	0,7
167	90	800	50	107,9	4,0	32	0,7
69	30	800	50	107,9	4,0	32	2,0
109	90	800	50	107,9	4,0	32	2,0
46	30	800	50	107,9	4,0	33	3,5
102	90	800	50	107,9	4,0	33	3,5
16	30	800	50	107,9	4,0	33	5,0
50	90	800	50	107,9	4,0	33	5,0
20	30	540	50	107,9	4,32	27	0,7
33	90	540	50	107,9	4,32	27	0,7
39	150	540	50	107,9	4,32	27	0,7

U, mm	t, ng.đ	H, m	α, độ	W <sub>c</sub> , cm <sup>3</sup>	b, m	R <sub>n</sub> , MPa	L <sub>b</sub> , m
42	210	540	50	107,9	4,32	27	0,7
51	270	540	50	107,9	4,32	27	0,7
18	30	540	50	107,9	4,32	27	2,0
24	90	540	50	107,9	4,32	27	2,0
33	150	540	50	107,9	4,32	27	2,0
36	210	540	50	107,9	4,32	27	2,0
46	270	540	50	107,9	4,32	27	2,0
10	30	540	50	107,9	4,32	27	4,0
13	90	540	50	107,9	4,32	27	4,0
13	150	540	50	107,9	4,32	27	4,0
17	210	540	50	107,9	4,32	27	4,0
23	270	540	50	107,9	4,32	27	4,0
4	30	540	50	107,9	4,32	27	6,0
4	90	540	50	107,9	4,32	27	6,0
4	150	540	50	107,9	4,32	27	6,0
4	210	540	50	107,9	4,32	27	6,0
4	270	540	50	107,9	4,32	27	6,0
2	30	540	50	107,9	4,32	27	8,0
2	90	540	50	107,9	4,32	27	8,0
2	150	540	50	107,9	4,32	27	8,0
2	210	540	50	107,9	4,32	27	8,0
2	270	540	50	107,9	4,32	27	8,0
26	30	540	48	107,9	3,05	28	0,7
104	90	540	48	107,9	3,05	28	0,7
133	150	540	48	107,9	3,05	28	0,7
2	30	540	48	107,9	3,05	28	1,5
4	90	540	48	107,9	3,05	28	1,5
18	150	540	48	107,9	3,05	28	1,5
9	30	480	45	53,4	2,85	56	0,7
18	90	480	45	53,4	2,85	56	0,7
1	30	480	45	53,4	2,85	56	2,0
4	90	480	45	53,4	2,85	56	2,0

**3.1. Nghiên cứu xây dựng các mô hình chuyển dịch khối đá bao quanh công trình ngầm tại nóc theo phương thẳng đứng**

Từ các số liệu Bảng 3, do các thông số “h”, “n” có giá trị thay đổi không lớn, chúng tôi đề xuất mô hình các quy luật biến đổi chuyển dịch “U” tại nóc công trình ngầm theo phương thẳng đứng phụ thuộc vào bảy biến số sau đây:

$$U=f(t, H, \alpha, W_c, b, R_n, L_b). \tag{2}$$

Từ số liệu Bảng 3, chúng tôi xây dựng 64 mô hình hồi quy mô tả mối quan hệ giữa chuyển dịch khối đá “U” với sáu biến số: X1=t; X2=H; X3=α; X4=W<sub>c</sub>; X5=b; X6=R<sub>n</sub>; X7=L<sub>b</sub> như sau:

$$U_1=A_{1,0}+A_{1,1}.X_1+...+A_{1,7}.X_7. \tag{3}$$

$$U_2 = A_{2,0} \cdot (X_1)^{A_{2,1}} \dots (X_7)^{A_{2,7}}; \tag{4}$$

$$U_3=A_{3,0}+A_{3,1}.\ln(X_1)+...+A_{3,7}.\ln(X_7). \tag{5}$$

$$U_4 = e^{(A_{4,0}+A_{4,1}.X_1+...+A_{4,7}.X_7)}; \tag{6}$$

$$U_5=A_{5,0}+A_{5,1}/(X_1)+...+A_{5,7}/(X_7). \tag{7}$$

$$U_6 = A_{6,0} \cdot e^{(A_{6,1} \cdot X_1)} \cdot (X_2)^{A_{6,2}} \dots (X_7)^{A_{6,7}}; \tag{8}$$

$$U_7 = A_{7,0} \cdot (X_1)^{A_{7,1}} \cdot e^{(A_{7,2} \cdot X_2)} \cdot (X_3)^{A_{7,3}} \dots (X_7)^{A_{7,7}}; \tag{9}$$

$$U_8 = \left[ \begin{matrix} A_{8,0} \cdot (X_1)^{A_{8,1}} \cdot (X_2)^{A_{8,2}} \cdot e^{(A_{8,3} \cdot X_3)} \\ (X_4)^{A_{8,4}} \dots (X_7)^{A_{8,7}} \end{matrix} \right]; \tag{10}$$

$$U_9 = \left[ \begin{matrix} A_{9,0} \cdot (X_1)^{A_{9,1}} \dots (X_3)^{A_{9,3}} \\ e^{(A_{9,4} \cdot X_4)} \cdot (X_5)^{A_{9,5}} \dots (X_7)^{A_{9,7}} \end{matrix} \right]; \tag{11}$$

$$U_{10} = \left[ \begin{matrix} A_{10,0} \cdot (X_1)^{A_{10,1}} \dots (X_4)^{A_{10,4}} \\ e^{(A_{10,5} \cdot X_5)} \cdot (X_6)^{A_{10,6}} \cdot (X_7)^{A_{10,7}} \end{matrix} \right]; \tag{12}$$

$$U_{11} = \left[ \begin{matrix} A_{11,0} \cdot (X_1)^{A_{11,1}} \dots (X_5)^{A_{11,5}} \\ e^{(A_{11,6} \cdot X_6)} \cdot (X_7)^{A_{11,7}} \end{matrix} \right]; \tag{13}$$

Bảng 4. Chuyển dịch khối đá bao quanh công trình ngầm tại nóc theo hướng vuông góc với mặt phân lớp các lớp đá

U, mm	t, ng.đ	H, m	α, độ	W <sub>c3</sub> , cm <sup>3</sup>	h, m	b, m	R <sub>n</sub> , MPa	L <sub>b</sub> , m
U	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8
74	30	710	42	107.9	2.8	5.8	27	0.7
157	90	710	42	107.9	2.8	5.8	27	0.7
243	150	710	42	107.9	2.8	5.8	27	0.7
370	210	710	42	107.9	2.8	5.8	27	0.7
61	30	710	42	107.9	2.8	5.8	27	2.0
111	90	710	42	107.9	2.8	5.8	27	2.0
172	150	710	42	107.9	2.8	5.8	27	2.0
237	210	710	42	107.9	2.8	5.8	27	2.0
30	30	710	42	107.9	2.8	5.8	26	4.0
67	90	710	42	107.9	2.8	5.8	26	4.0
103	150	710	42	107.9	2.8	5.8	26	4.0
152	210	710	42	107.9	2.8	5.8	26	4.0
18	30	710	42	107.9	2.8	5.8	26	6.0
40	90	710	42	107.9	2.8	5.8	26	6.0
67	150	710	42	107.9	2.8	5.8	26	6.0
98	210	710	42	107.9	2.8	5.8	26	6.0
8	30	710	42	107.9	2.8	5.8	26	8.0
19	90	710	42	107.9	2.8	5.8	26	8.0
35	150	710	42	107.9	2.8	5.8	26	8.0
63	210	710	42	107.9	2.8	5.8	26	8.0
52	30	615	22	81.3	3.0	3.8	38	0.7
88	90	615	22	81.3	3.0	3.8	38	0.7
125	150	615	22	81.3	3.0	3.8	38	0.7
155	210	615	22	81.3	3.0	3.8	38	0.7
240	270	615	22	81.3	3.0	3.8	38	0.7
23	30	615	22	81.3	3.0	3.8	38	2.0
31	90	615	22	81.3	3.0	3.8	38	2.0
48	150	615	22	81.3	3.0	3.8	38	2.0
50	210	615	22	81.3	3.0	3.8	38	2.0
62	270	615	22	81.3	3.0	3.8	38	2.0
4	30	615	22	81.3	3.0	3.8	61	4.0
6	90	615	22	81.3	3.0	3.8	61	4.0
7	150	615	22	81.3	3.0	3.8	61	4.0
8	210	615	22	81.3	3.0	3.8	61	4.0
8	270	615	22	81.3	3.0	3.8	61	4.0
17	30	540	15	53.4	3.0	4.0	72	0.7
26	90	540	15	53.4	3.0	4.0	72	0.7
40	150	540	15	53.4	3.0	4.0	72	0.7
50	210	540	15	53.4	3.0	4.0	72	0.7
54	270	540	15	53.4	3.0	4.0	72	0.7
2	30	540	15	53.4	3.0	4.0	72	2.0
5	90	540	15	53.4	3.0	4.0	72	2.0

U, mm	t, ng.đ	H, m	α, độ	W <sub>c3</sub> , cm <sup>3</sup>	h, m	b, m	R <sub>n</sub> , MPa	L <sub>b</sub> , m
5	150	540	15	53.4	3.0	4.0	72	2.0
6	210	540	15	53.4	3.0	4.0	72	2.0
8	270	540	15	53.4	3.0	4.0	72	2.0
2	30	777	8	107.9	2.9	4.78	139	0.7
5	90	777	8	107.9	2.9	4.78	139	0.7
8	150	777	8	107.9	2.9	4.78	139	0.7
8	210	777	8	107.9	2.9	4.78	139	0.7
8	270	777	8	107.9	2.9	4.78	139	0.7
2	30	777	8	107.9	2.9	4.78	139	2.0
4	90	777	8	107.9	2.9	4.78	139	2.0
5	150	777	8	107.9	2.9	4.78	139	2.0
5	210	777	8	107.9	2.9	4.78	139	2.0
5	270	777	8	107.9	2.9	4.78	139	2.0
3	30	685	22	107.9	3.0	3.8	67	0.7
6	90	685	22	107.9	3.0	3.8	67	0.7
7	150	685	22	107.9	3.0	3.8	67	0.7
11	210	685	22	107.9	3.0	3.8	67	0.7
195	30	540	48	107.9	2.6	3.05	28	0.7
495	90	540	48	107.9	2.6	3.05	28	0.7
640	150	540	48	107.9	2.6	3.05	28	0.7
60	30	540	48	107.9	2.6	3.05	28	2.0
338	90	540	48	107.9	2.6	3.05	28	2.0
420	150	540	48	107.9	2.6	3.05	28	2.0
38	30	540	48	107.9	2.6	3.05	28	4.0
152	90	540	48	107.9	2.6	3.05	28	4.0
208	150	540	48	107.9	2.6	3.05	28	4.0
12	30	540	48	107.9	2.6	3.05	28	6.0
82	90	540	48	107.9	2.6	3.05	28	6.0
116	150	540	48	107.9	2.6	3.05	28	6.0
4	30	540	48	107.9	2.6	3.05	41	8.0
23	90	540	48	107.9	2.6	3.05	41	8.0
36	150	540	48	107.9	2.6	3.05	41	8.0
4	30	328	20	107.9	3.5	4.7	89	0.7
21	90	328	20	107.9	3.5	4.7	89	0.7
4	30	328	20	107.9	3.5	4.7	89	2.0
21	90	328	20	107.9	3.5	4.7	89	2.0
6	30	480	45	53.4	2.4	2.85	56	0.7
7	90	480	45	53.4	2.4	2.85	56	0.7
480	150	480	45	53.4	2.4	2.85	56	0.7
2	30	480	45	53.4	2.4	2.85	56	1.2
8	90	480	45	53.4	2.4	2.85	56	1.2
1	30	480	45	53.4	2.4	2.85	56	2.2
1	90	480	45	53.4	2.4	2.85	56	2.2

$$U_{12} = A_{12,0} \cdot (X_1)^{A_{12,1}} \dots (X_6)^{A_{12,6}} \cdot e^{(A_{12,7} \cdot X_7)}; \quad (14)$$

$$U_{13} = A_{13,0} \cdot e^{(A_{13,1} \cdot X_1)} \cdot e^{(A_{13,2} \cdot X_2)} \cdot (X_3)^{A_{13,3}} \dots (X_7)^{A_{13,7}}; \quad (15)$$

$$U_{14} = \left[ \begin{array}{l} A_{14,0} \cdot e^{(A_{14,1} \cdot X_1)} \cdot (X_2)^{A_{14,2}} \\ e^{(A_{14,3} \cdot X_3)} \cdot (X_4)^{A_{14,4}} \dots (X_7)^{A_{14,7}} \end{array} \right]; \quad (16)$$

$$U_{15} = \left[ \begin{array}{l} A_{15,0} \cdot e^{(A_{15,1} \cdot X_1)} \cdot (X_2)^{A_{15,2}} \cdot (X_3)^{A_{15,3}} \\ e^{(A_{15,4} \cdot X_4)} \cdot (X_5)^{A_{15,5}} \dots (X_7)^{A_{15,7}} \end{array} \right]; \quad (17)$$

$$U_{16} = \left[ \begin{array}{l} A_{16,0} \cdot e^{(A_{16,1} \cdot X_1)} \cdot (X_2)^{A_{16,2}} \dots (X_4)^{A_{16,4}} \\ e^{(A_{16,5} \cdot X_5)} \cdot (X_6)^{A_{16,6}} \cdot (X_7)^{A_{16,7}} \end{array} \right]; \quad (18)$$

$$U_{17} = \begin{bmatrix} A_{17.0} \cdot e^{(A_{17.1} \cdot X_1)} \cdot (X_2)^{A_{17.2}} \dots (X_5)^{A_{17.5}} \\ e^{(A_{17.6} \cdot X_6)} \cdot (X_7)^{A_{17.7}} \end{bmatrix}; \quad (19)$$

$$U_{18} = A_{18.0} \cdot e^{(A_{18.1} \cdot X_1)} \cdot (X_2)^{A_{18.2}} \dots (X_6)^{A_{18.6}} \cdot e^{(A_{18.7} \cdot X_7)}; \quad (20)$$

$$U_{19} = \begin{bmatrix} A_{19.0} \cdot (X_1)^{A_{19.1}} \cdot e^{(A_{19.2} \cdot X_2)} \\ e^{(A_{19.3} \cdot X_3)} \cdot (X_4)^{A_{19.4}} \dots (X_7)^{A_{19.7}} \end{bmatrix}; \quad (21)$$

$$U_{20} = \begin{bmatrix} A_{20.0} \cdot (X_1)^{A_{20.1}} \cdot e^{(A_{20.2} \cdot X_2)} \cdot (X_3)^{A_{20.3}} \\ e^{(A_{20.4} \cdot X_4)} \cdot (X_5)^{A_{20.5}} \dots (X_7)^{A_{20.7}} \end{bmatrix}; \quad (22)$$

$$U_{21} = \begin{bmatrix} A_{21.0} \cdot (X_1)^{A_{21.1}} \cdot e^{(A_{21.2} \cdot X_2)} \cdot (X_3)^{A_{21.3}} \\ (X_4)^{A_{21.4}} \cdot e^{(A_{21.5} \cdot X_5)} \cdot (X_6)^{A_{21.6}} \cdot (X_7)^{A_{21.7}} \end{bmatrix}; \quad (23)$$

$$U_{22} = \begin{bmatrix} A_{22.0} \cdot (X_1)^{A_{22.1}} \cdot e^{(A_{22.2} \cdot X_2)} \\ (X_3)^{A_{22.3}} \dots (X_5)^{A_{22.5}} \cdot e^{(A_{22.6} \cdot X_6)} \cdot (X_7)^{A_{22.7}} \end{bmatrix}; \quad (24)$$

$$U_{23} = \begin{bmatrix} A_{23.0} \cdot (X_1)^{A_{23.1}} \cdot e^{(A_{23.2} \cdot X_2)} \\ (X_3)^{A_{23.3}} \dots (X_6)^{A_{23.6}} \cdot e^{(A_{23.7} \cdot X_7)} \end{bmatrix}; \quad (25)$$

$$U_{24} = \begin{bmatrix} A_{24.0} \cdot (X_1)^{A_{24.1}} \cdot (X_2)^{A_{24.2}} \cdot e^{(A_{24.3} \cdot X_3)} \\ e^{(A_{24.4} \cdot X_4)} \cdot (X_5)^{A_{24.5}} \dots (X_7)^{A_{24.7}} \end{bmatrix}; \quad (26)$$

$$U_{25} = \begin{bmatrix} A_{25.0} \cdot (X_1)^{A_{25.1}} \cdot (X_2)^{A_{25.2}} \cdot e^{(A_{25.3} \cdot X_3)} \\ (X_4)^{A_{25.4}} \cdot e^{(A_{25.5} \cdot X_5)} \cdot (X_6)^{A_{25.6}} \cdot (X_7)^{A_{25.7}} \end{bmatrix}; \quad (27)$$

$$U_{26} = \begin{bmatrix} A_{26.0} \cdot (X_1)^{A_{26.1}} \cdot (X_2)^{A_{26.2}} \cdot e^{(A_{26.3} \cdot X_3)} \\ (X_4)^{A_{26.4}} \cdot (X_5)^{A_{26.5}} \cdot e^{(A_{26.6} \cdot X_6)} \cdot (X_7)^{A_{26.7}} \end{bmatrix}; \quad (28)$$

$$U_{27} = \begin{bmatrix} A_{27.0} \cdot (X_1)^{A_{27.1}} \cdot (X_2)^{A_{27.2}} \cdot e^{(A_{27.3} \cdot X_3)} \\ (X_4)^{A_{27.4}} \dots (X_6)^{A_{27.6}} \cdot e^{(A_{27.7} \cdot X_7)} \end{bmatrix}; \quad (29)$$

$$U_{28} = \begin{bmatrix} A_{28.0} \cdot (X_1)^{A_{28.1}} \dots (X_3)^{A_{28.3}} \cdot e^{(A_{28.4} \cdot X_4)} \\ e^{(A_{28.5} \cdot X_5)} \cdot (X_6)^{A_{28.6}} \cdot (X_7)^{A_{28.7}} \end{bmatrix}; \quad (30)$$

$$U_{29} = \begin{bmatrix} A_{29.0} \cdot (X_1)^{A_{29.1}} \dots (X_3)^{A_{29.3}} \cdot e^{(A_{29.4} \cdot X_4)} \\ (X_5)^{A_{29.5}} \cdot e^{(A_{29.6} \cdot X_6)} \cdot (X_7)^{A_{29.7}} \end{bmatrix}; \quad (31)$$

$$U_{30} = \begin{bmatrix} A_{30.0} \cdot (X_1)^{A_{30.1}} \dots (X_3)^{A_{30.3}} \cdot e^{(A_{30.4} \cdot X_4)} \\ (X_5)^{A_{30.5}} \cdot (X_6)^{A_{30.6}} \cdot e^{(A_{30.7} \cdot X_7)} \end{bmatrix}; \quad (32)$$

$$U_{31} = \begin{bmatrix} A_{31.0} \cdot (X_1)^{A_{31.1}} \dots (X_4)^{A_{31.4}} \\ e^{(A_{31.5} \cdot X_5)} \cdot e^{(A_{31.6} \cdot X_6)} \cdot (X_7)^{A_{31.7}} \end{bmatrix}; \quad (33)$$

$$U_{32} = \begin{bmatrix} A_{32.0} \cdot (X_1)^{A_{32.1}} \dots (X_4)^{A_{32.4}} \\ e^{(A_{32.5} \cdot X_5)} \cdot (X_6)^{A_{32.6}} \cdot e^{(A_{32.7} \cdot X_7)} \end{bmatrix}; \quad (34)$$

$$U_{33} = A_{33.0} \cdot (X_1)^{A_{33.1}} \dots (X_5)^{A_{33.5}} \cdot e^{(A_{33.6} \cdot X_6)} \cdot e^{(A_{33.7} \cdot X_7)}; \quad (35)$$

$$U_{34} = A_{34.0} \cdot e^{(A_{34.1} \cdot X_1)} \dots e^{(A_{34.3} \cdot X_3)} \cdot (X_4)^{A_{34.4}} \dots (X_7)^{A_{34.7}}; \quad (36)$$

$$U_{35} = \begin{bmatrix} A_{35.0} \cdot e^{(A_{35.1} \cdot X_1)} \cdot e^{(A_{35.2} \cdot X_2)} \cdot (X_3)^{A_{35.3}} \\ e^{(A_{35.4} \cdot X_4)} \cdot (X_5)^{A_{35.5}} \dots (X_7)^{A_{35.7}} \end{bmatrix}; \quad (37)$$

$$U_{36} = \begin{bmatrix} A_{36.0} \cdot e^{(A_{36.1} \cdot X_1)} \cdot e^{(A_{36.2} \cdot X_2)} \cdot (X_3)^{A_{36.3}} \\ (X_4)^{A_{36.4}} \cdot e^{(A_{36.5} \cdot X_5)} \cdot (X_6)^{A_{36.6}} \cdot (X_7)^{A_{36.7}} \end{bmatrix}; \quad (38)$$

$$U_{37} = \begin{bmatrix} A_{37.0} \cdot e^{(A_{37.1} \cdot X_1)} \cdot e^{(A_{37.2} \cdot X_2)} \\ (X_3)^{A_{37.3}} \dots (X_5)^{A_{37.5}} \cdot e^{(A_{37.6} \cdot X_6)} \cdot (X_7)^{A_{37.7}} \end{bmatrix}; \quad (39)$$

$$U_{38} = \begin{bmatrix} A_{38.0} \cdot e^{(A_{38.1} \cdot X_1)} \cdot e^{(A_{38.2} \cdot X_2)} \\ (X_3)^{A_{38.3}} \dots (X_6)^{A_{38.6}} \cdot e^{(A_{38.7} \cdot X_7)} \end{bmatrix}; \quad (40)$$

$$U_{39} = \begin{bmatrix} A_{39.0} \cdot (X_1)^{A_{39.1}} \cdot e^{(A_{39.2} \cdot X_2)} \dots e^{(A_{39.4} \cdot X_4)} \\ (X_5)^{A_{39.5}} \dots (X_7)^{A_{39.7}} \end{bmatrix}; \quad (41)$$

$$U_{40} = \begin{bmatrix} A_{40.0} \cdot (X_1)^{A_{40.1}} \cdot e^{(A_{40.2} \cdot X_2)} \cdot e^{(A_{40.3} \cdot X_3)} \\ (X_4)^{A_{40.4}} \cdot e^{(A_{40.5} \cdot X_5)} \cdot (X_6)^{A_{40.6}} \cdot (X_7)^{A_{40.7}} \end{bmatrix}; \quad (42)$$

$$U_{41} = \begin{bmatrix} A_{41.0} \cdot (X_1)^{A_{41.1}} \cdot e^{(A_{41.2} \cdot X_2)} \cdot e^{(A_{41.3} \cdot X_3)} \\ (X_4)^{A_{41.4}} \cdot (X_5)^{A_{41.5}} \cdot e^{(A_{41.6} \cdot X_6)} \cdot (X_7)^{A_{41.7}} \end{bmatrix}; \quad (43)$$

$$U_{42} = \begin{bmatrix} A_{42.0} \cdot (X_1)^{A_{42.1}} \cdot e^{(A_{42.2} \cdot X_2)} \cdot e^{(A_{42.3} \cdot X_3)} \\ (X_4)^{A_{42.4}} \dots (X_6)^{A_{42.6}} \cdot e^{(A_{42.7} \cdot X_7)} \end{bmatrix}; \quad (44)$$

$$U_{43} = \begin{bmatrix} A_{43.0} \cdot (X_1)^{A_{43.1}} \cdot (X_2)^{A_{43.2}} \cdot e^{(A_{43.3} \cdot X_3)} \dots e^{(A_{43.5} \cdot X_5)} \\ (X_6)^{A_{43.6}} \cdot (X_7)^{A_{43.7}} \end{bmatrix}; \quad (45)$$

$$U_{44} = \begin{bmatrix} A_{44.0} \cdot (X_1)^{A_{44.1}} \cdot (X_2)^{A_{44.2}} \cdot e^{(A_{44.3} \cdot X_3)} \\ e^{(A_{44.4} \cdot X_4)} \cdot (X_5)^{A_{44.5}} \cdot e^{(A_{44.6} \cdot X_6)} \cdot (X_7)^{A_{44.7}} \end{bmatrix}; \quad (46)$$

$$U_{45} = \begin{bmatrix} A_{45.0} \cdot (X_1)^{A_{45.1}} \cdot (X_2)^{A_{45.2}} \cdot e^{(A_{45.3} \cdot X_3)} \\ e^{(A_{45.4} \cdot X_4)} \cdot (X_5)^{A_{45.5}} \cdot (X_6)^{A_{45.6}} \cdot e^{(A_{45.7} \cdot X_7)} \end{bmatrix}; \quad (47)$$

$$U_{46} = \begin{bmatrix} A_{46.0} \cdot (X_1)^{A_{46.1}} \dots (X_3)^{A_{46.3}} \\ e^{(A_{46.4} \cdot X_4)} \dots e^{(A_{46.6} \cdot X_6)} \cdot (X_7)^{A_{46.7}} \end{bmatrix}; \quad (48)$$

$$U_{47} = \begin{bmatrix} A_{47.0} \cdot (X_1)^{A_{47.1}} \dots (X_3)^{A_{47.3}} \cdot e^{(A_{47.4} \cdot X_4)} \\ e^{(A_{47.5} \cdot X_5)} \cdot (X_6)^{A_{47.6}} \cdot e^{(A_{47.7} \cdot X_7)} \end{bmatrix}; \quad (49)$$

$$U_{48} = A_{48.0} \cdot (X_1)^{A_{48.1}} \dots (X_4)^{A_{48.4}} \cdot e^{(A_{48.5} \cdot X_5)} \dots e^{(A_{48.7} \cdot X_7)}; \quad (50)$$

$$U_{49} = A_{49.0} \cdot e^{(A_{49.1} \cdot X_1)} \dots e^{(A_{49.4} \cdot X_4)} \cdot (X_5)^{A_{49.5}} \dots (X_7)^{A_{49.7}}; \quad (51)$$

$$U_{50} = \begin{bmatrix} A_{50.0} \cdot e^{(A_{50.1} \cdot X_1)} \dots e^{(A_{50.3} \cdot X_3)} \cdot (X_4)^{A_{50.4}} \\ e^{(A_{50.5} \cdot X_5)} \cdot (X_6)^{A_{50.6}} \cdot (X_7)^{A_{50.7}} \end{bmatrix}; \quad (52)$$

$$U_{51} = \begin{bmatrix} A_{51.0} \cdot e^{(A_{51.1} \cdot X_1)} \dots e^{(A_{51.3} \cdot X_3)} \cdot (X_4)^{A_{51.4}} \\ (X_5)^{A_{51.5}} \cdot e^{(A_{51.6} \cdot X_6)} \cdot (X_7)^{A_{51.7}} \end{bmatrix}; \quad (53)$$

$$U_{52} = \begin{bmatrix} A_{52.0} \cdot e^{(A_{52.1} \cdot X_1)} \dots e^{(A_{52.3} \cdot X_3)} \\ (X_4)^{A_{52.4}} \dots (X_6)^{A_{52.6}} \cdot e^{(A_{52.7} \cdot X_7)} \end{bmatrix}; \quad (54)$$

$$U_{53} = \begin{bmatrix} A_{53.0} \cdot (X_1)^{A_{53.1}} \cdot e^{(A_{53.2} \cdot X_2)} \dots e^{(A_{53.5} \cdot X_5)} \\ (X_6)^{A_{53.6}} \cdot (X_7)^{A_{53.7}} \end{bmatrix}; \quad (55)$$

$$U_{54} = \begin{bmatrix} A_{54.0} \cdot (X_1)^{A_{54.1}} \cdot e^{(A_{54.2} \cdot X_2)} \dots e^{(A_{54.4} \cdot X_4)} \\ (X_5)^{A_{54.5}} \cdot e^{(A_{54.6} \cdot X_6)} \cdot (X_7)^{A_{54.7}} \end{bmatrix}; \quad (56)$$

$$U_{55} = \begin{bmatrix} A_{55.0} \cdot (X_1)^{A_{55.1}} \cdot e^{(A_{55.2} \cdot X_2)} \dots e^{(A_{55.4} \cdot X_4)} \\ (X_5)^{A_{55.5}} \cdot (X_6)^{A_{55.6}} \cdot e^{(A_{55.7} \cdot X_7)} \end{bmatrix}; \quad (57)$$

$$U_{56} = \begin{bmatrix} A_{53.0} \cdot (X_1)^{A_{56.1}} \cdot (X_2)^{A_{56.2}} \\ e^{(A_{56.3} \cdot X_3)} \dots e^{(A_{56.6} \cdot X_6)} \cdot (X_7)^{A_{56.7}} \end{bmatrix}; \quad (58)$$

$$U_{57} = \begin{bmatrix} A_{57.0} \cdot (X_1)^{A_{57.1}} \cdot (X_2)^{A_{57.2}} \\ e^{(A_{57.3} \cdot X_3)} \dots e^{(A_{57.5} \cdot X_5)} \cdot (X_6)^{A_{57.6}} \cdot e^{(A_{57.7} \cdot X_7)} \end{bmatrix}; \quad (59)$$

$$U_{58} = A_{58.0} \cdot (X_1)^{A_{58.1}} \dots (X_3)^{A_{58.3}} \cdot e^{(A_{58.4} \cdot X_4)} \dots e^{(A_{58.7} \cdot X_7)}; \quad (60)$$

$$U_{59} = A_{59.0} \cdot e^{(A_{59.1} \cdot X_1)} \dots e^{(A_{59.5} \cdot X_5)} \cdot (X_6)^{A_{59.6}} \cdot (X_7)^{A_{59.7}}; \quad (61)$$

$$U_{60} = \begin{bmatrix} A_{60.0} \cdot e^{(A_{60.1} \cdot X_1)} \dots e^{(A_{60.4} \cdot X_4)} \cdot (X_5)^{A_{60.5}} \\ e^{(A_{60.6} \cdot X_6)} \cdot (X_7)^{A_{60.7}} \end{bmatrix}; \quad (62)$$

$$U_{61} = \begin{bmatrix} A_{61.0} \cdot e^{(A_{61.1} \cdot X_1)} \dots e^{(A_{61.4} \cdot X_4)} \\ (X_5)^{A_{61.5}} \cdot (X_6)^{A_{61.6}} \cdot e^{(A_{61.7} \cdot X_7)} \end{bmatrix}; \quad (63)$$

$$U_{62} = A_{62.0} \cdot e^{(A_{62.1} \cdot X_1)} \dots e^{(A_{62.6} \cdot X_6)} \cdot (X_7)^{A_{62.7}}; \quad (64)$$

$$U_{63} = A_{63.0} \cdot e^{(A_{63.1} \cdot X_1)} \dots e^{(A_{63.5} \cdot X_5)} \cdot (X_6)^{A_{63.6}} \cdot e^{(A_{63.7} \cdot X_7)}; \quad (65)$$

$$U_{64} = A_{64.0} \cdot e^{(A_{64.1} \cdot X_1)} \dots e^{(A_{64.7} \cdot X_7)}; \quad (66)$$

Sau khi sử dụng chương trình xác định các mô hình hồi quy bằng phương pháp bình phương tối thiểu, chúng tôi xác định các hệ số các mô hình biến dạng nóc công trình ngầm theo phương thẳng đứng (3)-(66) thể hiện trên Bảng 5. Tại đây:  $U_i$ ,  $R_i$  - Mô hình biến dạng nóc công trình ngầm và hệ số tương quan bội của mô hình theo phương thẳng đứng thứ "i";  $i=1-63$ .

Bảng 5. Giá trị các hệ số của các mô hình biến dạng nóc công trình ngầm

$U_i$	$A_{i,0}$	$A_{i,1}$	$A_{i,2}$	$A_{i,3}$	$A_{i,4}$	$A_{i,5}$	$A_{i,6}$	$A_{i,7}$	$R_i$
1	-1736,568	0,387703	-0,221485	-12,077892	14,903028	36,957229	26,64060	-16,2219	0,716524
2	1,09E-13	0,521495	5,155891	-1,805341	0,774248	0,967151	0,130247	-1,02201	0,917570
3	-3230,001	36,12582	-66,00540	-481,8496	679,6814	143,40095	618,9726	-49,8386	0,734480
4	-11,80104	0,005099	0,004134	-0,098323	0,104363	0,426176	0,165275	-0,36238	0,917589
5	364,2145	-2051,191	-33436,84	17526,15	-22102,34	-332,9658	-9948,867	80,83437	0,711224
6	1,7E-12	0,005099	5,208383	-2,204165	0,859277	0,835570	0,130247	-1,02201	0,912939
7	0,301707	0,521495	0,007808	-2,206347	1,003823	1,014176	0,130247	-1,02201	0,917570
8	6,37E-16	0,521495	5,158139	-0,038846	0,772801	0,978628	0,130247	-1,02201	0,917570
9	1,39E-12	0,521495	5,155891	-1,805341	0,009993	0,967151	0,130247	-1,02201	0,917570
10	2,24E-14	0,521495	5,169251	-1,304807	0,748537	0,249013	0,130247	-1,02201	0,917570
11	1,35E-14	0,521495	4,851366	-2,151028	1,817534	1,076312	0,027624	-1,02292	0,917591
12	2,35E-19	0,521495	2,810742	-4,619024	5,794253	1,707394	4,554884	-0,36197	0,922181
13	6,304785	0,005099	0,007888	-2,609254	1,091190	0,883074	0,130247	-1,02201	0,912939
14	3,19E-15	0,005099	5,211126	-0,047428	0,857511	0,849582	0,130247	-1,02201	0,912939
15	2,88E-11	0,005099	5,208382	-2,204165	0,011090	0,835570	0,130247	-1,02201	0,912939
16	4,34E-13	0,005099	5,219925	-1,771729	0,837064	0,215134	0,130247	-1,02201	0,912939
17	2,11E-13	0,005099	4,903857	-2,549852	1,902563	0,944731	0,027624	-1,02292	0,912960
18	3,67E-18	0,005099	2,863233	-5,017848	5,879283	1,575813	4,554884	-0,36197	0,917573
19	0,00057	0,521495	0,007812	-0,047480	1,002177	1,028228	0,130248	-1,02201	0,917570
20	8,189805	0,521495	0,007808	-2,206347	0,012956	1,014176	0,130247	-1,02201	0,917570
21	0,062043	0,521495	0,007829	-1,682500	0,977483	0,261153	0,130247	-1,02201	0,917570
22	0,006866	0,521495	0,007347	-2,528349	2,033550	1,120559	0,027624	-1,02292	0,917591
23	1,42E-12	0,521495	0,004257	-4,837633	5,919407	1,733030	4,554884	-0,36197	0,922181
24	8,09E-15	0,521495	5,158139	-0,038846	0,009974	0,978628	0,130247	-1,02201	0,917570
25	5,44E-16	0,521495	5,170984	-0,027984	0,747275	0,251141	0,130247	-1,02201	0,917570
26	2,94E-17	0,521495	4,854044	-0,046285	1,815810	1,089986	0,027624	-1,02292	0,917591
27	4,52E-25	0,521495	2,816491	-0,099390	5,790551	1,736758	4,554884	-0,36197	0,922181
28	2,63E-13	0,521495	5,169251	-1,304807	0,009661	0,249013	0,130247	-1,02201	0,917570
29	5,32E-12	0,521495	4,851366	-2,151028	0,023458	1,076312	0,027624	-1,02292	0,841974
30	4,43E-11	0,521495	2,810742	-4,619024	0,074783	1,707394	4,554884	-0,36197	0,922181
31	2,32E-15	0,521495	4,866234	-1,593999	1,788921	0,277118	0,027624	-1,02292	0,917591
32	1,44E-20	0,521495	2,834327	-3,735388	5,748863	0,439603	4,554884	-0,36197	0,922181
33	2,38E-18	0,521495	2,648798	-4,814969	7,927319	1,732881	0,165275	-0,36238	<b>0,922196</b>

Bảng 5. Giá trị các hệ số của các mô hình biến dạng nóc công trình ngầm (tiếp theo)

U <sub>i</sub>	A <sub>i,0</sub>	A <sub>i,1</sub>	A <sub>i,2</sub>	A <sub>i,3</sub>	A <sub>i,4</sub>	A <sub>i,5</sub>	A <sub>i,6</sub>	A <sub>i,7</sub>	R <sub>i</sub>
34	0,003786	0,005099	0,007893	-0,056150	1,089243	0,899692	0,130247	-1,02201	0,912939
35	228,1063	0,005099	0,007888	-2,609254	0,014083	0,883074	0,130247	-1,02201	0,912939
36	1,590628	0,005099	0,007906	-2,153124	1,068254	0,227394	0,130247	-1,02201	0,912939
37	0,14348	0,005099	0,007426	-2,931256	2,120917	0,989457	0,027624	-1,02292	0,912960
38	2,98E-11	0,005099	0,004336	-5,240540	6,006773	1,601928	4,554884	-0,36197	0,917573
39	0,015376	0,521495	0,007812	-0,047480	0,012934	1,028228	0,130247	-1,02201	0,917570
40	0,000519	0,521495	0,007833	-0,036088	0,975954	0,263903	0,130247	-1,02201	0,917570
41	5,19E-06	0,521495	0,007352	-0,054409	2,031663	1,136662	0,027624	-1,02292	0,917591
42	1,52E-18	0,521495	0,004266	-0,104104	5,915797	1,763841	4,554884	-0,36197	0,922181
43	6,35E-15	0,521495	5,170984	-0,027984	0,009645	0,251141	0,130247	-1,02201	0,917570
44	1,15E-14	0,521495	4,854044	-0,046285	0,023435	1,089986	0,027624	-1,02292	0,917591
45	8,42E-17	0,521495	2,816491	-0,099390	0,074735	1,736758	4,554884	-0,36197	0,922181
46	8,32E-13	0,521495	4,866234	-1,593999	0,023088	0,277118	0,027624	-1,02292	0,917591
47	2,34E-12	0,521495	2,834327	-3,735388	0,074197	0,439603	4,554883	-0,36197	0,922181
48	1,4E-19	0,521495	2,672736	-3,918143	7,881251	0,446165	0,165275	-0,36238	<b>0,922196</b>
49	0,136094	0,005099	0,007895	-0,056150	0,014058	0,899692	0,130247	-1,02201	0,912939
50	0,003489	0,005099	0,007910	-0,046182	1,066298	0,230913	0,130247	-1,02201	0,912939
51	3,45E-05	0,005099	0,007432	-0,063079	2,118729	1,008126	0,027624	-1,02292	0,912960
52	1,01E-17	0,005099	0,004346	-0,112774	6,002863	1,635305	4,554884	-0,36197	0,917573
53	0,030709	0,005099	0,007452	-0,051910	0,027013	0,258744	0,027624	-1,02292	0,912960
54	2,84E-09	0,005099	0,004379	-0,094657	0,076937	0,419714	4,554884	-0,36197	0,917573
55	0,012848	0,521495	0,007833	-0,036088	0,012596	0,263903	0,130247	-1,02201	0,917570
56	0,004138	0,521495	0,007352	-0,054409	0,026221	1,136662	0,027624	-1,02292	0,917591
57	4,27E-10	0,521495	0,004266	-0,104104	0,076351	1,763841	4,554884	-0,36197	0,922181
58	8,81E-15	0,521495	4,868351	-0,034186	0,023069	0,279719	0,027624	-1,02292	0,917591
59	5,48E-17	0,521496	2,839289	-0,080113	0,074150	0,445697	4,554884	-0,36197	0,922181
60	2,52E-08	0,521495	2,672736	-3,918143	0,101718	0,446165	0,165275	-0,36238	<b>0,922196</b>
61	0,116302	0,005099	0,0079106	-0,046182	0,013762	0,230913	0,130247	-1,02200	0,912939
62	0,036622	0,005099	0,007432	-0,063079	0,027345	1,008126	0,027624	-1,02292	0,912960
63	3,78E-09	0,005099	0,004346	-0,112774	0,077475	1,635305	4,554884	-0,36197	0,917573

**3.2. Nghiên cứu xây dựng các mô hình chuyển dịch khối đá bao quanh công trình ngầm tại nóc theo phương vuông góc với mặt phân lớp các lớp đá**

Từ các số liệu Bảng 4, 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 nóc công trình ngầm theo phương thẳng đứng phụ thuộc vào tám biến số sau đây:

$$U=f(t, H, \alpha, W_c, b, h, R_n, L_b). \tag{67}$$

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 bảy biến số: X1=t; X2=H; X3=α; X4=W<sub>c</sub>; X5=h; X6=b; X7=R<sub>n</sub>; X8=L<sub>b</sub> như sau:

$$U_1=A_{1,0}+A_{1,1}.X_1+...+A_{1,8}X_8; \tag{68}$$

$$U_2 = A_{2,0} \cdot (X_1)^{A_{2,1}} \cdot (X_2)^{A_{2,2}} \dots (X_7)^{A_{2,7}} \cdot (X_8)^{A_{2,8}}; \tag{69}$$

$$U_3=A_{3,0}+A_{3,1}.\ln(X_1)+...+A_{3,8}.\ln(X_8); \tag{70}$$

$$U_4 = e^{(A_{4,0}+A_{4,1}.X_1+...+A_{4,8}.X_8)}; \tag{71}$$

$$U_5=A_{5,0}+A_{5,1}/(X_1)+...+A_{5,8}/(X_8). \tag{72}$$

$$U_6 = A_{6,0} \cdot e^{(A_{6,1}.X_1)} \cdot (X_2)^{A_{6,2}} \dots (X_8)^{A_{6,8}}; \tag{73}$$

$$U_7 = A_{7,0} \cdot (X_1)^{A_{7,1}} \cdot e^{(A_{7,2}.X_2)} \cdot (X_3)^{A_{7,3}} \dots (X_8)^{A_{7,8}}; \tag{74}$$

$$U_8 = \left[ \begin{matrix} A_{8,0} \cdot (X_1)^{A_{8,1}} \cdot (X_2)^{A_{8,2}} \cdot e^{(A_{8,3}.X_3)} \\ (X_4)^{A_{8,4}} \dots (X_8)^{A_{8,8}} \end{matrix} \right]; \tag{75}$$

$$U_9 = \left[ \begin{matrix} A_{9,0} \cdot (X_1)^{A_{9,1}} \dots (X_3)^{A_{9,3}} \cdot e^{(A_{9,4}.X_4)} \\ (X_5)^{A_{9,5}} \dots (X_8)^{A_{9,8}} \end{matrix} \right]; \tag{76}$$

$$U_{10} = \left[ \begin{matrix} A_{10,0} \cdot (X_1)^{A_{10,1}} \dots (X_4)^{A_{10,4}} \\ e^{(A_{10,5}.X_5)} \cdot (X_6)^{A_{10,6}} \dots (X_8)^{A_{10,8}} \end{matrix} \right]; \tag{77}$$

$$U_{11} = \left[ \begin{matrix} A_{11,0} \cdot (X_1)^{A_{11,1}} \dots (X_5)^{A_{11,5}} \\ e^{(A_{10,6}.X_6)} \cdot (X_7)^{A_{10,7}} \cdot (X_8)^{A_{11,8}} \end{matrix} \right]; \tag{78}$$

$$U_{12} = A_{12,0} \cdot (X_1)^{A_{12,1}} \dots (X_6)^{A_{12,6}} \cdot e^{(A_{12,7}.X_7)} \cdot (X_8)^{A_{12,8}}; \tag{79}$$

$$U_{13} = A_{13,0} \cdot (X_1)^{A_{13,1}} \dots (X_7)^{A_{13,7}} \cdot e^{(A_{13,8}.X_8)}; \tag{80}$$

$$U_{14} = A_{14,0} \cdot e^{(A_{14,1}.X_1)} \cdot e^{(A_{14,2}.X_2)} \cdot (X_3)^{A_{14,3}} \dots (X_8)^{A_{14,8}}; \tag{81}$$



$$U_{15} = \begin{bmatrix} A_{15.0} \cdot e^{(A_{15.1} \cdot X_1)} \cdot (X_2)^{A_{15.2}} \cdot e^{(A_{15.3} \cdot X_3)} \\ (X_4)^{A_{15.4}} \dots (X_8)^{A_{15.8}} \end{bmatrix}; \quad (82)$$

$$U_{16} = \begin{bmatrix} A_{15.0} \cdot e^{(A_{16.1} \cdot X_1)} \cdot (X_2)^{A_{16.2}} \cdot (X_3)^{A_{16.3}} \\ e^{(A_{16.4} \cdot X_4)} \cdot (X_5)^{A_{16.5}} \dots (X_8)^{A_{16.8}} \end{bmatrix}; \quad (83)$$

$$U_{17} = \begin{bmatrix} A_{17.0} \cdot e^{(A_{17.1} \cdot X_1)} \cdot (X_2)^{A_{17.2}} \dots (X_4)^{A_{17.4}} \\ e^{(A_{17.5} \cdot X_5)} \cdot (X_6)^{A_{17.6}} \dots (X_8)^{A_{17.8}} \end{bmatrix}; \quad (84)$$

$$U_{18} = \begin{bmatrix} A_{18.0} \cdot e^{(A_{18.1} \cdot X_1)} \cdot (X_2)^{A_{18.2}} \dots (X_5)^{A_{18.5}} \\ e^{(A_{18.6} \cdot X_6)} \cdot (X_7)^{A_{18.7}} \cdot (X_8)^{A_{18.8}} \end{bmatrix}; \quad (85)$$

$$U_{19} = A_{19.0} \cdot e^{(A_{19.1} \cdot X_1)} \cdot (X_2)^{A_{19.2}} \dots (X_6)^{A_{19.6}} \cdot e^{(A_{19.7} \cdot X_7)} \cdot (X_8)^{A_{19.8}}; \quad (86)$$

$$U_{20} = A_{20.0} \cdot e^{(A_{20.1} \cdot X_1)} \cdot (X_2)^{A_{20.2}} \dots (X_7)^{A_{20.7}} \cdot e^{(A_{20.8} \cdot X_8)}; \quad (87)$$

$$U_{21} = A_{21.0} \cdot (X_1)^{A_{21.1}} \cdot e^{(A_{21.2} \cdot X_2)} \cdot e^{(A_{21.3} \cdot X_3)} \cdot (X_4)^{A_{21.4}} \dots (X_8)^{A_{21.8}}; \quad (88)$$

$$U_{22} = \begin{bmatrix} A_{22.0} \cdot (X_1)^{A_{22.1}} \cdot e^{(A_{22.2} \cdot X_2)} \cdot (X_3)^{A_{22.3}} \\ e^{(A_{22.4} \cdot X_4)} \cdot (X_5)^{A_{22.5}} \dots (X_8)^{A_{22.8}} \end{bmatrix}; \quad (89)$$

$$U_{23} = A_{23.0} \cdot (X_1)^{A_{23.1}} \cdot e^{(A_{23.2} \cdot X_2)} \cdot (X_3)^{A_{23.3}} \dots (X_8)^{A_{23.8}}; \quad (90)$$

$$U_{24} = \begin{bmatrix} A_{24.0} \cdot (X_1)^{A_{24.1}} \cdot e^{(A_{24.2} \cdot X_2)} \cdot (X_3)^{A_{24.3}} \dots (X_5)^{A_{24.5}} \\ e^{(A_{24.6} \cdot X_6)} \cdot (X_7)^{A_{24.7}} \cdot (X_8)^{A_{24.8}} \end{bmatrix}; \quad (91)$$

$$U_{25} = \begin{bmatrix} A_{25.0} \cdot (X_1)^{A_{25.1}} \cdot e^{(A_{25.2} \cdot X_2)} \\ (X_3)^{A_{25.3}} \dots (X_6)^{A_{25.6}} \cdot e^{(A_{25.7} \cdot X_7)} \cdot (X_8)^{A_{25.8}} \end{bmatrix}; \quad (92)$$

$$U_{26} = A_{26.0} \cdot (X_1)^{A_{26.1}} \cdot e^{(A_{26.2} \cdot X_2)} \cdot (X_3)^{A_{26.3}} \dots (X_7)^{A_{26.7}} \cdot e^{(A_{26.8} \cdot X_8)}; \quad (93)$$

$$U_{27} = \begin{bmatrix} A_{27.0} \cdot (X_1)^{A_{27.1}} \cdot (X_2)^{A_{27.2}} \cdot e^{(A_{27.3} \cdot X_3)} \\ e^{(A_{27.4} \cdot X_4)} \cdot (X_5)^{A_{27.5}} \dots (X_8)^{A_{27.8}} \end{bmatrix}; \quad (94)$$

$$U_{28} = \begin{bmatrix} A_{28.0} \cdot (X_1)^{A_{28.1}} \cdot (X_2)^{A_{28.2}} \cdot e^{(A_{28.3} \cdot X_3)} \\ (X_4)^{A_{28.4}} \cdot e^{(A_{28.5} \cdot X_5)} \cdot (X_6)^{A_{28.6}} \dots (X_8)^{A_{28.8}} \end{bmatrix}; \quad (95)$$

$$U_{29} = \begin{bmatrix} A_{29.0} \cdot (X_1)^{A_{29.1}} \cdot (X_2)^{A_{29.2}} \cdot e^{(A_{29.3} \cdot X_3)} \cdot (X_4)^{A_{29.4}} \\ (X_5)^{A_{29.5}} \cdot e^{(A_{29.6} \cdot X_6)} \cdot (X_7)^{A_{29.7}} \cdot (X_8)^{A_{29.8}} \end{bmatrix}; \quad (96)$$

$$U_{30} = \begin{bmatrix} A_{30.0} \cdot (X_1)^{A_{30.1}} \cdot (X_2)^{A_{30.2}} \cdot e^{(A_{30.3} \cdot X_3)} \\ (X_4)^{A_{30.4}} \dots (X_6)^{A_{30.6}} \cdot e^{(A_{30.7} \cdot X_7)} \cdot (X_8)^{A_{30.8}} \end{bmatrix}; \quad (97)$$

$$U_{31} = \begin{bmatrix} A_{31.0} \cdot (X_1)^{A_{31.1}} \cdot (X_2)^{A_{31.2}} \cdot e^{(A_{31.3} \cdot X_3)} \\ (X_4)^{A_{31.4}} \dots (X_8)^{A_{31.8}} \cdot e^{(A_{31.8} \cdot X_8)} \end{bmatrix}; \quad (98)$$

$$U_{32} = \begin{bmatrix} A_{32.0} \cdot (X_1)^{A_{32.1}} \dots (X_3)^{A_{32.3}} \cdot e^{(A_{32.4} \cdot X_4)} \\ e^{(A_{32.5} \cdot X_5)} \cdot (X_6)^{A_{32.6}} \dots (X_8)^{A_{32.8}} \end{bmatrix}; \quad (99)$$

$$U_{33} = \begin{bmatrix} A_{33.0} \cdot (X_1)^{A_{33.1}} \dots (X_3)^{A_{33.3}} \cdot e^{(A_{33.4} \cdot X_4)} \\ (X_5)^{A_{33.5}} \cdot e^{(A_{33.6} \cdot X_6)} \cdot (X_7)^{A_{33.7}} \cdot (X_8)^{A_{33.8}} \end{bmatrix}; \quad (100)$$

$$U_{34} = \begin{bmatrix} A_{34.0} \cdot (X_1)^{A_{34.1}} \dots (X_3)^{A_{34.3}} \cdot e^{(A_{34.4} \cdot X_4)} \\ (X_5)^{A_{34.5}} \cdot (X_6)^{A_{34.6}} \cdot e^{(A_{34.7} \cdot X_7)} \cdot (X_8)^{A_{34.8}} \end{bmatrix}; \quad (101)$$

$$U_{35} = \begin{bmatrix} A_{35.0} \cdot (X_1)^{A_{35.1}} \dots (X_3)^{A_{35.3}} \cdot e^{(A_{35.4} \cdot X_4)} \\ (X_5)^{A_{35.5}} \dots (X_7)^{A_{35.7}} \cdot e^{(A_{35.8} \cdot X_8)} \end{bmatrix}; \quad (102)$$

$$U_{36} = \begin{bmatrix} A_{36.0} \cdot (X_1)^{A_{36.1}} \dots (X_4)^{A_{36.4}} \cdot e^{(A_{36.5} \cdot X_5)} \\ e^{(A_{36.6} \cdot X_6)} \cdot (X_7)^{A_{36.7}} \cdot (X_8)^{A_{36.8}} \end{bmatrix}; \quad (103)$$

$$U_{37} = \begin{bmatrix} A_{37.0} \cdot (X_1)^{A_{37.1}} \dots (X_4)^{A_{37.4}} \\ e^{(A_{37.5} \cdot X_5)} \cdot (X_6)^{A_{37.6}} \cdot e^{(A_{37.7} \cdot X_7)} \cdot (X_8)^{A_{37.8}} \end{bmatrix}; \quad (104)$$

$$U_{38} = \begin{bmatrix} A_{38.0} \cdot (X_1)^{A_{38.1}} \dots (X_4)^{A_{38.4}} \\ e^{(A_{38.5} \cdot X_5)} \cdot (X_6)^{A_{38.6}} \cdot (X_8)^{A_{38.8}} \cdot e^{(A_{38.8} \cdot X_8)} \end{bmatrix}; \quad (105)$$

$$U_{39} = \begin{bmatrix} A_{39.0} \cdot (X_1)^{A_{39.1}} \dots (X_5)^{A_{39.5}} \\ e^{(A_{39.6} \cdot X_6)} \cdot e^{(A_{39.7} \cdot X_7)} \cdot (X_8)^{A_{39.8}} \end{bmatrix}; \quad (106)$$

$$U_{40} = A_{40.0} \cdot (X_1)^{A_{40.1}} \dots (X_5)^{A_{40.5}} \cdot e^{(A_{40.6} \cdot X_6)} \cdot (X_7)^{A_{40.7}} \cdot e^{(A_{40.8} \cdot X_8)}; \quad (107)$$

$$U_{41} = A_{41.0} \cdot e^{(A_{41.1} \cdot X_1)} \dots e^{(A_{41.3} \cdot X_3)} \cdot (X_4)^{A_{41.4}} \dots (X_8)^{A_{41.8}}; \quad (108)$$

$$U_{42} = \begin{bmatrix} A_{42.0} \cdot e^{(A_{42.1} \cdot X_1)} \cdot e^{(A_{42.2} \cdot X_2)} \cdot (X_3)^{A_{42.3}} \\ e^{(A_{42.4} \cdot X_4)} \cdot (X_5)^{A_{42.5}} \dots (X_8)^{A_{42.8}} \end{bmatrix}; \quad (109)$$

$$U_{43} = \begin{bmatrix} A_{43.0} \cdot e^{(A_{43.1} \cdot X_1)} \cdot e^{(A_{43.2} \cdot X_2)} \cdot (X_3)^{A_{43.3}} \\ (X_4)^{A_{43.4}} \cdot e^{(A_{43.5} \cdot X_5)} \cdot (X_6)^{A_{43.6}} \dots (X_8)^{A_{43.8}} \end{bmatrix}; \quad (110)$$

$$U_{44} = \begin{bmatrix} A_{44.0} \cdot e^{(A_{44.1} \cdot X_1)} \cdot e^{(A_{44.2} \cdot X_2)} \cdot (X_3)^{A_{44.3}} \dots (X_5)^{A_{44.5}} \\ e^{(A_{44.6} \cdot X_6)} \cdot (X_7)^{A_{44.7}} \cdot (X_8)^{A_{44.8}} \end{bmatrix}; \quad (111)$$

$$U_{45} = \begin{bmatrix} A_{45.0} \cdot e^{(A_{45.1} \cdot X_1)} \cdot e^{(A_{45.2} \cdot X_2)} \\ (X_3)^{A_{45.3}} \dots (X_6)^{A_{45.6}} \cdot e^{(A_{45.7} \cdot X_7)} \cdot (X_8)^{A_{45.8}} \end{bmatrix}; \quad (112)$$

$$U_{46} = A_{46.0} \cdot e^{(A_{46.1} \cdot X_1)} \cdot e^{(A_{46.2} \cdot X_2)} \cdot (X_3)^{A_{46.3}} \dots (X_7)^{A_{46.7}} \cdot e^{(A_{46.8} \cdot X_8)}; \quad (113)$$

$$U_{47} = A_{47.0} \cdot (X_1)^{A_{47.1}} \cdot e^{(A_{47.2} \cdot X_2)} \dots e^{(A_{47.4} \cdot X_4)} \cdot (X_5)^{A_{47.5}} \dots (X_8)^{A_{47.8}}; \quad (114)$$

$$U_{48} = \begin{bmatrix} A_{48.0} \cdot (X_1)^{A_{48.1}} \cdot e^{(A_{48.2} \cdot X_2)} \cdot e^{(A_{48.3} \cdot X_3)} \\ (X_4)^{A_{48.4}} \cdot e^{(A_{48.5} \cdot X_5)} \cdot (X_6)^{A_{48.6}} \dots (X_8)^{A_{48.8}} \end{bmatrix}; \quad (115)$$

$$U_{49} = \begin{bmatrix} A_{49.0} \cdot (X_1)^{A_{49.1}} \cdot e^{(A_{49.2} \cdot X_2)} \cdot e^{(A_{49.3} \cdot X_3)} \cdot (X_4)^{A_{49.4}} \\ (X_5)^{A_{49.5}} \cdot e^{(A_{49.6} \cdot X_6)} \cdot (X_7)^{A_{49.7}} \cdot (X_8)^{A_{49.8}} \end{bmatrix}; \quad (116)$$

$$U_{50} = \begin{bmatrix} A_{50.0} \cdot (X_1)^{A_{50.1}} \cdot e^{(A_{50.2} \cdot X_2)} \cdot e^{(A_{50.3} \cdot X_3)} \\ (X_4)^{A_{50.4}} \dots (X_6)^{A_{50.6}} \cdot e^{(A_{50.7} \cdot X_7)} \cdot (X_8)^{A_{50.8}} \end{bmatrix}; \quad (117)$$

$$U_{51} = \begin{bmatrix} A_{51.0} \cdot (X_1)^{A_{51.1}} \cdot e^{(A_{51.2} \cdot X_2)} \cdot e^{(A_{51.3} \cdot X_3)} \\ (X_4)^{A_{51.4}} \dots (X_7)^{A_{51.7}} \cdot e^{(A_{51.8} \cdot X_8)} \end{bmatrix}; \quad (118)$$

$$U_{52} = \begin{bmatrix} A_{52.0} \cdot (X_1)^{A_{52.1}} \cdot (X_2)^{A_{52.2}} \cdot e^{(A_{52.3} \cdot X_3)} \dots \\ e^{(A_{52.5} \cdot X_5)} \cdot (X_6)^{A_{52.6}} \dots (X_8)^{A_{52.8}} \end{bmatrix}; \quad (119)$$

$$U_{53} = \left[ \begin{array}{l} A_{53.0} \cdot (X_1)^{A_{53.1}} \cdot (X_2)^{A_{53.2}} \cdot e^{(A_{53.3} \cdot X_3)} \\ e^{(A_{53.4} \cdot X_4)} \cdot (X_5)^{A_{53.5}} \cdot e^{(A_{53.6} \cdot X_6)} \cdot (X_7)^{A_{53.7}} \cdot (X_8)^{A_{53.8}} \end{array} \right]; \quad (120)$$

$$U_{54} = \left[ \begin{array}{l} A_{54.0} \cdot (X_1)^{A_{54.1}} \cdot (X_2)^{A_{54.2}} \cdot e^{(A_{54.3} \cdot X_3)} \\ e^{(A_{54.4} \cdot X_4)} \cdot (X_5)^{A_{54.5}} \cdot (X_6)^{A_{54.6}} \cdot e^{(A_{54.7} \cdot X_7)} \cdot (X_8)^{A_{54.8}} \end{array} \right]; \quad (121)$$

$$U_{55} = \left[ \begin{array}{l} A_{55.0} \cdot (X_1)^{A_{55.1}} \cdot (X_2)^{A_{55.2}} \cdot e^{(A_{55.3} \cdot X_3)} \\ e^{(A_{55.4} \cdot X_4)} \cdot (X_5)^{A_{55.5}} \cdot \dots \cdot (X_7)^{A_{55.7}} \cdot e^{(A_{55.8} \cdot X_8)} \end{array} \right]; \quad (122)$$

$$U_{56} = \left[ \begin{array}{l} A_{56.0} \cdot (X_1)^{A_{56.1}} \cdot \dots \cdot (X_3)^{A_{56.3}} \\ e^{(A_{56.4} \cdot X_4)} \cdot \dots \cdot e^{(A_{56.6} \cdot X_6)} \cdot (X_7)^{A_{56.7}} \cdot (X_8)^{A_{56.8}} \end{array} \right]; \quad (123)$$

$$U_{57} = \left[ \begin{array}{l} A_{57.0} \cdot (X_1)^{A_{57.1}} \cdot \dots \cdot (X_3)^{A_{57.3}} \cdot e^{(A_{57.4} \cdot X_4)} \\ e^{(A_{57.5} \cdot X_5)} \cdot (X_6)^{A_{57.6}} \cdot e^{(A_{57.7} \cdot X_7)} \cdot (X_8)^{A_{57.8}} \end{array} \right]; \quad (124)$$

$$U_{58} = \left[ \begin{array}{l} A_{58.0} \cdot (X_1)^{A_{58.1}} \cdot \dots \cdot (X_3)^{A_{58.3}} \cdot e^{(A_{58.4} \cdot X_4)} \\ e^{(A_{58.5} \cdot X_5)} \cdot (X_6)^{A_{58.6}} \cdot (X_7)^{A_{58.7}} \cdot e^{(A_{58.8} \cdot X_8)} \end{array} \right]; \quad (125)$$

$$U_{59} = \left[ \begin{array}{l} A_{59.0} \cdot (X_1)^{A_{59.1}} \cdot \dots \cdot (X_4)^{A_{59.4}} \cdot e^{(A_{59.5} \cdot X_5)} \\ \dots \cdot e^{(A_{59.7} \cdot X_7)} \cdot (X_8)^{A_{59.8}} \end{array} \right]; \quad (126)$$

$$U_{60} = \left[ \begin{array}{l} A_{60.0} \cdot (X_1)^{A_{60.1}} \cdot \dots \cdot (X_4)^{A_{60.4}} \cdot e^{(A_{60.5} \cdot X_5)} \\ e^{(A_{60.6} \cdot X_6)} \cdot (X_7)^{A_{60.7}} \cdot e^{(A_{60.8} \cdot X_8)} \end{array} \right]; \quad (127)$$

$$U_{61} = \left[ \begin{array}{l} A_{61.0} \cdot (X_1)^{A_{61.1}} \cdot \dots \cdot (X_4)^{A_{61.4}} \cdot (X_5)^{A_{61.5}} \\ e^{(A_{61.6} \cdot X_6)} \cdot \dots \cdot e^{(A_{61.8} \cdot X_8)} \end{array} \right]; \quad (128)$$

$$U_{62} = A_{62.0} \cdot e^{(A_{62.1} \cdot X_1)} \cdot \dots \cdot e^{(A_{62.4} \cdot X_4)} \cdot (X_5)^{A_{62.5}} \cdot \dots \cdot (X_8)^{A_{62.8}}; \quad (129)$$

$$U_{63} = \left[ \begin{array}{l} A_{63.0} \cdot e^{(A_{63.1} \cdot X_1)} \cdot \dots \cdot e^{(A_{63.3} \cdot X_3)} \cdot (X_4)^{A_{63.4}} \\ e^{(A_{63.5} \cdot X_5)} \cdot (X_6)^{A_{63.6}} \cdot \dots \cdot (X_8)^{A_{63.8}} \end{array} \right]; \quad (130)$$

$$U_{64} = \left[ \begin{array}{l} A_{64.0} \cdot e^{(A_{64.1} \cdot X_1)} \cdot \dots \cdot e^{(A_{64.3} \cdot X_3)} \cdot (X_4)^{A_{64.4}} \\ (X_5)^{A_{64.5}} \cdot e^{(A_{64.6} \cdot X_6)} \cdot (X_7)^{A_{64.7}} \cdot (X_8)^{A_{64.8}} \end{array} \right]; \quad (131)$$

$$U_{65} = \left[ \begin{array}{l} A_{65.0} \cdot e^{(A_{65.1} \cdot X_1)} \cdot \dots \cdot e^{(A_{65.3} \cdot X_3)} \\ (X_4)^{A_{65.4}} \cdot \dots \cdot (X_6)^{A_{65.6}} \cdot e^{(A_{65.7} \cdot X_7)} \cdot (X_8)^{A_{65.8}} \end{array} \right]; \quad (132)$$

$$U_{66} = \left[ \begin{array}{l} A_{66.0} \cdot e^{(A_{66.1} \cdot X_1)} \cdot \dots \cdot e^{(A_{66.3} \cdot X_3)} \\ (X_4)^{A_{66.4}} \cdot \dots \cdot (X_7)^{A_{66.7}} \cdot e^{(A_{66.8} \cdot X_8)} \end{array} \right]; \quad (133)$$

$$U_{67} = A_{67.0} \cdot e^{(A_{67.1} \cdot X_1)} \cdot \dots \cdot e^{(A_{67.5} \cdot X_5)} \cdot (X_6)^{A_{67.6}} \cdot \dots \cdot (X_8)^{A_{67.8}}; \quad (134)$$

$$U_{68} = \left[ \begin{array}{l} A_{68.0} \cdot e^{(A_{68.1} \cdot X_1)} \cdot \dots \cdot e^{(A_{68.4} \cdot X_4)} \cdot (X_5)^{A_{68.5}} \\ e^{(A_{68.6} \cdot X_6)} \cdot (X_7)^{A_{68.7}} \cdot (X_8)^{A_{68.8}} \end{array} \right]; \quad (135)$$

$$U_{69} = \left[ \begin{array}{l} A_{69.0} \cdot e^{(A_{69.1} \cdot X_1)} \cdot \dots \cdot e^{(A_{69.4} \cdot X_4)} \cdot (X_5)^{A_{69.5}} \\ (X_6)^{A_{69.6}} \cdot e^{(A_{69.7} \cdot X_7)} \cdot (X_8)^{A_{69.8}} \end{array} \right]; \quad (136)$$

$$U_{70} = \left[ \begin{array}{l} A_{70.0} \cdot e^{(A_{70.1} \cdot X_1)} \cdot \dots \cdot e^{(A_{70.4} \cdot X_4)} \\ (X_5)^{A_{70.5}} \cdot \dots \cdot (X_8)^{A_{70.8}} \cdot e^{(A_{70.7} \cdot X_8)} \end{array} \right]; \quad (137)$$

$$U_{71} = A_{71.0} \cdot e^{(A_{71.1} \cdot X_1)} \cdot \dots \cdot e^{(A_{71.6} \cdot X_6)} \cdot (X_7)^{A_{71.7}} \cdot (X_8)^{A_{71.8}}; \quad (138)$$

$$U_{72} = \left[ \begin{array}{l} A_{72.0} \cdot e^{(A_{72.1} \cdot X_1)} \cdot \dots \cdot e^{(A_{72.5} \cdot X_5)} \\ (X_6)^{A_{72.6}} \cdot e^{(A_{72.7} \cdot X_7)} \cdot (X_8)^{A_{72.8}} \end{array} \right]; \quad (139)$$

$$U_{73} = \left[ \begin{array}{l} A_{73.0} \cdot e^{(A_{73.1} \cdot X_1)} \cdot \dots \cdot e^{(A_{73.5} \cdot X_5)} \cdot (X_6)^{A_{73.6}} \\ (X_7)^{A_{73.7}} \cdot e^{(A_{73.8} \cdot X_8)} \end{array} \right]; \quad (140)$$

$$U_{74} = A_{74.0} \cdot e^{(A_{74.1} \cdot X_1)} \cdot \dots \cdot e^{(A_{74.7} \cdot X_7)} \cdot (X_8)^{A_{74.8}}; \quad (141)$$

$$U_{75} = A_{75.0} \cdot e^{(A_{75.1} \cdot X_1)} \cdot \dots \cdot e^{(A_{75.6} \cdot X_6)} \cdot (X_7)^{A_{75.7}} \cdot e^{(A_{75.8} \cdot X_8)}; \quad (142)$$

$$U_{76} = \left[ \begin{array}{l} A_{76.0} \cdot (X_1)^{A_{76.1}} \cdot e^{(A_{76.2} \cdot X_2)} \cdot \dots \cdot e^{(A_{76.5} \cdot X_5)} \\ (X_6)^{A_{76.6}} \cdot \dots \cdot (X_8)^{A_{76.8}} \end{array} \right]; \quad (143)$$

$$U_{77} = \left[ \begin{array}{l} A_{77.0} \cdot (X_1)^{A_{77.1}} \cdot e^{(A_{77.2} \cdot X_2)} \cdot \dots \cdot e^{(A_{77.4} \cdot X_4)} \\ (X_5)^{A_{77.5}} \cdot e^{(A_{77.6} \cdot X_6)} \cdot (X_7)^{A_{77.7}} \cdot (X_8)^{A_{77.8}} \end{array} \right]; \quad (144)$$

$$U_{78} = \left[ \begin{array}{l} A_{78.0} \cdot (X_1)^{A_{78.1}} \cdot e^{(A_{78.2} \cdot X_2)} \cdot \dots \cdot e^{(A_{78.4} \cdot X_4)} \\ (X_5)^{A_{78.5}} \cdot (X_6)^{A_{78.6}} \cdot e^{(A_{78.7} \cdot X_7)} \cdot (X_8)^{A_{78.8}} \end{array} \right]; \quad (145)$$

$$U_{79} = \left[ \begin{array}{l} A_{79.0} \cdot (X_1)^{A_{79.1}} \cdot e^{(A_{79.2} \cdot X_2)} \cdot \dots \cdot e^{(A_{79.4} \cdot X_4)} \\ (X_5)^{A_{79.5}} \cdot \dots \cdot (X_7)^{A_{79.7}} \cdot e^{(A_{79.8} \cdot X_8)} \end{array} \right]; \quad (146)$$

$$U_{80} = \left[ \begin{array}{l} A_{80.0} \cdot (X_1)^{A_{80.1}} \cdot (X_2)^{A_{80.2}} \\ e^{(A_{80.3} \cdot X_3)} \cdot \dots \cdot e^{(A_{80.6} \cdot X_6)} \cdot (X_7)^{A_{80.7}} \cdot (X_8)^{A_{80.8}} \end{array} \right]; \quad (147)$$

$$U_{81} = \left[ \begin{array}{l} A_{81.0} \cdot (X_1)^{A_{81.1}} \cdot (X_2)^{A_{81.2}} \cdot e^{(A_{81.3} \cdot X_3)} \cdot \dots \\ e^{(A_{81.5} \cdot X_5)} \cdot (X_6)^{A_{81.6}} \cdot e^{(A_{81.7} \cdot X_7)} \cdot (X_8)^{A_{81.8}} \end{array} \right]; \quad (148)$$

$$U_{82} = \left[ \begin{array}{l} A_{82.0} \cdot (X_1)^{A_{82.1}} \cdot (X_2)^{A_{82.2}} \cdot e^{(A_{82.3} \cdot X_3)} \cdot \dots \\ e^{(A_{82.5} \cdot X_5)} \cdot (X_6)^{A_{82.6}} \cdot (X_7)^{A_{82.7}} \cdot e^{(A_{82.8} \cdot X_8)} \end{array} \right]; \quad (149)$$

$$U_{82} = \left[ \begin{array}{l} A_{82.0} \cdot (X_1)^{A_{82.1}} \cdot \dots \cdot (X_3)^{A_{82.3}} \\ e^{(A_{82.4} \cdot X_4)} \cdot \dots \cdot e^{(A_{82.7} \cdot X_7)} \cdot (X_8)^{A_{82.8}} \end{array} \right]; \quad (150)$$

$$U_{83} = \left[ \begin{array}{l} A_{83.0} \cdot (X_1)^{A_{83.1}} \cdot \dots \cdot (X_3)^{A_{83.3}} \cdot e^{(A_{83.4} \cdot X_4)} \cdot \dots \\ e^{(A_{83.6} \cdot X_6)} \cdot (X_7)^{A_{83.7}} \cdot e^{(A_{83.8} \cdot X_8)} \end{array} \right]; \quad (151)$$

$$U_{84} = A_{84.0} \cdot (X_1)^{A_{84.1}} \cdot \dots \cdot (X_4)^{A_{84.4}} \cdot e^{(A_{84.5} \cdot X_5)} \cdot \dots \cdot e^{(A_{84.8} \cdot X_8)}; \quad (152)$$

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 nóc công trình ngầm theo phương vuông góc với mặt phân lớp đất đá trong các mô hình (68)-(152) thể hiện trên Bảng 6. Tại đây:  $U_i$  - Mô hình biến dạng nóc công trình ngầm theo phương vuông góc với mặt phân lớp đất đá thứ "i";  $R_i$  - Hệ số tương quan bội của mô hình biến dạng nóc công trình ngầm theo phương vuông góc với mặt phân lớp đất đá thứ "i";  $i=1 \div 84$ .

Bảng 6. Giá trị các hệ số của các mô hình biến dạng nóc công trình ngầm

$U_i$	$A_{i,0}$	$A_{i,1}$	$A_{i,2}$	$A_{i,3}$	$A_{i,4}$	$A_{i,5}$	$A_{i,6}$	$A_{i,7}$	$A_{i,8}$	$R_i$
1	3075,762	0,317557	-1,130501	-16,2652	5,278628	-815,166	59,33079	-4,01477	-11,1450	0,704985
2	191,5120	0,601483	-18,59130	-8,61933	8,835528	-41,8981	8,420476	-13,1104	-5,16594	0,850512
3	2720,517	34,44773	-220,2589	-149,484	135,7807	-675,847	-21,02419	-191,633	-38,1092	0,738868
4	167,1578	0,006834	-0,072575	-0,88714	0,309544	-45,6303	5,723189	-0,24599	-1,70804	0,828822
5	$24,49 \times 10^5$	$1,435 \times 10^5$	$-3,694 \times 10^8$	$-2,84 \times 10^6$	$1,36 \times 10^7$	$-2,51 \times 10^6$	$7,07 \times 10^5$	$-2,58 \times 10^7$	$-4,75 \times 10^5$	0,754671
6	$8,71E+83$	0,005682	-18,59040	-8,58277	8,869902	-41,9438	8,422414	-13,0988	-5,16756	0,723057
7	$2,27E+37$	0,599363	-0,037712	-8,67507	10,29223	-44,6130	10,66684	-12,3384	-5,22481	0,851695
8	$2,9E+101$	0,635524	-24,61532	-0,52375	12,60903	-76,6835	12,59857	-13,7738	-5,06051	0,847188
9	$4,86E+91$	0,594883	-17,47501	-8,34079	0,107625	-39,1239	7,809641	-13,0943	-5,16602	0,848214
10	$2,84E+84$	0,599530	-19,73711	-8,38924	9,038414	-15,0186	8,751535	-12,7621	-5,19373	0,850952
11	$4,04E+83$	0,601734	-18,29451	-8,78910	8,758193	-39,7785	1,870578	-13,1692	-5,16171	0,850445
12	$2,9E+103$	0,609483	-27,11932	-17,1217	16,47510	-83,9464	15,92129	-0,28625	-5,14471	0,849831
13	$1,92E+84$	0,639540	-18,92986	-8,63940	8,916648	-41,9684	8,691413	-13,0871	-1,70779	0,840395
14	$1,33E+38$	0,005675	-0,037718	-8,63909	10,32799	-44,6647	10,67023	-12,3270	-5,22642	0,851519
15	$1,2E+102$	0,006045	-24,57200	-0,52061	12,62130	-76,5052	12,57762	-13,7469	-5,06313	0,847004
16	$3,2E+92$	0,005641	-17,47771	-8,30552	0,108112	-39,1681	7,808628	-13,0840	-5,16756	0,848044
17	$1,68E+85$	0,005672	-19,73948	-8,35277	9,073541	-15,0366	8,754526	-12,7502	-5,19538	0,850773
18	$2,37E+84$	0,005683	-18,29325	-8,75263	8,792527	-39,8232	1,870939	-13,1577	-5,16332	0,850260
19	$1,8E+104$	0,005819	-27,12201	-17,0800	16,50806	-83,9780	15,91861	-0,28604	-5,14643	0,849675
20	$1,92E+84$	0,639540	-18,92982	-8,63940	8,916648	-41,9684	8,691413	-13,0871	-1,70778	0,840040
21	$8,13E+42$	0,627800	-0,051843	-0,56035	15,03619	-84,0184	15,94913	-13,1848	-5,12487	0,849490
22	$1,4E+50$	0,590126	-0,034861	-8,30592	0,123868	-41,0347	9,748845	-12,3493	-5,22268	0,848829
23	$3,65E+35$	0,595615	-0,040000	-8,39201	10,57349	-15,9848	11,12757	-11,8943	-5,25954	<b>0,852080</b>
24	$6,93E+38$	0,599978	-0,036982	-8,89224	10,16875	-41,9087	2,362131	-12,4295	-5,21812	0,851614
25	$3,27E+36$	0,601783	-0,053148	-16,4178	17,82826	-83,9232	18,38715	-0,26184	-5,23289	0,851326
26	$4,93E+37$	0,639008	-0,038500	-8,71443	10,41671	-44,8098	11,00301	-12,3098	-1,72974	0,841454
27	$5,1E+110$	0,633955	-22,49626	-0,48553	0,151011	-69,7857	11,43570	-13,4925	-5,07045	0,844200
28	$6,9E+105$	0,625945	-27,02952	-0,52012	13,06513	-27,6790	13,14822	-13,4251	-5,10635	0,848620
29	$2,4E+102$	0,636914	-24,28361	-0,53768	12,58651	-74,3147	2,816921	-13,8609	-5,05181	0,846906
30	$5,2E+142$	0,684572	-40,38320	-1,08063	24,96889	-159,717	25,3181	-0,31194	-4,92655	0,841456
31	$4,5E+101$	0,673897	-24,77440	-0,51770	12,61152	-76,0948	12,82433	-13,6462	-1,66987	0,836312
32	$8,06E+92$	0,592354	-18,48740	-8,10316	0,109775	-13,9723	8,097456	-12,7586	-5,19235	0,848504
33	$1,08E+92$	0,595261	-17,21380	-8,49993	0,106735	-37,1896	1,738351	-13,1475	-5,16209	0,848185
34	$5,4E+115$	0,613717	-24,52530	-15,7988	0,197651	-76,5270	14,58497	-0,27503	-5,15128	0,844432
35	$6,77E+92$	0,632482	-17,79310	-8,35297	0,108486	-39,1566	8,077303	-13,0674	-1,70728	0,837598
36	$7,37E+84$	0,599968	-19,37460	-8,58174	8,949464	-14,2375	1,940175	-12,8442	-5,18780	0,850871
37	$2,3E+104$	0,603223	-28,78450	-16,1633	16,43552	-29,1505	16,11266	-0,27085	-5,20118	0,850514
38	$4,43E+85$	0,638166	-20,09390	-8,41770	9,123549	-15,0635	9,032095	-12,7429	-1,71794	0,840567
39	$2,9E+104$	0,610331	-26,63480	-17,5076	16,38697	-80,2797	3,555774	-0,28855	-5,13654	0,849723
40	$5,34E+84$	0,639716	-18,62220	-8,81503	8,837176	-39,7781	1,929985	-13,1484	-1,70617	0,839958
41	$4,49E+43$	0,005971	-0,051760	-0,55734	15,04681	-83,8480	15,92519	-13,1611	-5,12726	0,849311
42	$9,06E+50$	0,005611	-0,034880	-8,27159	0,124377	-41,0862	9,749919	-12,3391	-5,22420	0,848670
43	$2,11E+36$	0,005648	-0,040010	-8,35624	10,61016	-16,0052	11,13244	-11,8824	-5,26118	0,851910
44	$4,08E+39$	0,005680	-0,036990	-8,85635	10,20442	-41,9589	2,362787	-12,4181	-5,21972	0,851437
45	$1,96E+37$	0,005754	-0,053160	-16,3776	17,86238	-83,9608	18,38604	-0,26164	-5,23459	0,851179
46	$3,25E+38$	0,005408	0,008252	2,64359	2,055157	9,64909	3,048257	2,244285	0,15728	0,841251
47	$1,4E+59$	0,625148	-0,046130	-0,50581	0,175923	-74,4772	14,13841	-12,8422	-5,13376	0,845555
48	$2,96E+40$	0,614876	-0,056320	-0,54554	15,54742	-29,9690	16,67559	-12,5653	-5,18860	0,850764
49	$1,56E+45$	0,629943	-0,051100	-0,57897	14,99206	-81,1180	3,564585	-13,3227	-5,11202	0,849187
50	$5,2E+48$	0,658758	-0,085330	-1,15419	28,8897	-171,966	30,52819	-0,30198	-5,02432	0,846653
51	$7,42E+42$	0,667608	-0,052370	-0,55683	15,09646	-83,7534	16,24269	-13,079	-1,69358	0,838902

Bảng 6, Giá trị các hệ số của các mô hình biến dạng nóc công trình ngầm (tiếp theo)

U <sub>i</sub>	A <sub>i,0</sub>	A <sub>i,1</sub>	A <sub>i,2</sub>	A <sub>i,3</sub>	A <sub>i,4</sub>	A <sub>i,5</sub>	A <sub>i,6</sub>	A <sub>i,7</sub>	A <sub>i,8</sub>	R <sub>i</sub>
52	2E+114	0,624921	-24,47760	-0,47691	0,155118	-24,9475	11,86511	-13,111	-5,11439	0,845257
53	4,5E+111	0,635334	-22,22170	-0,49893	0,150923	-67,7184	2,558700	-13,5816	-5,06214	0,843978
54	6,5E+146	0,697546	-33,28470	-0,8834	0,275213	-131,642	21,39243	-0,27604	-4,98804	0,834262
55	4,8E+110	0,672102	-22,61020	-0,47803	0,150687	-69,0502	11,65558	-13,3444	-1,67302	0,833159
56	1,7E+93	0,592947	-18,17020	-8,28342	0,108761	-13,2634	1,799350	-12,8330	-5,18687	0,848469
57	1,2E+116	0,607648	-25,96020	-14,8545	0,196532	-26,4934	14,74522	-0,26016	-5,20381	0,844885
58	1,35E+94	0,630483	-18,82090	-8,12317	0,110674	-14,0023	8,373931	-12,7357	-1,71688	0,837963
59	2,6E+105	0,604379	-28,23910	-16,6109	16,35570	-27,8834	3,598312	-0,27402	-5,19025	0,850410
60	1,17E+86	0,638500	-19,71760	-8,61684	9,032181	-14,2560	2,001251	-12,8285	-1,71568	0,840465
61	2,3E+106	0,646297	-27,10060	-17,7127	16,54495	-80,7597	3,621860	-0,29056	-1,70073	0,840016
62	8,5E+59	0,006010	-0,046090	-0,50313	0,176212	-74,3547	14,11873	-12,8223	-5,13608	0,845413
63	1,64E+41	0,005849	-0,056240	-0,54281	15,55972	-29,9176	16,65344	-12,5456	-5,19076	0,850593
64	8,55E+45	0,005991	-0,051020	-0,57591	15,00250	-80,9489	3,559066	-13,2986	-5,11445	0,849007
65	3,04E+49	0,006341	-0,085210	-1,14994	28,88014	-171,643	30,47860	-0,30141	-5,02718	0,846501
66	4,58E+43	0,006350	-0,052280	-0,55364	15,10802	-83,5737	16,21751	-13,0540	-1,69435	0,838698
67	6,49E+57	0,005900	-0,049510	-0,48338	0,180282	-26,2122	14,64462	-12,2035	-5,19447	0,846238
68	9,77E+61	0,006030	-0,045510	-0,52069	0,175985	-71,9114	3,159380	-12,9568	-5,12423	0,845193
69	2,63E+72	0,006680	-0,068090	-0,90890	0,308923	-137,109	24,95494	-0,26210	-5,07924	0,837387
70	7,36E+59	0,006386	-0,046480	-0,49757	0,176491	-73,8690	14,38978	-12,6928	-1,69684	0,834572
71	1,49E+60	0,005924	-0,048920	-0,50397	0,180238	-25,3939	3,280249	-12,3841	-5,17959	0,846048
72	2,77E+67	0,006420	-0,072110	-0,83743	0,304321	-46,3331	24,91031	-0,23952	-5,18815	0,839534
73	9,4E+57	0,006283	-0,050040	-0,48024	0,180984	-26,1417	14,94916	-12,1051	-1,71782	0,835569
74	7,79E+71	0,006472	-0,071790	-0,88389	0,307862	-45,5273	5,648240	-0,24600	-5,16189	0,839096
75	2,31E+60	0,006305	-0,049410	-0,50107	0,180906	-25,2964	3,345928	-12,2881	-1,71225	0,835331
76	1,06E+57	0,613393	-0,049550	-0,48583	0,179974	-26,2481	14,66268	-12,2203	-5,19233	0,846374
77	1,61E+61	0,627224	-0,045550	-0,52341	0,175698	-72,0328	3,163919	-12,9771	-5,12188	0,845337
78	3,45E+71	0,678126	-0,068090	-0,91189	0,308565	-137,241	24,98177	-0,26242	-5,07649	0,837453
79	1,07E+59	0,664653	-0,046520	-0,50040	0,176183	-73,9981	14,41052	-12,7137	-1,69609	0,834737
80	2,5E+115	0,626631	-24,17650	-0,49235	0,155104	-24,2354	2,655751	-13,2322	-5,10383	0,845040
81	7,1E+154	0,673385	-37,07010	-0,87257	0,281637	-46,9144	21,94066	-0,26759	-5,06489	0,837297
82	3,8E+114	0,663649	-24,63770	-0,47154	0,155083	-24,7718	12,10500	-12,994	-1,68870	0,834359
83	2,89E+94	0,630990	-18,49090	-8,31012	0,109633	-13,2679	1,859655	-12,8136	-1,71480	0,837912
84	2,8E+107	0,640891	-28,73950	-16,8329	16,52478	-28,0801	3,667395	-0,27619	-1,72023	0,840829

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

Sau khi so sánh các giá trị hệ số tương quan bội "R<sub>i</sub>" của 63 mô hình biến dạng nóc công trình ngầm theo phương thẳng đứng thứ "i" (Bảng 5), chúng tôi nhận thấy: ba mô hình "U<sub>33</sub>", "U<sub>48</sub>", "U<sub>60</sub>" có giá trị hệ số R<sub>33</sub>=R<sub>48</sub>=R<sub>60</sub>=0,922196 lớn nhất. Vì vậy, chúng tôi chọn ba mô hình biến dạng nóc công trình ngầm theo phương vuông góc với mặt phân lớp đất đá:

$$U_{33} = \begin{bmatrix} A_{33,0} \cdot (t)^{A_{33,1}} \cdot (H)^{A_{33,2}} \cdot (\alpha)^{A_{33,3}} \\ (W_c)^{A_{33,4}} \cdot (b)^{A_{33,5}} \cdot e^{(A_{33,6} \cdot R_n)} \cdot e^{(A_{33,7} \cdot L_b)} \end{bmatrix}; \quad (153)$$

$$U_{48} = \begin{bmatrix} A_{48,0} \cdot (t)^{A_{48,1}} \cdot (H)^{A_{48,2}} \cdot (\alpha)^{A_{48,3}} \\ (W_c)^{A_{48,4}} \cdot e^{(A_{48,5} \cdot b)} \cdot e^{(A_{48,6} \cdot R_n)} \cdot e^{(A_{48,7} \cdot L_b)} \end{bmatrix}; \quad (154)$$

$$U_{60} = \begin{bmatrix} A_{60,0} \cdot e^{(A_{60,1} \cdot t)} \cdot e^{(A_{60,2} \cdot H)} \cdot e^{(A_{60,3} \cdot \alpha)} \\ e^{(A_{60,4} \cdot W_c)} \cdot (b)^{A_{60,5}} \cdot e^{(A_{60,6} \cdot R_n)} \cdot (L_b)^{A_{60,7}} \end{bmatrix}. \quad (155)$$

Tại đây: A<sub>33,0</sub>=2,38E-18; A<sub>33,1</sub>=0,521495; A<sub>33,2</sub>=2,648798; A<sub>33,3</sub>=-4,814969; A<sub>33,4</sub>=7,927319; A<sub>33,5</sub>=1,732881; A<sub>33,6</sub>=0,165275; A<sub>33,7</sub>=-0,36238; A<sub>48,0</sub>=1,4E-19; A<sub>48,1</sub>=0,521495; A<sub>48,2</sub>=2,672736; A<sub>48,3</sub>=-3,918143; A<sub>48,4</sub>=7,881251; A<sub>48,5</sub>=0,446165; A<sub>48,6</sub>=0,165275; A<sub>48,7</sub>=-0,36238; A<sub>60,0</sub>=2,52E-08; A<sub>60,1</sub>=0,521495; A<sub>60,2</sub>=2,672736; A<sub>60,3</sub>=-3,918143; A<sub>60,4</sub>=0,101718; A<sub>60,5</sub>=0,446165; A<sub>60,6</sub>=0,165275; A<sub>60,7</sub>=-0,36238.

Sau khi so sánh các giá trị hệ số tương quan bội "R<sub>i</sub>" của 84 mô hình biến dạng nóc công trình ngầm theo phương vuông góc với mặt phân lớp đất đá thứ "i" (Bảng 6), chúng tôi nhận thấy có mô hình "U<sub>23</sub>" có giá trị hệ số tương quan bội R<sub>23</sub>=0,852080 là lớn nhất. Vì vậy chúng tôi chọn mô hình biến dạng nóc công trình ngầm theo phương vuông góc với mặt phân lớp đất đá có dạng cụ thể sau:

$$U_{23} = \begin{bmatrix} A_{23,0} \cdot (t)^{A_{23,1}} \cdot e^{(A_{23,2} \cdot H)} \cdot (\alpha)^{A_{23,3}} \cdot (W_c)^{A_{23,4}} \\ e^{(A_{23,5} \cdot h)} \cdot (b)^{A_{23,6}} \cdot (R_n)^{A_{23,7}} \cdot (L_b)^{A_{23,8}} \end{bmatrix}. \quad (156)$$

Tại đây:  $A_{23,0}=3,65E+35$ ;  $A_{23,1}=0,595615$ ;  $A_{23,2}=-0,04$ ;  
 $A_{23,3}=-8,392008$ ;  $A_{23,4}=10,573493$ ;  $A_{23,5}=-15,984824$ ;  
 $A_{23,6}=11,127567$ ;  $A_{23,7}=-11,89431$ ;  $A_{23,8}=-5,25954$ .

**5. Kết luận**

Các mô hình (153)-(156) cho phép dự báo giá trị chuyển dịch khối đá tại nóc công trình ngầm theo phương thẳng đứng và theo phương vuông góc với mặt phân lớp đất đá 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.

**Ngày nhận bài:** 16/02/2019

**Ngày gửi phản biện:** 16/06/2019

**Ngày nhận phản biện:** 20/08/2019

**Ngày chấp nhận đăng bài:** 10/01/2020

**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

**SUMMARY**

The paper introduces the results of the research to forming the models for predicting the displacement of rock blocks at the top of the underground works vertically and perpendicular to the rock layers surface depending on the measurement time and a other properties of rocks and underground structures.

**BÀN VỀ THỰC TRẠNG...**

(Tiếp theo trang 64)

4. Nguyễn Thúy Lan và Nguyễn Thị Lại (2018). Quy chuẩn môi trường trong kiểm soát nguồn thải ngành công nghiệp khai khoáng. Tạp chí Công nghiệp Mỏ. Số 6/2018.

**Ngày nhận bài:** 16/03/2019

**Ngày gửi phản biện:** 18/04/2019

**Ngày nhận phản biện:** 20/11/2019

**Ngày chấp nhận đăng bài:** 10/01/2020

**Từ khóa:** thực trạng quản lý môi trường; dự án khai thác mỏ; công cụ quản lý môi trường

**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

**SUMMARY**

The article introduces some issues on the state of environmental management for mining projects in Vietnam. From here, the authors have proposed environmental management tools for mining projects in Vietnam.



1. Kẻ hoang phí sẽ là kẻ ăn mày trong tương lai. Kẻ tham lam là kẻ ăn mày suốt đời. Ngạn ngữ Ba Lan.

2. Biết bao kẻ đọc sách và học hỏi, không phải để tìm chân lý mà là để gia tăng những gì mình đã biết. Julien Green.

VTH sưu tầm