

# NGHIÊN CỨU XÁC ĐỊNH THỜI GIẠN ỔN ĐỊNH VÀ THỜI ĐIỂM PHẢI NÂNG CAO KHẢ NĂNG CHỊU TẢI CHO CÔNG TRÌNH NGẦM

**VÕ TRỌNG HÙNG**

*Trường Đại học Mỏ-Địa chất*

*Email: votronghung@khoaxaydung.edu.vn*

**K**hoảng thời gian ổn định cho công trình ngầm, khối đá bao quanh là độ dài thời gian tính từ thời điểm bắt đầu hình thành công trình ngầm đến thời điểm có thể xảy ra những hiện tượng mất ổn định, sự cố, tai nạn.

Hiện nay, các lý thuyết đánh giá mức độ, đặc tính ổn định cho công trình ngầm rất đa dạng, phong phú. Tuy nhiên, cho đến nay vẫn chưa có phương pháp hữu hiệu xác định khoảng thời gian ổn định cho công trình ngầm, khối đá bao quanh để đưa ra những giải pháp thi công, chống giữ phù hợp.

## 1. Lý thuyết đánh giá ổn định công trình ngầm

Để dự đoán khả năng dịch chuyển biên công trình ngầm, ở những giai đoạn nghiên cứu đầu tiên có thể áp dụng kết quả của các bài toán giải tích toán cơ trên cơ sở những mô hình địa cơ học khác nhau [1]. Mặc dù các kết quả giải tích chỉ mang tính lý thuyết, tuy nhiên, đây chính là cơ sở định tính quan trọng ban đầu để tiến hành dự báo mức độ ổn định cho biên công trình ngầm.

Trong giai đoạn ban đầu của thiết kế, các nhà địa cơ học có thể sử dụng các mô hình tác dụng tương hỗ của hệ "khối đá-kết cấu chống giữ" để dự đoán, dự báo, xác định đại lượng chuyển dịch của biên công trình ngầm không chống (hoặc có chống giữ). Tuy nhiên, những kết quả nghiên cứu này vẫn chưa xét tới yếu tố thời gian, vì vậy khả năng dự báo thời gian ổn định cho công trình ngầm vẫn không thể thực hiện.

Từ đây, người thiết kế có thể đề xuất các giải pháp chống giữ, lựa chọn sơ bộ loại hình, kết cấu chống giữ cần thiết cho công trình ngầm.

## 2. Phương pháp dự báo mức độ ổn định trên cơ sở chuyển dịch biên công trình ngầm

Để dự báo mức độ ổn định cho công trình ngầm không chống xây dựng tại các mỏ than, các nhà

địa cơ học có thể sử dụng phương pháp của Viện VNIMI (CHLB Nga).

Tiêu chuẩn ổn định cho công trình ngầm không chống là giá trị chuyển dịch (biến dạng) của biên công trình trong suốt thời gian tồn tại của nó. Tổng giá trị chuyển dịch biên công trình ngầm không chống có thể xác định theo công thức [1], [4]:

$$U = (k_{\alpha} \cdot k_{\theta} \cdot k_s \cdot k_B \cdot k_t \cdot U_t) \quad (1)$$

Tại đây:  $U_t$  - Giá trị đại lượng chuyển dịch tiêu chuẩn của biên công trình tùy thuộc vào độ bền đất đá "R<sub>n</sub>" và độ sâu vị trí công trình ngầm "H";  $k_{\alpha}$  - Hệ số ảnh hưởng của góc thể nằm lớp đá và hướng đào của công trình ngầm so với đường phương của lớp đá hay các mặt nứt nẻ chủ yếu;  $k_{\theta}$  - Hệ số ảnh hưởng của hướng chuyển dịch đá;  $k_s$  - Hệ số ảnh hưởng của chiều rộng công trình ngầm;  $k_B$  - Hệ số ảnh hưởng sự tồn tại của các công trình ngầm khác;  $k_t$  - Hệ số ảnh hưởng từ thời gian tồn tại của công trình ngầm.

Trên cơ sở giá trị chuyển dịch "U" theo tính toán, mức độ ổn định của công trình ngầm không chống sẽ được xác định tương ứng theo các số liệu trên Bảng 1 [1].

*Bảng 1. Mức độ ổn định của khối đá bao quanh công trình ngầm theo giá trị chuyển dịch của biên công trình ngầm [1]*

№	Cấp ổn định của khối đá	Giá trị chuyển dịch của biên công trình ngầm U, mm	
		Các loại đá trầm tích	Các loại đá phun trào
1	I÷II	<50	<20
2	III	50÷200	20÷100
3	IV	200÷500	100÷200
4	V	>500	>200

Những kết quả kết quả nghiên cứu trên đây mới

chỉ mang tính bước đầu, cơ bản. Mức độ ổn định của khối đá bao quanh trên cơ sở giá trị chuyển dịch biên công trình ngầm không chống vẫn chưa thể hiện sự tồn tại, tác động phức tạp của mối quan hệ tương tác giữa khối đá và kết cấu chống giữ công trình ngầm. Vì vậy, giá trị chuyển dịch khối đá theo Bảng 1 chỉ cho ta giới hạn xấu nhất có thể khi công trình ngầm không chống. Tuy nhiên, mức độ chuyển dịch này cũng thể hiện sự mất ổn định của công trình ngầm khi tồn tại kết cấu chống giữ. Mức độ chuyển dịch khối đá biên tại đây vẫn thể hiện sự trương nở, phá hủy của khối đá bao quanh công trình ngầm. Đây vẫn là thông số rất quan trọng để dự báo mức độ ổn định tổng thể cho công trình ngầm trên thực tế.

**3. Nghiên cứu xác định giá trị biến dạng, chuyển dịch biên công trình ngầm**

Hiện nay tồn tại hai nhóm phương pháp xác định giá trị chuyển dịch biên công trình ngầm khi xét tới sự ảnh hưởng của yếu tố thời gian tồn tại như sau:

➤ Phương pháp dự báo không tính đến yếu tố thời gian “t” tồn tại của công trình ngầm;

➤ Phương pháp dự báo có tính đến yếu tố thời gian “t” tồn tại của công trình ngầm;

Các phương pháp dự báo giá trị biến dạng, chuyển dịch biên không tính đến yếu tố thời gian “t” tồn tại của công trình ngầm rất khác nhau [1]. Tuy nhiên, chúng chỉ cho kết quả giá trị biến dạng, chuyển dịch biên công trình ngầm cố định, không thay đổi theo thời gian. Vì thế, những kết quả dự báo giá trị biến dạng, chuyển dịch biên công trình ngầm theo các phương pháp này thường được tiếp nhận như là giá trị cuối cùng, dài lâu của biến dạng, chuyển dịch biên công trình ngầm.

Theo Glusko V.T., Trednhitrenko V.P., Uxadtenko V.P., giá trị hạ trần (chuyển dịch) tại nóc công trình ngầm có thể dự đoán theo mối quan hệ [2]:

$$U_n = \left\{ 10^{-3} \cdot \sqrt{b \cdot h} \cdot \left[ k_{n1} \left( \frac{\gamma \cdot H}{R_n} \right) - k_{n2} \right] \right\} \quad (2)$$

Tại đây: b, h - Khẩu độ, chiều cao của công trình ngầm, m;  $\gamma$  - Trọng lượng thể tích của đất đá, MN/m<sup>3</sup>; H - Chiều sâu vị trí công trình ngầm, m;  $R_n$  - Độ bền nén đơn trục của đá, MPa;  $k_{n1}$ ,  $k_{n2}$  - Các hệ số thực nghiệm;  $k_{n1}=622$ ;  $k_{n2}=89$ .

Ngoài mối quan hệ (2), sau khi nghiên cứu một số mô hình tương tác giữa kết cấu chống giữ và môi trường đất đá bao quanh công trình ngầm, nhiều tác giả đã đề xuất nhiều công thức khác nhau để xác định giá trị chuyển dịch biên công trình ngầm [6].

Ví dụ, trong mô hình khối đá đàn hồi biến dạng

tuyến tính, công trình ngầm có mặt cắt ngang hình tròn, giá trị chuyển dịch biên công trình ngầm có thể xác định theo công thức [6]:

$$U = \left\{ \left[ \frac{\sqrt{3}}{2} \right]^{(2-m)} \cdot \frac{q \cdot (2-2 \cdot m)}{E \cdot \xi \cdot r^{(2-2 \cdot m)}} \right\}^{\frac{1}{(1-m)}} \quad (3)$$

Tại đây: U - Đại lượng chuyển dịch không thứ nguyên; m,  $\xi$  - Các hằng số vật lý đã biết đặc trưng cho khối đá biến dạng tuyến tính; q - Giá trị áp lực tác dụng theo phương thẳng đứng trong khối đá, MPa; E - Môđun biến dạng của khối đá, MPa; r - Toạ độ không thứ nguyên theo phương hướng tâm của điểm xem xét trong khối đá được thể hiện bằng số lần các bán kính đào của công trình ngầm “ $r_B$ ”;

Các mối quan hệ (2), (3),... hoàn toàn không phụ thuộc vào yếu tố thời gian xác định, vì thế nó không thể sử dụng để dự báo thời điểm mất ổn định của công trình ngầm

Theo Trenniak I.L., Iarunhin X.A., giá trị chuyển dịch nóc “ $U_n$ ” các công trình ngầm (đường lò chuẩn bị) được chống giữ bằng các khung chống kim loại hình vòm lưu giữ khoảng trống phía sau kết cấu chống giữ có thể xác định theo công thức [3]:

$$U_n = \left( \frac{A_k \cdot t}{a_k + t} \right); \quad (4)$$

$$A_n = (0,45 \cdot H - 2 \cdot R_{n.noc} + 9 \cdot S + 6 \cdot m_{tt}); \quad (5)$$

$$\alpha_n = (0,001 \cdot H + 0,04 \cdot S - 0,01 \cdot R_{n.noc} + 1). \quad (6)$$

Tại đây: t - Khoảng thời gian tính từ thời điểm kết thúc thi công công trình ngầm và thời điểm xem xét, đánh giá, ngày-đêm;  $A_n$ ,  $\alpha_n$  - Các hệ số;  $R_{n.noc}$  - Giới hạn bền nén đơn trục đất đá tại nóc công trình ngầm, MPa;  $m_{tt}$  - Chiều dày của lớp đất đá thuộc nóc trực tiếp.

Giá trị chuyển dịch nền “ $U_{nen}$ ” các công trình ngầm được chống giữ bằng các khung chống kim loại hình vòm lưu giữ khoảng trống phía sau kết cấu chống giữ có thể xác định theo công thức [3]:

$$U_{nen} = A_{nen} \cdot \lg(1 + \alpha_{nen} \cdot t); \quad (7)$$

$$A_{nen} = (245 + 0,04 \cdot H - 1,5 \cdot R_{n.nen} + 0,8 \cdot S); \quad (8)$$

$$\alpha_{nen} = (0,001 \cdot H + 0,04 \cdot S - 0,01 \cdot R_{n.nen} + 1). \quad (9)$$

Tại đây:  $R_{n.nen}$  - Giới hạn bền nén đơn trục đất đá tại nền công trình ngầm, MPa.

Trong [4], [5], Võ Trọng Hùng đã nghiên cứu và đề xuất một số mô hình xác định chuyển dịch biên công trình ngầm phụ thuộc vào một số thông số hình học cấu tạo, độ sâu vị trí, kết cấu chống giữ, đặc tính cơ lý khối đá bao quanh công trình ngầm có dạng như sau:

➤ Hàm số tổng quát mô hình hóa quy luật chuyển dịch “U” của biên công trình ngầm phụ thuộc vào một số thông số về tính chất khối đá, cấu

tạo công trình ngầm, kết cấu chống giữ có dạng:

$$U=f(t, H, \alpha, W_c, h, b, n, R_n, L_b). \quad (10)$$

Tại đây: F - Hàm số thể hiện mô hình liên kết các thông số phụ thuộc; t - Thời gian thực hiện công tác đo chuyển dịch biên công trình ngầm, ngày-đêm; H - Chiều sâu công trình ngầm, m;  $\alpha$  - Góc nghiêng của các lớp đá;  $W_c$  - Mô men chống uốn của mặt cắt ngang kết cấu chống giữ thép sử dụng để chống giữ công trình ngầm,  $cm^3$ ; h - Chiều cao công trình ngầm, m; b - Chiều rộng công trình ngầm, m;  $R_n$  - Giới hạn bền nén của các lớp đất đá, MPa;  $L_b$  - Khoảng cách vị trí đo chuyển dịch khối đá trong các lỗ khoan tính từ biên công trình ngầm, m;

➤ Mô hình chuyển dịch “ $U_{noc}$ ” của khối đá biên tại nóc công trình ngầm theo phương thẳng đứng có thể chọn theo một trong ba mô hình “ $U_{noc.1}$ ”, “ $U_{noc.2}$ ”, “ $U_{noc.3}$ ” [4]:

$$U_{noc.1} = \left[ \begin{matrix} A_{1,0} \cdot (t)^{A_{1,1}} \cdot (H)^{A_{1,2}} \cdot (\alpha)^{A_{1,3}} \cdot \\ (W_c)^{A_{1,4}} \cdot (b)^{A_{1,5}} \cdot e^{(A_{1,6} \cdot R_n)} \cdot e^{(A_{1,7} \cdot L_b)} \end{matrix} \right]; \quad (11)$$

$$U_{noc.2} = \left[ \begin{matrix} A_{2,0} \cdot (t)^{A_{2,1}} \cdot (H)^{A_{2,2}} \cdot (\alpha)^{A_{2,3}} \cdot \\ (W_c)^{A_{2,4}} \cdot e^{(A_{2,5} \cdot b)} \cdot e^{(A_{2,6} \cdot R_n)} \cdot e^{(A_{2,7} \cdot L_b)} \end{matrix} \right]; \quad (12)$$

$$U_{noc.3} = \left[ \begin{matrix} A_{3,0} \cdot e^{(A_{3,1} \cdot t)} \cdot e^{(A_{3,2} \cdot H)} \cdot e^{(A_{3,3} \cdot \alpha)} \cdot \\ e^{(A_{3,4} \cdot W_c)} \cdot (b)^{A_{3,5}} \cdot e^{(A_{3,6} \cdot R_n)} \cdot (L_b)^{A_{3,7}} \end{matrix} \right]. \quad (13)$$

Tại đây:  $A_{1,0}=2,38E-18$ ;  $A_{1,1}=0,521495$ ;  $A_{1,2}=2,648798$ ;  $A_{1,3}=-4,814969$ ;  $A_{1,4}=7,927319$ ;  $A_{1,5}=1,732881$ ;  $A_{1,6}=0,165275$ ;  $A_{1,7}=-0,36238$ ;  $A_{2,0}=1,4E-19$ ;  $A_{2,1}=0,521495$ ;  $A_{2,2}=2,672736$ ;  $A_{2,3}=-3,918143$ ;  $A_{2,4}=7,881251$ ;  $A_{2,5}=0,446165$ ;  $A_{2,6}=0,165275$ ;  $A_{2,7}=-0,36238$ ;  $A_{3,0}=2,52E-08$ ;  $A_{3,1}=0,521495$ ;  $A_{3,2}=2,672736$ ;  $A_{3,3}=-3,918143$ ;  $A_{3,4}=0,101718$ ;  $A_{3,5}=0,446165$ ;  $A_{3,6}=0,165275$ ;  $A_{3,7}=-0,36238$ ; hệ số tương quan  $R_1=R_2=R_3=0,922196$ ;

➤ Mô hình chuyển dịch “ $U_{noc.4}$ ” của khối đá biên tại nóc công trình ngầm theo phương vuông góc với mặt phân lớp đất đá có thể chọn theo dạng như sau [4]:

$$U_{noc.4} = \left[ \begin{matrix} A_{4,0} \cdot (t)^{A_{4,1}} \cdot e^{(A_{4,2} \cdot H)} \cdot (\alpha)^{A_{4,3}} \cdot (W_c)^{A_{4,4}} \cdot \\ e^{(A_{4,5} \cdot h)} \cdot (b)^{A_{4,6}} \cdot (R_n)^{A_{4,7}} \cdot (L_b)^{A_{4,8}} \end{matrix} \right]. \quad (14)$$

Tại đây:  $A_{4,0}=3,65E+35$ ;  $A_{4,1}=0,595615$ ;  $A_{4,2}=-0,04$ ;  $A_{4,3}=-8,392008$ ;  $A_{4,4}=10,573493$ ;  $A_{4,5}=-15,984824$ ;  $A_{4,6}=11,127567$ ;  $A_{4,7}=-11,89431$ ;  $A_{4,8}=-5,25954$ ; hệ số tương quan  $R_4=0,852080$ .

➤ Mô hình chuyển dịch “ $U_{h.tr.5}$ ” của khối đá biên tại hông công trình ngầm hướng lên phía trên có thể chọn theo dạng như sau [5]:

$$U_{h.tr.5} = e^{(A_{5,0} + A_{5,1} \cdot t + A_{5,2} \cdot H + A_{5,3} \cdot \alpha + A_{5,4} \cdot W_c + A_{5,5} \cdot h + A_{5,6} \cdot b + A_{5,7} \cdot R_n + A_{5,8} \cdot L_b)}. \quad (15)$$

Tại đây:  $A_{5,0}=0,157139$ ;  $A_{5,1}=0,014273$ ;  $A_{5,2}=0,014698$ ;  $A_{5,3}=-8,9E-05$ ;  $A_{5,4}=-0,03341$ ;  $A_{5,5}=-1,50281$ ;

$A_{5,6}=1,513757$ ;  $A_{5,7}=-0,08443$ ;  $A_{5,8}=-1,26912$ ; hệ số tương quan  $R_5=0,747606$ ;

➤ Mô hình chuyển dịch “ $U_{h.d.6}$ ” của khối đá biên tại hông công trình ngầm hướng xuống phía dưới có thể chọn theo dạng như sau [5]:

$$U_{h.d.6} = e^{(A_{6,0} + A_{6,1} \cdot t + A_{6,2} \cdot H + A_{6,3} \cdot \alpha + A_{6,4} \cdot W_c + A_{6,5} \cdot h + A_{6,6} \cdot b + A_{6,7} \cdot R_n + A_{6,8} \cdot L_b)}. \quad (16)$$

Tại đây:  $A_{6,0}=161312,9$ ;  $A_{6,1}=0,018893$ ;  $A_{6,2}=0,002185$ ;  $A_{6,3}=0,091104$ ;  $A_{6,4}=-0,08566$ ;  $A_{6,5}=-5,95782$ ;  $A_{6,6}=3,595157$ ;  $A_{6,7}=-0,08086$ ;  $A_{6,8}=-1,60362$ ; hệ số tương quan  $R_6=0,781403$ ;

➤ Mô hình chuyển dịch “ $U_{nen.7}$ ” của khối đá biên tại nền công trình ngầm hướng lên phía trên có thể chọn theo dạng như sau [5]:

$$U_{nen.7} = \left[ \begin{matrix} A_{7,0} \cdot (t)^{A_{7,1}} \cdot (H)^{A_{7,2}} \cdot e^{(A_{7,3} \cdot \alpha)} \cdot e^{(A_{7,4} \cdot W_c)} \cdot \\ (h)^{A_{7,5}} \cdot (b)^{A_{7,6}} \cdot (R_n)^{A_{7,7}} \cdot (L_b)^{A_{7,8}} \end{matrix} \right]. \quad (17)$$

Tại đây:  $A_{7,0}=4,8E-77$ ;  $A_{7,1}=1,86157$ ;  $A_{7,2}=14,26241$ ;  $A_{7,3}=-0,23474$ ;  $A_{7,4}=-0,14431$ ;  $A_{7,5}=44,96236$ ;  $A_{7,6}=9,456899$ ;  $A_{7,7}=-7,12217$ ; hệ số tương quan  $R_7=0,891779$ ;

Các mô hình (11)-(17) được xây dựng trong những điều kiện sau:  $H=480 \div 710$  m;  $\alpha=8^\circ \div 50^\circ$ ;  $W_c=53,4 \div 107,9$   $cm^3$ ;  $h=2,4 \div 3,5$  m;  $b=2,85 \div 5,8$  m;  $R_n=26 \div 139$  MPa;  $L_b=0,7 \div 8,0$  m;  $t=30 \div 270$  ngày-đêm; khoảng cách giữa hai khung chống bằng 1,0 m.

Do các mô hình (11)-(17) xác định chuyển dịch biên công trình ngầm “U” có xét tới yếu tố thời gian “t”, cho nên chúng có thể sử dụng để có thể dự báo thời gian ổn định cho công trình ngầm.

#### 4. Đánh giá mức độ ổn định của công trình ngầm trên cơ sở giá trị biến dạng, chuyển dịch biên

Chuyển dịch (biến dạng) biên công trình ngầm là biểu hiện định lượng rõ ràng, có thể quan trắc, đo đạc chính xác trong không gian, theo thời gian. Đây là cơ sở rõ ràng nhất để có thể đánh giá trạng thái, cơ học, sự phá hủy, mức độ ổn định của khối đá bao quanh và toàn bộ công trình ngầm. Tại đây, vấn đề xác định giá trị chuyển dịch biên giới hạn “ $U_{gh}$ ” của biên công trình ngầm vẫn đảm bảo cho chúng ổn định có ý nghĩa đặc biệt quan trọng khi thiết kế, thi công, sử dụng công trình ngầm.

Khi chuyển dịch biên công trình ngầm thực tế “U” tại thời điểm nào đó vẫn nhỏ hơn giá trị chuyển dịch biên giới hạn “ $U_{gh}$ ” thì công trình ngầm vẫn nằm trong trạng thái ổn định. Như vậy, điều kiện đảm bảo ổn định cho công trình ngầm sẽ có dạng như sau:

$$U \leq U_{gh}. \quad (18)$$

Như vậy, người thiết kế cần phải xác định giá trị chuyển dịch biên giới hạn “ $U_{gh}$ ” của biên công trình ngầm vẫn đảm bảo cho chúng ổn định để có thể

tìm ra thời điểm mất ổn định cho công trình. Từ đây chuẩn bị áp dụng các biện pháp chống giữ, tăng bền cho toàn bộ hệ thống “khối đá bao quanh-kết cấu chống giữ”. Vì thế, việc xác định khoảng thời gian ổn định “ $t_{od}$ ” cho công trình ngầm từ thời điểm hình thành đến thời điểm xuất hiện trạng thái cân bằng giới hạn (trạng thái nguy hiểm) có ý nghĩa quyết định.

**5. Nghiên cứu đề xuất phương pháp xác định thời gian ổn định cho công trình ngầm**

Rõ ràng hệ thống “khối đá bao quanh-kết cấu chống giữ” chịu sự tác dụng của rất nhiều yếu tố trong đó có thời gian “ $t$ ”. Chuyển dịch biên công trình ngầm “ $U$ ” sẽ gia tăng theo thời gian “ $t$ ” tùy theo sự tương tác giữa khối đá và kết cấu chống giữ và tổ hợp các tính chất của môi trường đất đá bao quanh:

$$U = f\left(t; \{tc_{mtd.d.i}\}_{n_1}; \{tc_{ctn.i}\}_{n_2}; \{tc_{kkcg.i}\}_{n_3}\right). \quad (19)$$

Tại đây:  $U$  - Chuyển dịch biên công trình ngầm, mm;  $f$  - Hàm số liên kết các thông số phụ thuộc, tương tác với nhau của môi trường đất đá bao quanh công trình ngầm, cấu tạo công trình ngầm;  $t$  - Khoảng thời gian đánh giá chuyển dịch tính từ thời điểm hình thành công trình ngầm;  $\{tc_{mtd.d.i}\}_{n_1}$  - Tổ hợp các thông số thể hiện các đặc tính của môi trường đất đá bao quanh ảnh hưởng đến chuyển dịch “ $U$ ”;  $n_1$  - Số lượng các thông số của của môi trường đất đá

bao quanh ảnh hưởng đến chuyển dịch “ $U$ ”;  $\{tc_{ctn.i}\}_{n_2}$  - Tổ hợp các thông số thể hiện các đặc tính của công trình ngầm ảnh hưởng đến chuyển dịch “ $U$ ”;  $n_2$  - Số lượng các thông số của của công trình ngầm ảnh hưởng đến chuyển dịch “ $U$ ”;  $\{tc_{ctn.i}\}_{n_3}$  - Tổ hợp các thông số thể hiện các đặc tính của kết cấu chống giữ ảnh hưởng đến chuyển dịch “ $U$ ”;  $n_3$  - Số lượng các thông số của của kết cấu chống giữ ảnh hưởng đến chuyển dịch “ $U$ ”.

Từ công thức (19) có thể rút ra mối quan hệ:

$$t = f_1\left(U; \{tc_{mtd.d.i}\}_{n_1}; \{tc_{ctn.i}\}_{n_2}; \{tc_{kkcg.i}\}_{n_3}\right). \quad (20)$$

Tại đây:  $f_1$  - Hàm số liên kết các thông số phụ thuộc, tương tác với nhau của môi trường đất đá bao quanh công trình ngầm, cấu tạo công trình ngầm.

Từ đây, khi cho giá trị chuyển dịch “ $U$ ” của biên công trình ngầm đạt tới giá trị giới hạn (giá trị lớn nhất) “ $U_{gh}$ ” gây ra sự mất ổn định, chúng ta có thể tìm ra khoảng thời gian “ $t_{od}$ ” cho công trình ngầm:

$$t_{od} = f_1\left(U_{od}; \{tc_{mtd.d.i}\}_{n_1}; \{tc_{ctn.i}\}_{n_2}; \{tc_{kkcg.i}\}_{n_3}\right). \quad (21)$$

Tại đây:  $U_{od}$  - Giá trị giới hạn (giá trị lớn nhất) của chuyển dịch biên công trình ngầm sẽ làm chuyển đổi trạng thái của công trình ngầm từ an toàn, ổn định sang không an toàn mất ổn định, mm.

Trong trường hợp riêng, từ phương trình (4), (11)÷(17), ta có thể rút ra các mối quan hệ:

$$t = \left(\frac{\alpha_k U_n}{A_k - U_n}\right); \quad (22)$$

$$t = \left[ \frac{U_{noc.1}}{A_{1.0} \cdot (H)^{A_{1.2}} \cdot (\alpha)^{A_{1.3}} \cdot (W_c)^{A_{1.4}} \cdot (b)^{A_{1.5}} \cdot e^{(A_{1.6} \cdot R_n)} \cdot e^{(A_{1.7} \cdot L_b)}} \right]^{(1/A_{1.1})}; \quad (23)$$

$$t = \left[ \frac{U_{noc.2}}{A_{2.0} \cdot (H)^{A_{2.2}} \cdot (\alpha)^{A_{2.3}} \cdot (W_c)^{A_{2.4}} \cdot e^{(A_{2.5} \cdot b)} \cdot e^{(A_{2.6} \cdot R_n)} \cdot e^{(A_{2.7} \cdot L_b)}} \right]^{(1/A_{2.1})}; \quad (24)$$

$$t = \frac{1}{A_{3.1}} \cdot \ln \left[ \frac{U_{noc.3}}{A_{3.0} \cdot e^{(A_{3.2} \cdot H)} \cdot e^{(A_{3.3} \cdot \alpha)} \cdot e^{(A_{3.4} \cdot W_c)} \cdot (b)^{A_{3.5}} \cdot e^{(A_{3.6} \cdot R_n)} \cdot (L_b)^{A_{3.7}}} \right]; \quad (25)$$

$$t = \left[ \frac{U_{noc.4}}{A_{4.0} \cdot e^{(A_{4.2} \cdot H)} \cdot (\alpha)^{A_{4.3}} \cdot (W_c)^{A_{4.4}} \cdot e^{(A_{4.5} \cdot h)} \cdot (b)^{A_{4.6}} \cdot (R_n)^{A_{4.7}} \cdot (L_b)^{A_{4.8}}} \right]^{(1/A_{4.1})}; \quad (26)$$

$$t = \frac{\ln(U_{h.tr.5}) - (A_{5.0} + A_{5.2} \cdot H + A_{5.3} \cdot \alpha + A_{5.4} \cdot W_c + A_{5.5} \cdot h + A_{5.6} \cdot b + A_{5.7} \cdot R_n + A_{5.8} \cdot L_b)}{A_{5.1}}; \quad (27)$$

$$t = \frac{\ln(U_{h.d.6}) - (A_{6.0} + A_{6.2} \cdot H + A_{6.3} \cdot \alpha + A_{6.4} \cdot W_c + A_{6.5} \cdot h + A_{6.6} \cdot b + A_{6.7} \cdot R_n + A_{6.8} \cdot L_b)}{A_{6.1}}; \quad (28)$$

$$t = \left\{ \frac{U_{nen.7}}{[A_{7.0} \cdot (H)^{A_{7.2}} \cdot e^{(A_{7.3} \cdot \alpha)} \cdot e^{(A_{7.4} \cdot W_c)} \cdot (h)^{A_{7.5}} \cdot (b)^{A_{7.6}} \cdot (R_n)^{A_{7.7}} \cdot (L_b)^{A_{7.8}}]} \right\}^{(1/A_{7.1})}. \quad (29)$$

Từ các phương trình (22)÷(29), sau khi cho các giá trị chuyển dịch tương ứng “ $U_n$ ”, “ $U_{noc.1}$ ”, “ $U_{noc.2}$ ”,

“ $U_{noc.3}$ ”, “ $U_{noc.4}$ ”, “ $U_n$ ”, “ $U_n$ ”, “ $U_n$ ”, “ $U_n$ ” bằng giá trị chuyển dịch giới hạn “ $U_{gh}$ ”, ta có thể tìm ra giá trị

khoảng thời gian giới hạn ổn định “ $t_{od}$ ” tại biên công trình ngầm theo các mối quan hệ như sau:

$$t_{od} = \left( \frac{\alpha_k U_{gh}}{A_k - U_{gh}} \right) \tag{30}$$

$$t_{od} = \left[ \frac{U_{gh}}{A_{1,0} \cdot (H)^{A_{1,2}} \cdot (\alpha)^{A_{1,3}} \cdot (W_c)^{A_{1,4}} \cdot (b)^{A_{1,5}} \cdot e^{(A_{1,6} \cdot R_n)} \cdot e^{(A_{1,7} \cdot L_b)}} \right]^{\left( \frac{1}{A_{1,1}} \right)} \tag{31}$$

$$t_{od} = \left[ \frac{U_{gh}}{A_{2,0} \cdot (H)^{A_{2,2}} \cdot (\alpha)^{A_{2,3}} \cdot (W_c)^{A_{2,4}} \cdot e^{(A_{2,5} \cdot b)} \cdot e^{(A_{2,6} \cdot R_n)} \cdot e^{(A_{2,7} \cdot L_b)}} \right]^{\left( \frac{1}{A_{2,1}} \right)} \tag{32}$$

$$t_{od} = \frac{1}{A_{3,1}} \cdot \ln \left[ \frac{U_{gh}}{A_{3,0} \cdot e^{(A_{3,2} \cdot H)} \cdot e^{(A_{3,3} \cdot \alpha)} \cdot e^{(A_{3,4} \cdot W_c)} \cdot (b)^{A_{3,5}} \cdot e^{(A_{3,6} \cdot R_n)} \cdot (L_b)^{A_{3,7}}} \right] \tag{33}$$

$$t_{od} = \left[ \frac{U_{gh}}{A_{4,0} \cdot e^{(A_{4,2} \cdot H)} \cdot (\alpha)^{A_{4,3}} \cdot (W_c)^{A_{4,4}} \cdot e^{(A_{4,5} \cdot h)} \cdot (b)^{A_{4,6}} \cdot (R_n)^{A_{4,7}} \cdot (L_b)^{A_{4,8}}} \right]^{\left( \frac{1}{A_{4,1}} \right)} \tag{34}$$

$$t_{od} = \frac{\ln(U_{od}) - (A_{5,0} + A_{5,2} \cdot H + A_{5,3} \cdot \alpha + A_{5,4} \cdot W_c + A_{5,5} \cdot h + A_{5,6} \cdot b + A_{5,7} \cdot R_n + A_{5,8} \cdot L_b)}{A_{5,1}} \tag{35}$$

$$t_{od} = \frac{\ln(U_{od}) - (A_{6,0} + A_{6,2} \cdot H + A_{6,3} \cdot \alpha + A_{6,4} \cdot W_c + A_{6,5} \cdot h + A_{6,6} \cdot b + A_{6,7} \cdot R_n + A_{6,8} \cdot L_b)}{A_{6,1}} \tag{36}$$

$$t_{od} = \left\{ \frac{U_{gh}}{A_{7,0} \cdot (H)^{A_{7,2}} \cdot e^{(A_{7,3} \cdot \alpha)} \cdot e^{(A_{7,4} \cdot W_c)} \cdot (h)^{A_{7,5}} \cdot (b)^{A_{7,6}} \cdot (R_n)^{A_{7,7}} \cdot (L_b)^{A_{7,8}}} \right\}^{\left( \frac{1}{A_{7,1}} \right)} \tag{37}$$

Tại đây:  $U_{gh}$  - Giá trị chuyển dịch giới hạn của biên đảm bảo cho công trình ngầm ổn định có thể tham khảo các số liệu trên Bảng 1, mm.

Từ những kết quả nghiên cứu trên đây, chúng tôi đề xuất phương pháp xác định thời gian ổn định cho công trình ngầm trong mối quan hệ giữa giá trị biến dạng, chuyển dịch biên công trình ngầm trên thực tế có nội dung theo các bước sau đây:

➤ Bước 1 - Xác định giá trị chuyển dịch biên giới hạn “ $U_{gh}$ ” của biên công trình ngầm vẫn đảm bảo cho chúng ổn định;

➤ Bước 2 - Xác định giá trị chuyển dịch biên thực tế “ $U(t)$ ” của công trình ngầm có xét tới các yếu tố tính chất địa cơ học của khối đá bao quanh, kết cấu chống giữ và các kích thước cấu tạo hình học có xét tới yếu tố thời gian “ $t$ ” kể từ thời điểm bắt đầu hình thành công trình ngầm tại nóc  $U(t)_{nóc}$ , tại hông  $U(t)_{hông}$  và tại nền  $U(t)_{nền}$  công trình ngầm;

➤ Bước 3 - Xác định các điều kiện ổn định của công trình ngầm có xét tới yếu tố thời gian “ $t$ ” theo điều kiện (18) tại các vị trí nóc, hông, nền công trình ngầm:

$$U(t)_{nóc} \leq U_{gh}; \tag{38}$$

$$U(t)_{hông} \leq U_{gh}; \tag{39}$$

$$U(t)_{nền} \leq U_{gh}. \tag{40}$$

➤ Bước 4 - Giải phương trình  $U(t)_{nóc} = U_{gh}$  trên cơ sở điều kiện (38) để xác định khoảng thời gian “ $t_{gh.nóc}$ ” tại đây bắt đầu xuất hiện trạng thái cân bằng giới hạn nguy hiểm có thể gây nên những sự

cố có hại đến nóc công trình ngầm;

➤ Bước 5 - Giải phương trình  $U(t)_{hông} = U_{gh}$  trên cơ sở điều kiện (39) để xác định khoảng thời gian “ $t_{gh.nóc}$ ” tại đây bắt đầu xuất hiện trạng thái cân bằng giới hạn nguy hiểm có thể gây nên những sự cố có hại đến hông công trình ngầm;

➤ Bước 6 - Giải phương trình  $U(t)_{nền} = U_{gh}$  trên cơ sở điều kiện (40) để xác định khoảng thời gian “ $t_{gh.nền}$ ” tại đây bắt đầu xuất hiện trạng thái cân bằng giới hạn nguy hiểm có thể gây nên những sự cố có hại đến nền công trình ngầm;

➤ Bước 7 - Xác định giá trị nhỏ nhất “ $t_{od.min}$ ” từ các khoảng thời gian giới hạn ổn định tại nóc, hông, nền công trình ngầm từ các bước 4, 5, 6. Trong những trường hợp riêng, phù hợp, có thể sử dụng các công thức (30)-(37) để xác định khoảng thời gian “ $t_{od.min}$ ”;

➤ Bước 8 - Từ giá trị “ $t_{od.min}$ ”, người thiết kế sẽ chuẩn bị những giải pháp gia cường, tăng bền cho kết cấu chống giữ và khối đá bao quanh để có thể sử dụng kịp thời chống lại những hiện tượng mất ổn định của công trình ngầm.

➤ Bước 9 - Do tại thời điểm “ $t_{od.min}$ ” công trình ngầm sẽ nằm ở trạng thái cân bằng giới hạn (trạng thái nguy hiểm), cho nên các biện pháp gia cường, chống giữ công trình ngầm nên áp dụng tại thời điểm trước đó. Theo chúng tôi nên áp dụng các giải pháp đảm bảo độ ổn định cho công trình ngầm tại thời điểm sớm hơn 20 % so với tổng khoảng

thời gian từ khi hình thành công trình ngầm  $t=0$  đến thời điểm  $t=t_{od,min}$ . Nghĩa là, nên áp dụng các biện pháp gia cường, chống giữ tăng bền cho công trình ngầm tại thời điểm  $t=(0,8 \times t_{od,min})$ .

**6. Kết luận**

Thời điểm mất ổn định cho công trình ngầm rất nguy hiểm. Trên cơ sở nghiên cứu lý thuyết, tác giả bài báo đã đề xuất các công thức xác định khoảng thời gian ổn định cho công trình ngầm. Từ đây, tác giả đã đề xuất phương pháp xác định thời gian ổn định cho công trình ngầm trong mối quan hệ giữa giá trị biến dạng, chuyển dịch biên công trình ngầm trên thực tế để có thể kịp thời áp dụng các biện pháp gia cường, chống giữ công trình ngầm. □

**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. Глушко В.Т., Чередниченко В.П., Усатенко Б.С. Реология горного массива. Киев. Издательство “Наукова Думка”, 1981. 172 с.
3. Черняк И.Л., Ярунин С.А. Управление состоянием массива горных пород. М., Изд. “Недра”, 1995, 395 стр.
4. 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.
5. Võ Trọng Hùng. Nghiên cứu xác định quy luật chuyển dịch hông, nền công trình ngầm theo thời gian. Tạp chí Công nghiệp Mỏ. Số 4. 2020. Tr. 14-21.
6. Баклашов И.В., Картозия Б.А. Механика подземных сооружений и конструкции крепей. М., Изд. “Недра”. 2012. 544 стр.

**Ngày nhận bài:** 28/06/2020

**Ngày gửi phản biện:** 18/07/2020

**Ngày nhận phản biện:** 28/09/2020

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

**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 xác định thời gian ổn định cho công trình ngầm từ thời điểm hình thành công trình đến thời điểm mất ổn định. Từ đây, tác giả đã đề xuất phương pháp xác định thời điểm phải nâng cao khả năng chịu tải cho công trình ngầm.

**Research to determine the stable time and the time to increase the load-bearing capacity for underground works**

**SUMMARY**

The article introduces research results to determine the stable time for underground works from the time of construction to the time of instability. From here, the author has proposed a method of determining the time to improve the load-bearing capacity for underground works.

**ẢNH HƯỞNG CỦA NƯỚC ...**

(Tiếp theo trang 27)

**Tóm tắt:** Khi xây dựng công trình ngầm trong môi trường đất yếu chứa nước, nước làm giảm độ bền của đất đá và sẽ là nguyên nhân gây ra các biến dạng lớn, tốc độ chuyển vị nhanh hơn, gây ra các hiện tượng mất ổn định các đường hầm. Bài báo giới thiệu việc nghiên cứu, đánh giá ảnh hưởng của các tham số nước ngầm đến độ ổn định của các công trình ngầm trong môi trường đất đá khô và bão hòa nước

**Effects of underground water on the stability of underground constructions**

**SUMMARY**

Underground constructions excavated in the soft soils and underground water conditions, the water reduces the durability of soils and will cause the large deformation, faster displacements, causing the instability of tunnels. This paper introduces the research, assessment the effects of some parameters of underground waters on the stability of underground constructions in the dry soils and saturated soils.