

NGHIÊN CỨU HOÀN THIỆN PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH “LƯỢNG THUỐC NỔ ĐƠN VỊ” KHI THI CÔNG CÔNG TRÌNH NGẦM NẪM NGANG VÀ NẪM NGHIÊNG

VÕ TRỌNG HÙNG

Trường Đại học Mỏ-Địa chất

Email: votronghung@khoaxaydung.edu.vn

1. Tổng quan

“Lượng thuốc nổ đơn vị” (“chi phí thuốc nổ”) “q” là lượng thuốc nổ được kích nổ để bóc tách, làm vỡ vụn, phá huỷ 1,0 m³ đất đá nguyên khối trong gương thi công công trình ngầm nằm nghiêng, nằm ngang. Thực tế cho thấy, hiệu quả của công tác khoan nổ mìn phụ thuộc rất lớn vào chỉ tiêu “q”. Giá trị của chỉ tiêu “q” thay đổi lớn và phụ thuộc một số yếu tố chủ yếu sau: các đặc tính của thuốc nổ (sức công nổ, nhiệt lượng nổ,...) và phương tiện nổ; các tính chất cơ lý, cấu trúc,... của môi trường đất đá; đặc tính cấu tạo của công trình ngầm (hình dạng, kích thước mặt cắt ngang công trình ngầm,...); đặc tính công nghệ nổ mìn (đường kính lỗ khoan; đường kính thời thuốc nổ; chất lượng nạp thuốc nổ; tính chất, kích thước búa mìn; số lượng mặt phẳng tự do trong gương; phương pháp kích nổ các lượng thuốc; đặc điểm cấu tạo của nhóm lỗ mìn đột phá, lỗ mìn công phá, lỗ mìn biên,...); các hiệu quả dự kiến đạt được sau khi nổ mìn (khả năng tạo biên chuẩn xác cho công trình ngầm, hệ số sử dụng lỗ mìn, chất lượng đập vỡ đất đá, mức độ văng xa của đất đá,...);... Ngoài ra, đại lượng này còn phụ thuộc rất lớn vào đặc tính tác động tương hỗ giữa các yếu tố ảnh hưởng trên thực tế. Vì vậy, giá trị “q” hợp lý rất khó có thể tính toán và xác định chuẩn xác bằng các phương pháp lý thuyết.

Nếu “q” chọn quá nhỏ sẽ gây nên các hiện tượng: hình thành các cục, hòn, khối đá có kích thước lớn (đá quá cỡ); đường biên công trình ngầm tạo nên không chính xác; làm suy giảm năng suất của các thiết bị thi công; làm giảm hệ số sử dụng lỗ mìn,... Trong trường hợp ngược lại, việc gia tăng “q” so với nhu cầu cần thiết trên thực tế sẽ gây nên các hiện tượng: làm tăng lượng đá phá vỡ cỡ nhỏ sau khi nổ mìn; làm gia tăng độ văng cao, văng xa của đất đá; làm gia tăng mức độ nứt nẻ

của đất đá bao quanh công trình ngầm; làm suy giảm mức độ ổn định của khối đá bao quanh công trình ngầm; làm gia tăng mức độ phá hủy khối đá hông bao quanh công trình ngầm; kết cấu chống giữ dễ bị hư hỏng; làm gia tăng chi phí lao động, giá thành cho công tác khoan nổ mìn;...

Giá trị “q” có thể lựa chọn theo một số phương pháp sau: phương pháp kinh nghiệm (phương pháp sử dụng các số liệu thực tế thi công công trình ngầm); phương pháp sử dụng các công thức thực nghiệm; phương pháp tương tự (phương pháp sử dụng các tiêu chuẩn quy phạm);...

1. Một số phương pháp xác định “lượng thuốc nổ đơn vị”

Trong trường hợp tổng quát, “q” là một hàm số của nhiều biến số như sau [1]-[10]:

$$q = F(q_1, f, k_c, S_{tc}, k_{ne}, P_{tn}, l_{lk}, d_{tt}, \dots) \quad (1)$$

Tại đây: F - Chức năng loại mô hình hồi quy (công thức thực nghiệm); q_1 - “Lượng thuốc nổ đơn vị tiêu chuẩn”; f - Hệ số kiên cố của đất đá theo Protodiakonov M.M.; k_c - Hệ số cấu trúc của đất đá; S_{tc} - Diện tích mặt cắt ngang thi công của công trình ngầm; k_{ne} - Hệ số nén ép của đất đá; P_{tn} - Khả năng công nổ, khả năng làm việc của thuốc nổ; l_{lk} - Chiều sâu của lỗ khoan, lỗ mìn; d_{tt} - Đường kính thời thuốc nổ;...

Theo Protodiakonov M.M., lượng thuốc nổ đơn vị “q” có thể được tính theo hai công thức [7], [8]:

➤ Theo công thức tính gần đúng [3]:

$$q = k_{tn} \cdot \sqrt{f / S_{tc}}, \text{ kg/m}^3; \quad (2)$$

➤ Theo công thức tính chính xác hơn [7], [8]:

$$q = k_{tn} \cdot \left[0,4 \cdot \left(\sqrt{0,2 \cdot f} + 1 / \sqrt{S_{tc}} \right) \right], \text{ kg/m}^3. \quad (3)$$

Tại đây: f - Hệ số kiên cố của đất đá theo phương pháp phân loại của Protodiakonov M.M.; S_{tc} - Diện tích mặt cắt ngang thi công của công trình ngầm, m²;

$k_{tn}=(525/P_{tn})$ - Hệ số xét đến khả năng làm việc của thuốc nổ; 525 cm^3 - Khả năng công nổ của thuốc nổ chuẩn sử dụng để so sánh; P_{tn} - Khả năng công nổ của thuốc nổ đang sử dụng trên thực tế, cm^3 .

Theo Bogomolov V.I., lượng thuốc nổ đơn vị "q" có thể được tính theo công thức [2]:

$$q = 1,25 \cdot \sqrt{f/S_{tc}}, \text{ kg/m}^3. \quad (4)$$

Theo Stesenko A.I., lượng thuốc nổ đơn vị "q" có thể được tính theo công thức [2]:

$$q = 1,15 \cdot \sqrt{f/S_{tc}}, \text{ kg/m}^3. \quad (5)$$

Theo Xukhanov A.F., lượng thuốc nổ đơn vị "q" có thể được tính theo công thức [2]:

$$q = (q_1 \cdot k_{t,tn} \cdot k_s \cdot k_{lm} \cdot k_{mt} \cdot k_{ctn}), \text{ kg/m}^3. \quad (6)$$

Tại đây: q_1 - "Lượng thuốc nổ đơn vị tiêu chuẩn", kg/m^3 ; $k_{t,tn}$ - Hệ số lực tác dụng tương đối của thuốc nổ; k_s - Hệ số ảnh hưởng diện tích " S_{tc} " mặt cắt ngang công trình ngầm; k_{lm} - Hệ số ảnh hưởng của chiều sâu lỗ mìn; k_{mt} - Hệ số ảnh hưởng của số lượng mặt thoáng tự do trên gương thi công công trình ngầm; k_{ctn} - Hệ số cấu trúc của cột thuốc nổ.

Theo Lares, lượng thuốc nổ đơn vị "q" có thể được tính theo công thức [2]:

$$q = (q_1 \cdot k_c \cdot k_{ne} \cdot k_{mdnb} \cdot k_{tn}/k_{mdn}), \text{ kg/m}^3. \quad (7)$$

Tại đây: q_1 - Lượng thuốc nổ đơn vị tiêu chuẩn để hình thành phễu nổ một lỗ mìn đơn độc cho chủng loại đất đá nghiên cứu, kg/m^3 ; k_c - Hệ số ảnh hưởng của cấu trúc đất đá (đặc tính thể nằm, phân lớp, độ nhớt chống lại nổ mìn,...); k_{ne} - Hệ số đặc trưng cho mức độ nén ép của gương thi công công trình ngầm từ phía đất đá bao quanh; $k_{ne}=1,5 \div 1,0$ - Khi tồn tại một mặt phẳng tự do; k_{mdnb} - Hệ số xét tới mật độ nạp của "bua mìn"; k_{tn} - Hệ số ảnh hưởng của khả năng làm việc của thuốc nổ; k_{mdn} - Hệ số ảnh hưởng của mật độ nạp thuốc nổ trong lỗ mìn.

Theo Mindel E.O., chỉ tiêu thuốc nổ "q" có thể tính theo công thức [9]:

$$q = k_{tn} \cdot (2,92 + 0,135 \cdot f + 5,4/S_{tc} - 0,004 \cdot d_{tt} - 2,22 \cdot \eta - 0,48 \cdot l_{lk} + 0,096 \cdot l_{lk}^2 + 0,0008 \cdot H + 0,0000003 \cdot H^2), \text{ kg/m}^3. \quad (8)$$

Tại đây: k_{tn} - Hệ số xét tới khả năng công nổ của thuốc nổ được tính theo công thức (16), (17); f - Hệ số kiên cố của đất đá; d_{tt} - Đường kính của thoi thuốc nổ; l_{lk} - Chiều sâu lỗ mìn; η - Hệ số sử dụng lỗ mìn; H - Độ sâu bố trí công trình ngầm (chỉ tính đến trong trường hợp $H > 500 \text{ m}$).

Theo Taranov P.Ia., lượng thuốc nổ đơn vị "q" có thể tính theo công thức [7]:

$$q = \left\{ 0,4 \cdot \left[\sqrt{(0,2 \cdot f)} \right] + \frac{1}{S_{tc}} \cdot k_{tn} \cdot k_{lm} \right\}, \text{ kg/m}^3. \quad (9)$$

Tại đây: k_{tn} - Hệ số xét đến khả năng làm việc của thuốc nổ; k_{lm} - Hệ số ảnh hưởng của chiều dài lỗ mìn.

Theo Ibraev S.I., lượng thuốc nổ đơn vị "q" có thể tính theo công thức [7]:

$$q = \left(\frac{\sqrt{f} - k_{chl} \cdot \sqrt{S_{tc}}}{k_{tn}} \right), \text{ kg/m}^3. \quad (10)$$

Tại đây: k_{chl} - Hệ số phụ thuộc vào chủng loại công trình ngầm; $k_{chl}=0,25 \div 0,3$ - Cho các công trình ngầm nằm ngang, nằm nghiêng; $k_{chl}=0,12 \div 0,15$ - Cho giếng đứng; $k_{tn}=0,8 \div 1,4$ - Hệ số tập trung năng lượng tương đối trong một đơn vị thể tích thoi thuốc nổ.

Theo Nurmukhamedov Iu.K., lượng thuốc nổ đơn vị "q" có thể tính theo công thức [1]:

$$q = \left\{ 0,5 \cdot k_{tn} \cdot \left[0,4 \cdot \left(\sqrt{0,2 \cdot f} + 1/\sqrt{S_{tc}} \right) \right] \cdot k_{mt} \right\}, \text{ kg/m}^3. \quad (11)$$

Tại đây: $k_{tn}=(525/P_{tn})$ - Hệ số xét đến khả năng làm việc của thuốc nổ; 525 cm^3 - Khả năng công nổ của thuốc nổ chuẩn sử dụng để so sánh; P_{tn} - Khả năng công nổ của thuốc nổ đang sử dụng trên thực tế, cm^3 ; f - Hệ số kiên cố của đất đá theo phương pháp phân loại của Protodiakonov M.M.; S_{tc} - Diện tích mặt cắt ngang thi công của công trình ngầm, m^2 ; k_{mt} - Hệ số ảnh hưởng của số lượng mặt thoáng của gương đào; $k_{mt}=1,0$ khi tồn tại một mặt thoáng; $k_{mt}=0,6 \div 0,72$ khi tồn tại hai mặt thoáng.

Để xác định "q" có thể sử dụng công thức thực nghiệm của Pokrovski N.M. [2], [4], [5]:

$$q = (q_1 \cdot k_c \cdot k_{ne} \cdot k_{tn} \cdot k_{dt}), \text{ kg/m}^3. \quad (12)$$

Tại đây: q_1 - "Lượng thuốc nổ đơn vị tiêu chuẩn" phụ thuộc vào hệ số kiên cố của đất đá f , kg/m^3 ; k_c - Hệ số cấu trúc của đất đá; k_{ne} - Hệ số nén ép của đất đá cho công tác nổ mìn phụ thuộc vào diện tích mặt cắt ngang thi công của công trình ngầm, chiều sâu của lỗ khoan và số lượng mặt phẳng tự do; k_{tn} - Hệ số xét đến khả năng làm việc của thuốc nổ " P_{tn} "; k_{dt} - Hệ số ảnh hưởng của đường kính thoi thuốc nổ " d_{tt} ".

Chỉ tiêu "lượng thuốc nổ đơn vị tiêu chuẩn" " q_1 " (kg/m^3) phụ thuộc vào hệ số kiên cố của đất đá theo Protodiakonov M.M. " f " và được xác định trên cơ sở kết quả thực nghiệm nhiều lần trên thực tế. Chỉ tiêu " q_1 " là lượng thuốc nổ cần thiết để phá vỡ $1,0 \text{ m}^3$ đá nguyên khối khi bề mặt không hạn chế, chiều sâu của từng lỗ mìn riêng lẻ $l_1=1,0 \text{ m}$, chỉ số $(r/l_1)=1$ (r - Bán kính của phễu nổ). Theo Pokrovski N.M., " q_1 " có thể xác định sơ bộ như sau [2]:

$$q_1 \approx (0,1 \cdot f), \text{ kg/m}^3. \quad (13)$$

Tại đây f - Hệ số kiên cố của đất đá theo Bảng phân loại của Protodiakonov M.M. Giá trị của chỉ tiêu "lượng thuốc nổ đơn vị tiêu chuẩn" " q_1 " (kg/m^3) còn có thể được xác định trên cơ sở số liệu Bảng 1.

Bảng 1. Chỉ tiêu "lượng thuốc nổ đơn vị tiêu chuẩn" " q_1 " [2]

f	15÷20	10÷15	8	4÷6	2÷3	2
q_1	1,2÷1,5	1÷1,1	0,7÷0,8	0,4÷0,6	0,2÷0,3	0,15

Ngoài phương pháp của Pokrovski N.M., giá trị "lượng thuốc nổ đơn vị tiêu chuẩn" q_1 có thể xác định theo công thức [2]:

$$q_1 = \frac{(2,2 + 0,5 \cdot k_c) \cdot k_{tn} \cdot k_{dt}}{\sqrt{S_{tc}}}, \text{ kg/m}^3. \quad (14)$$

Tại đây: $k_{tn} = (450/E)$; E - Khả năng công nổ của thuốc nổ đang sử dụng, kJ/kg; $k_{dt} = (36/d_{tt})$; d_{tt} - Đường kính của thuốc nổ đang sử dụng, mm; S_d - Diện tích mặt cắt ngang thi công của công trình ngầm, m^2 .

Hệ số cấu trúc của đá trong gương đào k_c được xác định bằng thực nghiệm. Chỉ tiêu k_c phụ thuộc vào đặc tính của đá, thay đổi trong khoảng $k_c = (0,8 \div 2,0)$ (Bảng 2) [2], [4].

Bảng 2. Hệ số cấu trúc của đá k_c

No	Đặc tính của đất đá	" k_c "
1	Đá dẻo, đàn hồi và có lỗ rỗng	2,0
2	Lớp đá, vỉa khoáng sản có thể nằm không đều, có đứt gãy và nứt nẻ nhỏ	1,4
3	Đá bị phân lớp, có độ bền thay đổi và mặt tạo lớp vuông góc với hướng của lỗ khoan	1,3
4	Đá có cấu tạo dạng khối tròn	1,1
5	Đá phân lớp nhỏ, không có độ chặt xít	0,8

Hệ số sức cản của đá k_{ne} xét tới phần năng lượng của thuốc nổ để khắc phục lực dính kết theo chu vi công trình ngầm khi đất đá trong gương tách khỏi khối nguyên bao quanh. Từ kết quả nghiên cứu thử nghiệm trên thực tế, Pokrovski N.M. đã nhận thấy, chỉ tiêu k_{ne} tỷ lệ nghịch với $(S_{tc})^{1/2}$, (S_{tc} - Diện tích tiết diện gương đào, m^2). Khi gương đào có một mặt phẳng tự do (gương đào toàn tiết diện), thì chỉ tiêu k_{ne} xác định theo công thức:

$$k_{ne} = [6,5 / (S_{tc})^{1/2}]. \quad (15)$$

Bảng 3. Giá trị của hệ số k_{ne}

No	Loại công trình ngầm, loại lỗ mìn đột phá	$[l_{lm} / (S_{tc})^{1/2}]$	Hệ số k_{ne}
1	Công trình ngầm bằng khi các lỗ mìn đột phá (lỗ mìn tạo rạch) dạng hình nêm và chóp nón, với công trình ngầm có một mặt phẳng tự do	0,5÷0,7	1,7÷2,0
		0,7÷1,0	2,0÷2,5
		1,0÷1,2	2,5÷3,528
		1,2÷1,6	3,5÷5,0
2	Công trình ngầm nằm ngang, đường lò nghiêng (đường lò thượng, đường lò hạ) khi đào vào khối đá không đồng nhất (có hai mặt phẳng tự do) nếu bố trí trong:		
		Đá trụ	1,6
		Đá vách	1,2
		Đá bên hông công trình ngầm, đường lò	1,4
3	Công trình ngầm nằm ngang, đường lò nghiêng (đường lò thượng, đường lò hạ) khi đào vào than, có một mặt phẳng tự do, tiến độ đào gương bằng 1,2÷2,0 m, khi chiều dày của vỉa than thay đổi trong khoảng:		
		0,7÷1,0 m	4,0
		1,0÷1,3 m	3,0

Tại đây: S_{tc} - Diện tích mặt cắt ngang thi công của công trình ngầm, m^2 .

Công thức (15) cho thấy: giá trị của hệ số k_{ne} phải lớn hơn hoặc bằng 1,5. Do đó, công thức (14) chỉ được áp dụng khi $S_{tc} \leq 18,0 \text{ m}^2$. Nếu công trình ngầm có $S_{tc} \geq 18,0 \text{ m}^2$, thì mặc dù công trình ngầm có một mặt phẳng tự do vẫn phải chọn hệ số k_{ne} như trong trường hợp hai mặt phẳng tự do, nghĩa là $k_{ne} = 1,2 \div 1,5$. Khi gương đào có hai mặt phẳng tự do (gương đào theo dạng bậc), thì giá trị của hệ số k_{ne} lấy bằng $v = 1,2 \div 1,5$. Nếu công trình ngầm đào trong khối đá không đồng nhất, khi nổ mìn tại gương đá có thể lấy $k_{ne} = 1,2$ nếu phần gương đá bố trí tại vách vỉa; còn $k_{ne} = 1,3$ khi phần gương đá bố trí tại hông lò và $k_{ne} = 1,5$ khi phần gương đá bố trí phía trụ của vỉa.

Ngoài công thức (15) của Pokrovski N.M., khi gương đào có một mặt phẳng tự do, hệ số k_{ne} còn được tính theo công thức của Taranov I.A. [2]:

$$k_{ne} = [3 \cdot l_{lm} / (S_{tc})^{1/2}]. \quad (16)$$

Trong đó: l_{lm} - Chiều sâu lỗ mìn, m.

Tương tự như trên, khi sử dụng công thức (16) cũng phải cần lưu ý sao cho giá trị của nó phải lớn hơn 1,5. Nghĩa là, phải lựa chọn chiều sâu lỗ mìn hợp lý. Taranov I.A. đề nghị: đối với đường lò xuyên vỉa thì giá trị của hệ số k_{ne} phải được chọn theo tỷ số $[l_{lm} / (S_{tc})^{1/2}] = (0,5 \div 1,5)$ để giá trị $k_{ne} = 1,5 \div 4,5$; còn đối với các công trình ngầm khác, giá trị của hệ số k_{ne} có thể lựa chọn theo Bảng 3.

Các công thức (15), (16) cho thấy: khi giá trị diện tích tiết diện gương đào tăng lên, thì chi phí thuốc nổ sẽ giảm đi do giảm được sự ảnh hưởng của sức cản khối đá xung quanh (thể hiện qua hệ số k_{ne}). Tuy nhiên, trên thực tế khi $S_{tc} > 18 \div 20 \text{ m}^2$, thì chi phí thuốc nổ sẽ trở nên gần như không đổi (do hệ số k_{ne} ít thay đổi).

Trong công thức (11), hệ số xét đến khả năng làm việc của thuốc nổ " k_{tn} " được xác định từ công thức [2], [4]:

$$k_{tn} = (A_{tc}/A_{sd}). \quad (17)$$

Tại đây: A_{tc} - Khả năng công nổ của loại thuốc nổ tiêu chuẩn (thuốc nổ "Amonit N^o6JV", $A_{tc}=3800$ kJ/kg), kJ/kg; A_{sd} - Khả năng công nổ của loại thuốc nổ đang sử dụng trên thực tế, kJ/kg.

Hệ số " k_{tn} " còn có thể tính theo công thức [3]:

$$k_{tn} = (380/P_{tn}). \quad (18)$$

Tại đây: 380 cm^3 - Khả năng công nổ của thuốc nổ dinamit 62 % được sử dụng làm thuốc nổ chuẩn để so sánh; P_{tn} - Khả năng công nổ của thuốc nổ đang sử dụng trên thực tế, cm^3 . Hệ số " k_{tn} " dùng để điều chỉnh chủng loại thuốc nổ áp dụng tùy theo khả năng công nổ của loại thuốc nổ đang dùng.

Hệ số " k_{dt} " xem xét sự ảnh hưởng của đường kính thời thuốc nổ " d_{tt} " đến " q " xác định từ công thức [2]:

$$k_{dt} = (32/d_{tt}). \quad (19)$$

Tại đây: 32 - Đường kính của thời thuốc nổ tiêu chuẩn đã chọn, mm; d_{tt} - Đường kính của thời thuốc nổ đang sử dụng, mm.

Các phương pháp, công thức xác định " q " trên đây đã xét tới một số yếu tố ảnh hưởng chính như sau:

- Chủng loại công trình ngầm;
- Độ sâu bố trí công trình ngầm "H";
- Hệ số kiên cố đất đá theo Protodiakonov M.M.;
- Cấu trúc của đất đá;
- Diện tích mặt cắt ngang thi công của công trình ngầm " S_{tc} ";
- Chiều sâu của lỗ khoan, lỗ mìn " l_{lk} ";
- Hệ số sử dụng lỗ mìn " η ";
- Khả năng làm việc, khả năng công nổ của thuốc nổ " P_{tn} ";
- Đường kính thời thuốc nổ " d_{tt} ";
- Mật độ nạp thuốc nổ trong lỗ mìn;
- Khả năng tập trung năng lượng tương đối trong một đơn vị thể tích thời thuốc nổ;
- Mật độ nạp của "bua mìn";
- Cấu trúc của cột thuốc nổ;
- Hệ số nén ép đất đá cho công tác nổ mìn " k_{ne} ";
- Số lượng mặt thoáng trên gương thi công công trình ngầm;...

Tuy nhiên, các công thức tính " q " trên đây vẫn có rất nhiều nhược điểm:

- Mỗi công thức, phương pháp mới chỉ xét đến một số yếu tố chính trong tổ hợp các yếu tố ảnh hưởng;
- Chưa có công thức xét đến phần lớn hay toàn bộ các yếu tố ảnh hưởng chính;
- Nhiều yếu tố ảnh hưởng vẫn còn mơ hồ, chưa có đánh giá định lượng;
- Nhiều công thức vẫn chưa xét tới một số yếu tố ảnh hưởng khác: đặc tính phân lớp, phân phiến của đất đá; mức độ nứt nẻ của đất đá; mức độ

sũng nước của môi trường nổ; mật độ nạp thuốc nổ trong lỗ mìn và các yếu tố khác.

Vì vậy, khó có thể sử dụng các công thức trên để dự báo chuẩn xác giá trị lượng thuốc nổ đơn vị " q ".

2. Nghiên cứu đề xuất công thức mới xác định "lượng thuốc nổ đơn vị"

Để có thể xây dựng phương pháp xác định giá trị " q " mang tính tổng quát, có thể xét đến nhiều yếu tố ảnh hưởng chính trên thực tế có thể tiến hành theo một số bước như sau:

➢ Bước 1 - Xây dựng công thức thực nghiệm xác định giá trị "lượng thuốc nổ đơn vị tiêu chuẩn" " q_1 " có thể xét đến tối đa những yếu tố ảnh hưởng chính từ các số liệu thực tế khoan nổ mìn thi công công trình ngầm;

➢ Bước 2 - Xác định những yếu tố ảnh hưởng khác chưa xét đến trong công thức thực nghiệm xác định giá trị " q_1 " vừa tìm ra tại Bước 1;

➢ Bước 3 - Xác định sự ảnh hưởng, mức độ ảnh hưởng định lượng của các yếu tố ảnh hưởng khác chưa xét đến trong Bước 2 thông qua các hệ số ảnh hưởng " k_i " cụ thể; $i=1:n$; n - Số lượng yếu tố ảnh hưởng lớn nhất có thể xem xét;

➢ Bước 4 - Bổ sung các hệ số ảnh hưởng " k_i " vừa tìm ra tại Bước 3 vào công thức thực nghiệm xác định giá trị " q_1 " trong Bước 1 để đề xuất công thức tổng quát xác định " q " cuối cùng:

$$q = q_1 \cdot \sum_{i=1}^n k_i. \quad (20)$$

Tại đây: q_1 - Giá trị "lượng thuốc nổ đơn vị tiêu chuẩn" xác định tại bước 1; k_i - Các hệ số ảnh hưởng của từng yếu tố ảnh hưởng thứ " i " chưa xét đến trong Bước 1;

➢ Bước 5 - Thử nghiệm và điều chỉnh giá trị " q " xác định theo Bước 4, công thức (19) trên thực tế thông qua các vụ nổ thử nghiệm theo các chỉ tiêu kỹ thuật-công nghệ tối ưu. Xác định hệ số điều chỉnh thực tế " k_{tt} " để giá trị " q " đạt được giá trị hợp lý trên thực tế " q_{tt} ";

➢ Bước 6 - Xác định giá trị lượng thuốc nổ đơn vị thực tế hợp lý " q_{tt} " theo công thức:

$$q_{tt} = k_{tt} \cdot q = k_{tt} \cdot q_1 \cdot \sum_{i=1}^n k_i. \quad (21)$$

2.1. Xây dựng công thức thực nghiệm xác định giá trị "lượng thuốc nổ đơn vị" tiêu chuẩn " q_1 " có thể xét đến ba yếu tố ảnh hưởng chính từ các số liệu thu được từ thực tế

Theo [6], "lượng thuốc nổ đơn vị" " q " khi thi công công trình ngầm với một mặt thoáng (một mặt tự do) có thể xác định theo Bảng 4. Tại đây, ngoài hệ số kiên cố của đất đá " f " theo phân loại của Protodiakonov M.M. và diện tích mặt cắt ngang thi công của công

trình ngầm “ S_{tc} ”, giá trị “ q ” còn xét tới chủng loại thuốc nổ thông qua khả năng công phá “ P_{tn} ”.

Bảng 4. “*Lượng thuốc nổ đơn vị*” “ q ” khi thi công công trình ngầm với một mặt thoáng (một mặt tự do) [6]

Hệ số kiên cố “ F ”	Chủng loại thuốc nổ	P_{tn} , cm^3	S_{tc} , m^2			
			4,0÷6,0	7,0÷9,0	10,0÷12,0	13,0÷15,0
18,0÷20,0	Xkalnuri №1	450÷480	3,68	3,38	3,12	2,87
	№6 JV	360÷380	4,80	4,40	4,07	3,74
13,0÷15,0	Xkalnuri №1	450÷480	3,06	2,80	2,56	2,43
	№6 JV	360÷380	4,00	3,64	3,35	3,17
8,0÷10,0	Xkalnuri №1	450÷480	2,32	2,12	1,94	1,81
	№6 JV	360÷380	3,01	2,75	2,56	2,37
	AP-5JV	320÷330	3,20	2,92	2,68	2,50
	T19	265÷267	3,92	3,58	3,29	3,07
5,0÷6,0	Xkalnuri №1	450÷480	1,43	1,33	1,22	1,14
	№6 JV	360÷380	1,87	1,74	1,60	1,50
	AP-5JV	320÷330	1,98	1,85	1,68	1,58
	T19	265÷267	2,43	2,26	2,07	1,95
3,0÷4,0	№6 JV	360÷380	1,14	1,06	1,00	0,93
	AP-5JV	320÷330	1,36	1,25	1,18	1,10
	T19	265÷267	1,49	1,37	1,29	1,20
1,5÷2,0	№6 JV	360÷380	0,70	0,64	0,60	0,55
	AP-5JV	320÷330	0,92	0,83	0,77	0,72
	T19	265÷267	1,60	1,44	1,38	1,25

Như vậy, nếu sử dụng các số liệu của Bảng 4 để tính giá trị “lượng thuốc nổ đơn vị tiêu chuẩn” “ q_1 ” chúng ta có thể xét đến ba yếu tố ảnh hưởng chính “ F ”, “ P_{tn} ”, “ S_{tc} ” từ các số liệu thu được từ thực tế khi $S_{tc} \leq 70 m^2$. Từ các số liệu của Bảng 4, chúng tôi đã xây dựng bảng số liệu phụ thuộc giữa giá trị “lượng thuốc nổ đơn vị tiêu chuẩn” “ q_1 ” khi thi công công trình ngầm với một mặt thoáng (một mặt tự

do) với ba biến số (yếu tố) phụ thuộc “ F ”, “ P_{tn} ”, “ S_{tc} ” (Bảng 5).

Sau khi sử dụng các số liệu đầu vào của Bảng 5, chương trình tìm các hàm số thực nghiệm đa biến bằng ngôn ngữ lập trình Pascal, chúng tôi đã tìm ra 11 mô hình hồi quy (công thức thực nghiệm) đa biến $Y=F(X_1, X_2, X_3)$ tương đương $q_1=F(f, P_{tn}, S_{tc})$ có các dạng như sau:

➢ Mô hình hồi quy (công thức thực nghiệm) thứ nhất:

$$Y=0,447382+(0,003355).X_1+(0,111644).X_2+(-0,817318).X_3; R=0,797763; \quad (22)$$

➢ Mô hình hồi quy (hàm số thực nghiệm) thứ hai:

$$\ln(Y)=(-1,539910)+(0,027365).\ln(X_1)+(0,295662).\ln(X_2)+(-0,554571).\ln(X_3); R=0,976603; \quad (23)$$

➢ Mô hình hồi quy (công thức thực nghiệm) thứ ba:

$$Y=(-0,466478)+(0,082537).\ln(X_1)+(0,396061).\ln(X_2)+(-0,309869).\ln(X_3); R=0,981033; \quad (24)$$

➢ Mô hình hồi quy (công thức thực nghiệm) thứ tư:

$$\ln(Y)=(0,447382)+(0,002469).(X_1)+(0,096741).(X_2)+(-1,531809).(X_3); R=0,986955; \quad (25)$$

➢ Mô hình hồi quy (công thức thực nghiệm) thứ năm:

$$Y=(0,846481)+(-1,629797).(1/X_1)+(-1,485745).(1/X_2)+(-1,485745).(1/X_3); R=0,967230; \quad (26)$$

➢ Mô hình hồi quy (công thức thực nghiệm) thứ sáu:

$$\ln(Y)=(-1,334712)+(0,007447).\ln(X_1)+(0,062741).(X_2)+(-0,563901).\ln(X_3); R=0,976963; \quad (27)$$

➢ Mô hình hồi quy (công thức thực nghiệm) thứ bảy:

$$\ln(Y)=(-0,803251)+(-1,493839).\ln(X_1)+(-1,493839).\ln(X_2)+(-1,493839).(X_3); R=0,985676; \quad (28)$$

➢ Mô hình hồi quy (công thức thực nghiệm) thứ tám:

$$\ln(Y)=(-1,490670)+(0,001231).(X_1)+(0,299613).\ln(X_2)+(-0,555016).\ln(X_3); R=0,976664; \quad (29)$$

➢ Mô hình hồi quy (công thức thực nghiệm) thứ chín:

$$\ln(Y)=(-1,322666)+(0,000384).(X_1)+(0,063037).(X_2)+(-0,564157).\ln(X_3); R=0,976976; \quad (30)$$

➢ Mô hình hồi quy (công thức thực nghiệm) thứ mười:

$$\ln(Y)=(-0,594151)+(0,003633).(X_1)+(0,449098).\ln(X_2)+(-1,497390).(X_3); R=0,985216; \quad (31)$$

► Mô hình hồi quy (công thức thực nghiệm) thứ mười một:

$$\ln(Y) = (-0,481920) + (0,068760) \cdot \ln(X_1) + (0,096148) \cdot (X_2) + (-1,529705) \cdot (X_3); R = 0,987323. \quad (32)$$

Tại đây: F - Chung loại mô hình hồi quy (công thức thực nghiệm); $Y = q_1$ - "Lượng thuốc nổ đơn vị tiêu chuẩn", kg/m^3 ; $X_1 = f$ - Hệ số kiên cố của đất đá theo Bảng phân loại của Protodiakonov M.M.; $X_2 = P_{tn}$ - Khả năng công nổ của loại thuốc nổ sử dụng trên thực tế thi công công trình ngầm, cm^3 ; $X_3 = S_{tc}$ - Diện tích mặt cắt ngang thi công công trình ngầm, m^2 ; R - Hệ số tương quan bội.

Bảng 5. Bảng số liệu phụ thuộc giữa giá trị "lượng thuốc nổ đơn vị tiêu chuẩn" " q_1 " khi thi công công trình ngầm với một mặt thoáng (một mặt tự do) với ba biến số " f ", " P_{tn} ", " S_{tc} "

Nº	$q_1, \text{kg/m}^3$	f	P_{tn}, cm^3	S_{tc}, m^2
1	3,68	19	465	5,0
2	3,38	19	465	8,0
3	3,12	19	465	11,0
4	2,87	19	465	14,0
5	4,80	19	370	5,0
6	4,40	19	370	8,0
7	4,07	19	370	11,0
8	3,74	19	370	14,0
9	3,06	14	465	5,0
10	2,80	14	465	8,0
11	2,56	14	465	11,0
12	2,43	14	465	14,0
13	4,00	14	370	5,0
14	3,64	14	370	8,0
15	3,35	14	370	11,0
16	3,17	14	370	14,0
17	2,32	9	465	5,0
18	2,12	9	465	8,0
19	1,94	9	465	11,0
20	1,81	9	465	14,0
21	3,01	9	370	5,0
22	2,75	9	370	8,0
23	2,56	9	370	11,0
24	2,37	9	370	14,0
25	3,20	9	325	5,0
26	2,92	9	325	8,0
27	2,68	9	325	11,0
28	2,50	9	325	14,0
29	3,92	9	266	5,0
30	3,58	9	266	8,0
31	3,29	9	266	11,0
32	3,07	9	266	14,0
33	1,43	5,5	465	5,0
34	1,33	5,5	465	8,0
35	1,22	5,5	465	11,0
36	1,14	5,5	465	14,0

Nº	$q_1, \text{kg/m}^3$	f	P_{tn}, cm^3	S_{tc}, m^2
37	1,87	5,5	370	5,0
38	1,74	5,5	370	8,0
39	1,60	5,5	370	11,0
40	1,50	5,5	370	14,0
41	1,98	5,5	325	5,0
42	1,85	5,5	325	8,0
43	1,68	5,5	325	11,0
44	1,58	5,5	325	14,0
45	2,43	5,5	266	5,0
46	2,26	5,5	266	8,0
47	2,07	5,5	266	11,0
48	1,95	5,5	266	14,0
49	1,14	3,5	370	5,0
50	1,06	3,5	370	8,0
51	1,00	3,5	370	11,0
52	0,93	3,5	370	14,0
53	1,36	3,5	325	5,0
54	1,25	3,5	325	8,0
55	1,18	3,5	325	11,0
56	1,10	3,5	325	14,0
57	1,49	3,5	266	5,0
58	1,37	3,5	266	8,0
59	1,29	3,5	266	11,0
60	1,20	3,5	266	14,0
61	0,70	1,75	370	5,0
62	0,64	1,75	370	8,0
63	0,60	1,75	370	11,0
64	0,55	1,75	370	14,0
65	0,92	1,75	325	5,0
66	0,83	1,75	325	8,0
67	0,77	1,75	325	11,0
68	0,72	1,75	325	14,0
69	1,60	1,75	266	5,0
70	1,44	1,75	266	8,0
71	1,38	1,75	266	11,0
72	1,25	1,75	266	14,0

Sau khi so sánh giá trị hệ số tương quan bội của các mô hình hồi quy (công thức thực nghiệm) (22)-(32) chúng tôi xác định: mô hình hồi quy (công thức thực nghiệm) (32) có giá trị hệ số tương

quan bội lớn nhất $R = 0,987323$. Mô hình hồi quy (công thức thực nghiệm) (32) có thể chuyển về dạng sau đây:

$$q_1 = a_1 \cdot (f)^{a_2} \cdot e^{(a_3 \cdot P_{tn})} \cdot e^{(a_4 \cdot S_{tc})} \text{ hay} \quad (33)$$

$$\ln(q_1) = \ln(a_1) + a_2 \cdot \ln(f) + a_3 \cdot (P_{tn}) + a_4 \cdot (S_{tc}) \quad (34)$$

Sau khi so sánh (34) với (32) rút ra: $a_1 = 0,617597$; $a_2 = 0,068760$; $a_3 = 0,096148$; $a_4 = -1,529705$. Từ đây:

$$q_1 = [a_1 \cdot f^{a_2} \cdot e^{(a_3 \cdot P_{tn})} \cdot e^{(a_4 \cdot S_{tc})}] \cdot \text{kg/m}^3. \quad (35)$$

Mô hình hồi quy (35) có thể sử dụng làm cơ sở cơ bản ban đầu để xác định "lượng thuốc nổ đơn vị tiêu chuẩn" q_1 trên thực tế.

2.2. Xác định các yếu tố ảnh hưởng và mức độ ảnh hưởng của chúng đến giá trị "lượng thuốc nổ đơn vị" q

Mô hình hồi quy (công thức thực nghiệm) (35) xác định "lượng thuốc nổ đơn vị tiêu chuẩn" q_1 đã xét đến ba yếu tố ảnh hưởng quan trọng nhất: hệ số kiên cố của đất đá f theo Bảng phân loại của Protodiakonov M.M.; khả năng công nổ P_{tn} (cm^3) của chủng loại thuốc nổ sử dụng trên thực tế thi công công trình ngầm; diện tích mặt cắt ngang thi công công trình ngầm S_{tc} (m^2). Tuy nhiên, q là một hàm số của nhiều biến số (1), trong đó có "lượng thuốc nổ đơn vị tiêu chuẩn" q_1 .

Việc xem xét ba yếu tố (biến số) tại đây chưa thể mang lại một công thức thực nghiệm mang tính tổng quát có thể xác định q . Vì vậy, tại đây nên bổ sung thêm những yếu tố khác trên thực tế vào mô hình hồi quy (công thức thực nghiệm) (35).

Từ những nghiên cứu của một số tác giả trên thế giới (mục 1), các công thức xác định "lượng thuốc nổ đơn vị" q (2)-(12) nên nghiên cứu bổ

$$q = \left\{ [a_1 \times (f)^{(a_2)} \times (e)^{(a_3 \cdot P_{tn})} \times (e)^{(a_4 \cdot S_{tc})}] \times k_c \times k_{ne} \times k_{lm} \times k_{dt} \times k_{mt} \right\}, \text{kg/m}^3. \quad (37)$$

Tại đây: q - "Lượng thuốc nổ đơn vị", kg/m^3 ; $a_1 \div a_4$ - Các hệ số hồi quy (hệ số toán học xấp xỉ thực nghiệm) tại các biến số độc lập của các mô hình hồi quy (công thức thực nghiệm) (35); $a_1 = 0,617597$; $a_2 = 0,068759$; $a_3 = 0,096148$; $a_4 = -1,529705$; f - Hệ số kiên cố của đất đá theo Bảng phân loại của Protodiakonov M.M.; S_{tc} - Diện tích mặt cắt ngang thi công công trình ngầm, m^2 ; k_c - Hệ số cấu trúc của đất đá; k_{ne} - Hệ số nén ép của đất đá; k_{lm} - Hệ

$$q = \left\{ [a_1 \times (f)^{(a_2)} \times (e)^{(a_3 \cdot P_{tn})} \times (e)^{(a_4 \cdot S_{tc})}] \times k_c \times \left(\frac{3 \cdot l_{lk}}{\sqrt{S_{tc}}} \right) \times [a_5 \times (e)^{(a_6 \cdot l_{lk})} \times (f)^{(a_7)}] \times \left(\frac{32}{d_{tt}} \right) \times k_{mt} \right\}, \text{kg/m}^3. \quad (38)$$

Tại đây: l_{lk} - Chiều sâu lỗ khoan, m; $a_5 = 0,612586$; $a_6 = 0,042487$; $a_7 = 0,182312$; d_{tt} - Đường kính thời thuốc nổ.

3. Kết luận

Bài báo đã nghiên cứu hoàn thiện phương pháp xác định "lượng thuốc nổ đơn vị" q trên cơ sở đề xuất mô hình hồi quy phụ thuộc vào một số yếu tố (biến số) ảnh hưởng chủ yếu. Tuy nhiên, các công thức thực nghiệm đề xuất vẫn chưa xét đến một số

sung sự ảnh hưởng của một số yếu tố khác thông qua các hệ ảnh hưởng sau đây:

➤ Hệ số cấu trúc của đất đá k_c được xác định bằng phương pháp thực nghiệm tùy thuộc vào các đặc tính của đất đá và thay đổi trong khoảng $k_c = (1,3 \div 2,0)$ (Bảng 1);

➤ Hệ số nén ép k_{ne} của đất đá có thể xác định theo công thức (15), (16), Bảng 3;

➤ Hệ số xét đến khả năng làm việc của thuốc nổ có thể xác định theo công thức k_{tn} (17), (18);

➤ Hệ số k_{dt} xem xét sự ảnh hưởng của đường kính thời thuốc nổ d_{tt} có thể xác định theo công thức (19);

➤ Hệ số k_{lm} xét tới sự ảnh hưởng của chiều sâu lỗ khoan. Hệ số k_{lm} phải xác định từ kết quả nổ thử nghiệm trên thực tế. Sơ bộ có thể tham khảo kết quả nghiên cứu xác định hệ số k_{lm} theo công thức như sau [10];

$$k_{lm} = 0,61258636 \times (e)^{(0,042486855 \cdot l_{lk})} \times (f)^{(0,18231178)}. \quad (36)$$

Tại đây: l_{lk} - Chiều sâu lỗ khoan, m; f - Hệ số kiên cố của đất đá theo Bảng phân loại của Protodiakonov M.M..

2.4. Xây dựng công thức thực nghiệm xác định giá trị "lượng thuốc nổ đơn vị" q có thể xét đến tối đa những yếu tố ảnh hưởng

Sau khi kết hợp mô hình hồi quy (35) với các hệ số, biểu thức thể hiện các yếu tố ảnh hưởng khác đã đề xuất, chúng tôi tìm ra các công thức thực nghiệm tổng quát xác định "lượng thuốc nổ đơn vị" q :

số xét tới sự ảnh hưởng của chiều sâu lỗ khoan có thể sử dụng sơ bộ công thức (36); k_{lm} - Hệ số xét đến khả năng làm việc của thuốc nổ đang sử dụng; k_{dt} - Hệ số xét đến đường kính d_{tt} của thời thuốc nổ; k_{mt} - Hệ số ảnh hưởng của số lượng mặt thoáng của gương đào; $k_{mt} = 1,0$ khi tồn tại một mặt thoáng; $k_{mt} = 0,6 \div 0,72$ khi tồn tại hai mặt thoáng.

Công thức thực nghiệm (37) chi tiết xác định "lượng thuốc nổ đơn vị" q có dạng:

yếu tố ảnh hưởng khác (mật độ của thuốc nổ; chiều dài nút mìn (bua mìn);...). Vì vậy, các công thức thực nghiệm trên đây vẫn phải tiếp tục xem xét để hoàn thiện trong tương lai. □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Нурмухамедов Ю.К. Примеры и задачи по технологии горного производства. Издательство "Недра". 1973. 296 с.
2. Картозия Б.А., Малышев Ю.Н., Федунец

Б.И. и др. Шахтное и подземное строительство. Учебник для вузов. Москва. Издательство Академии Горных Наук. 1999. Т. I, II.

3. Кутузов Б.Н. Разрушение горных пород взрывом (взрывные технологии в промышленности). Учебник для вузов. Издательство Московского Государственного Горного Университета. Москва. 1994.

4. Покровский Н.М. Технология строительства подземных сооружений и шахт. Часть 2. Технология сооружения вертикальных, наклонных выработок и камер. Москва. Издательство "Недра". 1982.

5. Справочник инженера-шахтостроителя. Том I и II. Под общей редакцией В. В. Белого. Москва. Издательство "Недра". 1983.

6. Методические указания к расчетам параметров и составлению паспортов БВР при сооружении подземных горных выработок. ДГТУ. Составители: Н.Р. Шевцов, С.В. Боршевский, В.Ф. Формос, К.Н. Лабинский. Донецк. 2000. 31 с.

7. Мангуш С.К. Взрывные работы при проведении подземных горных выработок. Издательство Московского Государственного Горного Университета. Москва. 2005.

8. Мостков В.М. Подземные сооружения большого сечения. Издательство "Недра". Москва. 1974.

9. Миндели Э.О. Разрушение горных пород. Издательство "Недра". Москва. 1974.

10. Võ Trọng Hùng. Nghiên cứu hoàn thiện phương pháp xác định "lượng thuốc nổ đơn vị" khi thi công giếng đứng. Tạp chí Công nghiệp Mỏ. Số 4. Năm 2018. Trang 6÷23, 44..

Ngày nhận bài: 19/07/2018

Ngày gửi phản biện: 16/01/2018

Ngày nhận phản biện: 20/05/2019

Ngày chấp nhận đăng bài: 10/06/2019

Từ khóa: nghiên cứu hoàn thiện; "lượng thuốc nổ đơn vị"; mô hình hồi quy; công thức thực nghiệm

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 presents the study results of method determining "unit dynamite" "q" based on the proposed the regression model depending on a number of key variables.

VỀ SỰ TƯƠNG THÍCH...

(Tiếp theo trang 66)

其在深部巷道中的应用[J].煤炭学报, 2007,32(12):1233-1238.

2. 吴拥政: 锚杆杆体的受力状态及支护作用研究[D]. 北京:煤炭科学研究总院,2009.

3. 任硕. 树脂锚固左旋无纵筋螺纹钢锚杆外形优化研究[D].北京:煤炭科学研究总院,2013.

4. 康红普,吴建星. 锚杆托板的力学性能与支护效果分析[J]. 煤炭学报,2012,37(1):8-16.

5. 孟宪志. 锚杆螺母与垫圈的力学性能研究[D]. 北京:煤炭科学研究总院,2013.

6. 康红普,崔千里,胡滨,等. 树脂锚杆锚固性能及影响因素分析[J]. 煤炭学报,2014,39(1):1-10.

7. 康红普,林健,吴拥政等. 锚杆构件力学性能及匹配性. 煤炭学报. 2015,40 (1)

Ngày nhận bài: 11/12/2018

Ngày gửi phản biện: 15/02/2018

Ngày nhận phản biện: 23/04/2019

Ngày chấp nhận đăng bài: 10/06/2019

Từ khóa: kết cấu neo, cấu kiện, tính năng cơ học, tính tương thích

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

This paper analyzed the profiles, parameters and mechanical performances of the components on bolts structure and should be compatible to guarantee bolts structure laying in good stress state. Resin capsules should be compatible with the rebar and borehole to guarantee a better cohesive performance between the interfaces of bolt-resin and resin-rock.



1. Một trong những quy luật cơ bản nhất của vũ trụ chính là không có điều gì tuyệt đối hoàn hảo. *Stephen Hawking.*

19. Cảm xúc đẹp đẽ và sâu sắc nhất mà chúng ta có thể trải nghiệm đó là sự huyền bí. Nó là nguồn gốc của tất cả nghệ thuật và khoa học chân chính. *Albert Einstein.*

VTH sưu tầm