

Nghiên cứu mối quan hệ giữa sóng âm và sóng va đập không khí khi tiến hành các vụ nổ mìn

Trần Quang Hiếu^{1,2*}, Nguyễn Đình An^{1,2}, Đỗ Ngọc Hoàn^{1,2}, Lê Quý Thảo^{1,2}

¹Trường Đại học Mỏ - Địa chất

²Nhóm nghiên cứu mạnh Những tiến bộ trong Khai thác mỏ bền vững và có trách nhiệm (ISRM)

TÓM TẮT

Tiếng ồn âm thanh (sóng âm) sinh ra từ các vụ nổ mìn gây ảnh hưởng xấu đến sức khỏe, đời sống của những người thường xuyên tiếp xúc hoặc những hộ dân sống gần khu vực khai thác mỏ. Nổ mìn là khâu công nghệ quan trọng để làm tơi đất đá và khoáng sản. Hiệu quả công tác nổ mìn được đánh giá thông qua phần năng lượng hữu ích dùng để phá vỡ đất đá an toàn, hiệu quả. Ngoài ra, phần năng lượng vô ích sinh ra khi tiến hành các vụ nổ sẽ gây ra các tác động có hại ảnh hưởng đến sự an toàn của các công trình bảo vệ và sức khỏe người lao động, bao gồm: sóng chấn động, sóng đập không khí, sóng âm, bụi, đá văng, khí độc. Bài báo này tiến hành đo giám sát nổ mìn thực nghiệm nhiều vụ nổ ở nhiều mỏ khác nhau để nghiên cứu đặc điểm và mối quan hệ giữa sóng âm (tiếng ồn âm thanh) và sóng va đập không khí khi tiến hành các vụ nổ nhằm đưa ra các khuyến nghị nâng cao hiệu quả nổ mìn, đảm bảo an toàn khi tiến hành các vụ nổ mìn.

Từ khóa: Sóng âm; Tiếng ồn nổ mìn; sóng đập không khí; nổ mìn

1. Đặt vấn đề

1.1. Sóng đập không khí

Sóng đập không khí là một trong những tác nhân của vụ nổ mìn gây ra, đây là một trong những nguy hiểm tiềm tàng gây cho các công trình bảo vệ xung quanh và con người. Sự hình thành sóng đập không khí khi nổ mìn xảy ra trong kết quả tác dụng của các sản phẩm khí nổ (Hình 1). Các yếu tố về thời tiết, khí quyển như: nhiệt độ, độ ẩm, tốc độ gió, hướng gió.... có ảnh hưởng rất lớn đến sự thay đổi về cường độ sóng đập không khí tại thời điểm tiến hành các vụ nổ mìn (Đàm Trọng Thắng, Bùi Xuân Nam, Trần Quang Hiếu, 2015; Trần Quang Hiếu, Bùi Xuân Nam, Nguyễn Anh Tuấn, Lê Quý Thảo, 2017).

Thời gian tác dụng của sóng đập không khí ở gần vùng nổ không lớn, sóng tác động lên cơ thể con người dưới dạng xung. Khi đó sự sống bị đe dọa bởi chu kỳ dao động riêng của cơ thể con người và động vật cao hơn thời gian tác dụng của sóng. Khi thời hạn tác dụng của sóng đập không khí bằng $20 \div 200$ ms, chu kỳ dao động riêng của cơ thể con người được so sánh với thời gian tác dụng của sóng. Trong những trường hợp như vậy áp lực trên mặt sóng có thể gây chấn thương. Nếu áp lực lớn hơn 35 kPa thì màng nhĩ của con người bị thủng, nếu áp lực lớn hơn 100 kPa thì bắp cơ bị tê liệt. Áp lực an toàn đối với người là 10 kPa. Khi tác dụng đến con người và động vật trong thời gian $200 \div 250$ ms và hơn nữa, sóng đập không khí không chỉ nguy hiểm do áp lực mà còn do tốc độ chuyển động của dòng không khí sau mặt sóng. Khi áp lực bằng 10 MPa, tốc độ vượt quá 20 m/s, nếu thời hạn tác dụng của dòng vượt quá thời gian phản ứng của con người $200 \div 300$ ms thì động vật và con người bị lật ngã (Đàm Trọng Thắng, Bùi Xuân Nam, Trần Quang Hiếu, 2015; Trần Quang Hiếu, Bùi Xuân Nam, Nguyễn Anh Tuấn, Lê Quý Thảo, 2017). Theo QCVN 01:2019/BCT, giá trị tối đa áp suất dư và áp suất âm khi giới hạn tần số dưới của hệ thống đo dao động từ 0,1 Hz-6,0 HZ thì mức tối đa cho phép của sóng đập không khí dao động từ 129-134 dB(L) (QCVN 01:2019/BCT).

1.2. Sóng âm

Sóng âm là loại sóng cơ học lan truyền trong môi trường chất lỏng, chất rắn hoặc khí, mà sự truyền dẫn năng lượng được thực hiện thông qua sự biến đổi của áp suất và mật độ của chất đó. Khi một vật thể rung, nó tạo ra những áp suất và mật độ biến đổi xung quanh nó, tạo ra sóng âm. Các sóng âm di chuyển thông qua chất liệu bằng cách làm các phần tử của chất đó dao động dọc theo hướng truyền của sóng. Trong môi trường khí, các sóng âm thường được gọi là âm thanh. Đây là những sóng âm mà tai người có thể cảm nhận

* Tác giả liên hệ

Email: tranquanghieu@hmg.edu.vn

được, với tần số từ khoảng 20 Hz đến 20 kHz (QCVN 26:2010/BTNMT; Đàm Trọng Thắng, Bùi Xuân Nam, Trần Quang Hiếu, 2015; Садовский М. А., 2004; H. S. Yang and N. S. Kim, 1999).

* Sóng âm được chia thành 3 loại: Sóng hạ âm: $f < 16$ Hz; Âm thanh: có f từ 16 Hz đến 20000 Hz và Sóng siêu âm: $f > 20000$ Hz = 20 KHz.

Khi sóng âm lan truyền đến tai người, nó sẽ làm cho màng nhĩ cũng dao động cùng với tần số của sóng đó. Và từ màng nhĩ những sóng âm này truyền qua hệ thần kinh của bộ não tạo ra cảm giác cảm thụ âm, gây khó chịu cho người nghe, tiếng ồn ảnh hưởng tới quá trình làm việc, nghỉ ngơi và tác động trực tiếp đến sức khỏe con người như: giảm thính lực, cao huyết áp, tim mạch, các bệnh đường tiêu hóa, rối loạn giấc ngủ, thay đổi chức năng miễn dịch. Theo “Quy chuẩn kỹ thuật Quốc gia về tiếng ồn” đã quy định giới hạn tối đa các mức tiếng ồn hợp lý, không gây hại đến sức khỏe con người trong khoảng thời gian từ 6h00’ - 21h00’ hôm trước và từ 21h00’ - 6h00’ hôm sau với giá trị dao động từ 55 dB(A)-70 dB(A) (QCVN 26:2010/BTNMT).

1.3. Những điểm khác nhau cơ bản giữa sóng âm và sóng va đập không khí

Sóng âm và sóng đập không khí đều là loại sóng áp suất truyền qua môi trường như không khí, nước hoặc vật liệu rắn, nhưng có những điểm khác nhau cơ bản, như:

* Về Tốc độ lan truyền:

- Sóng âm: lan truyền với vận tốc bằng vận tốc âm thanh trong môi trường mà chúng truyền qua. Trong không khí ở mực nước biển, tốc độ này là khoảng 343 mét/giây.

- Sóng đập không khí: Sóng xung kích truyền đi nhanh hơn tốc độ âm thanh. Chúng được đặc trưng bởi sự gia tăng mạnh về áp suất do sự xáo trộn đột ngột và mạnh mẽ, như sinh ra từ các vụ nổ mìn. Tốc độ của va đập không khí có thể nhanh hơn nhiều lần tốc độ âm thanh trong cùng một môi trường.

* Về cường độ sóng:

- Sóng âm: thường là sóng cường độ thấp có thể được tạo ra bởi nhiều nguồn khác nhau, chẳng hạn như lời nói, âm nhạc hoặc máy móc.

- Sóng đập không khí: là sóng có cường độ cao với sự thay đổi áp suất nhanh và mạnh. Trong trường hợp xảy ra vụ nổ, sóng va đập không khí được tạo ra do sự giải phóng năng lượng đột ngột, dẫn đến áp suất và nhiệt độ tăng nhanh.

* Về hiệu ứng âm thanh:

- Sóng âm: thường được tai người cảm nhận là âm thanh có thể nghe được. Chúng có thể di chuyển quãng đường dài và được sử dụng để liên lạc, điều hướng và nhiều mục đích khác.

- Sóng đập không khí: có thể gây ra thiệt hại và sức tàn phá đáng kể do áp suất và năng lượng cao. Trong bối cảnh xảy ra vụ nổ, sóng xung kích có thể làm vỡ cửa sổ, làm sập các công trình và gây thương tích hoặc tử vong cho những người ở gần đó.

* Về hình dạng biểu đồ áp suất trên mặt sóng:

- Sóng âm có dạng dao động theo chu kỳ hình sin (nếu có hình vẽ thì tốt);

- Sóng đập không khí có dạng độc biên (hình 1)

2. Ảnh hưởng của sóng va đập không khí và sóng âm thanh khi tiến hành các vụ nổ mìn

2.1. Ảnh hưởng của sóng va đập không khí khi tiến hành các vụ nổ mìn

Sóng đập không khí là một trong những biểu hiện có hại sinh ra từ các nổ mìn. Thời gian tác dụng của sóng va đập không khí ở gần vùng nổ không lớn, sóng tác động lên cơ thể con người dưới dạng xung. Khi đó sự sống bị đe dọa bởi chu kỳ dao động riêng của cơ thể con người và động vật cao hơn thời gian tác dụng của sóng.

Садовский М. А (Садовский М. А., 2004) đã giới thiệu công thức tính áp lực trên mặt sóng khi nổ lượng thuốc trôttin theo biểu thức sau:

$$P = 7 \frac{Q}{R^3} + 2,7 \frac{Q^{2/3}}{R^2} + 0,84 \frac{Q^{1/3}}{R}, \text{ kG/cm}^2 \quad (1)$$

trong đó:

Q - khối lượng thuốc nổ, kg;

R - khoảng cách tác dụng, m.

Khi nổ lượng thuốc dài phân bố trên mặt đất thì áp lực sóng xác định theo công thức:

$$P = 28 \frac{Q}{LR^2} + 6,9 \left(\frac{Q}{LR^2} \right)^{2/3} + 1,3 \left(\frac{Q}{LR^2} \right)^{1/3}, \text{ kG/cm}^2 \quad (2)$$

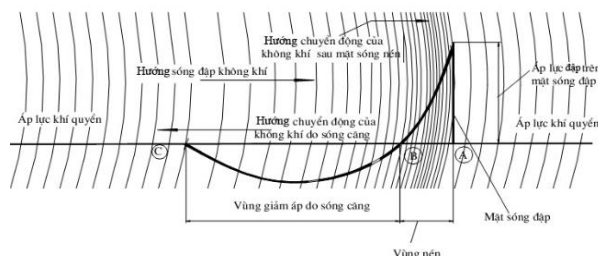
trong đó: L - chiều dài lượng thuốc, m.

Tuy nhiên, thực nghiệm (Садовский М. А., 2004) đã chỉ ra rằng, khi nổ lượng thuốc đắp ngoài thì $30 \div$

50% năng lượng nổ chuyển thành sóng đập. Đối với trường hợp này có thể sử dụng công thức sau để xác định áp lực (P_a) trên mặt sóng:

$$P_a = (5.3 \pm 2.4)k_m \left(\sqrt[3]{\frac{Q}{R}} \right)^{1.5} \cdot 10^5, \text{ kG/cm}^2 \quad (3)$$

trong đó: k_m - hệ số ảnh hưởng bởi yếu tố thời tiết.



Hình 1. Sự thay đổi áp lực không khí sau mặt sóng đập khi nổ mìn [3]

Khi nổ lượng thuốc dài trong lỗ khoan phân bố vuông góc với mặt tự do thì các thông số của sóng cao hơn 5 ÷ 8 lần so với lượng thuốc bố trí song song với bề mặt đó. Khi phân bố vuông góc 10 ÷ 54% năng lượng nổ tạo thành sóng đập không khí.

Khi nổ lượng thuốc nổ trong lỗ khoan, áp lực sóng đập không khí xác định theo công thức (Đàm Trọng Thắng, Bùi Xuân Nam, Trần Quang Hiếu, 2015; Садовский М. А, 2004):

$$P_a = (5,3 \pm 2,4)K_m \cdot K_g \cdot \sqrt{n} \cdot (23 \frac{d_k}{r})^{2/3} \cdot 10^5, \text{ kG/cm}^2 \quad (4)$$

trong đó:

d - đường kính lỗ khoan, cm;

n - số lượng lỗ khoan nổ đồng thời trong nhóm vì sai.

K_m - hệ số ảnh hưởng bởi yếu tố thời tiết (mùa đông $K_m = 3$, các mùa còn lại $K_m = 2$);

K_g - hệ số ảnh hưởng của búa mìn đến cường độ sóng đập không khí (khi nạp thuốc đến miệng lỗ khoan $K_g = 1$; Khi chiều dài búa $l_s = 20 \cdot d$ thì $K_g = 0,4$;

2.2. Ảnh hưởng của sóng âm thanh khi tiến hành các vụ nổ mìn

Khi nổ mìn, tiếng ồn sinh ra từ các vụ nổ khá lớn, đây là một yếu tố có hại cũng như yếu tố có hại của sóng va đập không khí đã nói ở trên. Mức áp suất âm thanh dB(A) được biểu thị bằng thang chỉ số và nó được xác định theo công thức (Trần Quang Hiếu, Bùi Xuân Nam, Nguyễn Hoàng, Đỗ Ngọc Hoàn, Nguyễn Trung Tinh, 2022; IOERSNU, 2000; ONECRC, 2007):

$$SPL = 20 \log \left(\frac{P}{P_0} \right) \quad (5)$$

trong đó:

SPL - mức áp suất âm thanh, dBA;

P - áp suất âm thanh tham chiếu (2×10^{-5} Pa), là áp suất âm thanh thấp nhất mà một người có thể nhận ra.

Mức độ suy giảm theo khoảng cách của tiếng ồn phụ thuộc vào loại và dạng của nguồn gây ra tiếng ồn. Nếu nguồn tiếng ồn được giả định là nguồn âm thanh điểm, thì mức độ suy giảm theo khoảng cách của tiếng ồn được xác định theo công thức (Chung-Won Lee, Jiseong Kim, Gi-Chun Kang, 2018) :

$$SPL = SPL_0 - 20 \log \left(\frac{r}{r_0} \right) \quad (6)$$

trong đó:

SPL - mức độ tiếng ồn, dB(A);

SPL_0 - mức tiếng ồn tổng hợp, dB (A);

r - khoảng cách từ vị trí nổ mìn (nguồn sinh ra tiếng ồn đến điểm đo giám sát), m;

r_0 - khoảng cách từ nguồn gây ra tiếng ồn đến điểm cơ bản, m.

Khi cường độ tần số thay đổi, cảm giác của mức áp suất âm thanh thay đổi theo cơ thể người, do đó giá trị được hiệu chỉnh dựa trên đường cong độ nhạy cảm giác dựa trên tần số trung tâm 1.000 Hz. Nhóm tác giả H. S. Yang and N. S. Kim [10] đã đưa ra phương trình dự đoán tiếng ồn nổ mìn:

$$dB(A) = 20 \log \left(\frac{P}{P_0} \right) ; \quad P = 82 \left(\frac{D}{\sqrt[3]{W}} \right)^{-1,2} \quad (7)$$

trong đó:

P_0 - áp suất âm thanh (2×10^{-5} Pa);

W- khối lượng thuốc nổ lớn nhất trong một nhóm vi sai, kg;

D- khoảng cách từ vị trí nổ mìn đến điểm đo giám sát tiếng ồn, m.

Đề dự báo tiếng ồn sinh ra từ các vụ nổ mìn, tác giả ONECRC (ONECRC, 2007) đã xây dựng một phương trình dự báo như sau:

$$dB(A) = -16,02 \log \left(\frac{D}{\sqrt[3]{W}} \right) + 97,46 \quad (8)$$

trong đó:

W- khối lượng thuốc nổ lớn nhất trong một nhóm vi sai, kg;

D- khoảng cách từ vị trí nổ mìn đến điểm đo giám sát tiếng ồn, m.

Tác giả IOERSNU (IOERSNU, 2000) đã đưa ra phương trình dự đoán tiếng ồn:

$$dB(A) = -14,05 \log \left(\frac{D}{\sqrt[3]{W}} \right) + 97,46 \quad (9)$$

trong đó:

W- khối lượng thuốc nổ lớn nhất trong một nhóm vi sai, kg;

D- khoảng cách từ vị trí nổ mìn đến điểm đo giám sát tiếng ồn, m.

Nhóm tác giả H.S. Yang và N.S. Kim (H. S. Yang and N. S. Kim, 1999) đã đề xuất phương trình dự báo tiếng ồn như sau:

$$dB(A) = -14,0 \log \left(\frac{D}{\sqrt[3]{W}} \right) + 88,1 \quad (10)$$

Tác giả M.J. Crocker (M. J. Crocker, 2007) đã đưa ra phương trình dự báo để giảm tiếng ồn nổ mìn:

$$dB(A) = 120 - SPL \quad (11)$$

trong đó

$$SPL = 20 \log r - 8;$$

r- khoảng cách từ vị trí nổ mìn đến vị trí giám sát ảnh hưởng, m.

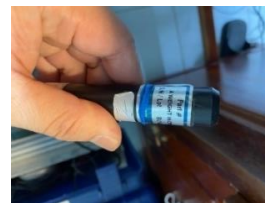
3. Nghiên cứu thực nghiệm xác định mối quan hệ giữa sóng âm và sóng đập không khí trong các vụ nổ mìn

Trong công tác quản lý an toàn sử dụng vật liệu nổ công nghiệp, Bộ công thương đã ban hành QCVN 01:2019/BCT đề quy định yêu cầu phải giám sát ảnh hưởng tác động sóng đập không khí, đảm bảo an toàn người và cho các công trình cần bảo vệ. Trong các nghiên cứu (QCVN 01:2019/BCT; QCVN 26:2010/BTNMT; Đàm Trọng Thắng, Bùi Xuân Nam, Trần Quang Hiếu, 2015) cũng cho thấy từ các kết quả, số liệu đo giám sát từ các thiết bị chuyên dụng cho phép dự báo, tính toán tối ưu hóa các vụ nổ mìn nhằm đảm bảo an toàn và hiệu quả trước khi tiến hành các vụ nổ mìn. Tuy nhiên chưa có nghiên cứu đề cập, đưa đánh giá ảnh hưởng của sóng âm (tiếng ồn nổ mìn) để các cơ quan chức năng có cơ sở kiểm tra, giám sát. Do vậy, bài báo này tiến hành nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm để xác định mối quan hệ giữa sóng âm (tiếng ồn âm thanh) và sóng đập không khí nhằm khi tiến hành các vụ nổ mìn. Nghiên cứu đã sử dụng thiết bị đo có gắn các đầu đo âm thanh và sóng đập không khí chuyên dụng Blastmate-III (Canada) (hình 2) để đo các kết quả về sóng đập không khí và tiếng ồn âm thanh cùng thời điểm tiến hành các vụ nổ để so sánh, đối chiếu. Kết quả nghiên cứu cho phép xác định ban đầu mối quan hệ giữa sóng âm và sóng va đập không khí khi tiến hành các vụ nổ, từ đó cho phép ra các giải pháp kiểm soát, giảm thiểu sóng đập không khí, tiếng ồn nổ mìn, góp phần nâng cao hiệu quả sản xuất cho doanh nghiệp, bảo vệ sức khỏe cho người công nhân và những người dân sống gần khu vực khai thác.

Nhóm nghiên cứu đã tiến hành đo thực nghiệm, giám sát ảnh hưởng của sóng âm, sóng đập không khí tại một số mỏ như sau: Mỏ đá vôi Ấng Dâu-Xi măng Hoàng Thạch; Mỏ đá vôi Kỳ Phú, Ninh Bình (Trần Quang Hiếu, Bùi Xuân Nam, Nguyễn Hoàng, Đỗ Ngọc Hoàn, Nguyễn Trung Tĩnh, 2022); Mỏ đồng Tả Phời, tỉnh Lào Cai và giám sát tại dự án nổ mìn thi công hầm dẫn nước của nhà máy thủy điện Hòa Bình mở rộng. Các vụ nổ được thực hiện nổ và đo đồng thời trong cùng các điều kiện. Các kết quả đo được trình bày trong bảng 1.



a. Microphone Blasmate III (Linear Mic)
đo sóng đập không khí



b. Microphone Blasmate III (A Weight)
đo sóng âm thanh

Hình 2. Microphone Blasmate III chuyên dụng đo ảnh hưởng của sóng đập không khí (a) và sóng âm (b)



a. Đo giám sát tại mỏ đồng Tả Phời

b. Đo giám sát tại dự án thủy điện Hòa Bình mở rộng

Hình 3. Hai thiết bị đo giám sát đặt gần nhau để cùng đo đồng thời ảnh hưởng của sóng âm và sóng va đập không khí khi tiến hành vụ nổ mìn

Bảng 1. Một số kết quả đo ảnh hưởng nổ mìn của sóng âm dB(A) và sóng va đập không khí dB(L) tại các khu vực thực hiện giám sát

TT	Khối lượng thuốc nổ Q_{max} , / Q_{vs} , kg	Khoảng cách đo giám sát R, m	Giá trị đo		Địa điểm đo
			Máy 1-dB(L)	Máy 2-dB(A)	
1	57,15/2,4	320	116,4	77,6	Dự án nhà máy thủy điện Hòa Bình mở rộng, Tỉnh Hòa Bình
2	57,15/2,4	246	110,0	75,7	
3	35,1/8,4	140	115,8	78,5	
4	35,1/8,4	220	100,0	76,2	
5	10.938/163	420	126,0	78,8	Mỏ đồng Tả Phời-Lào Cai
6	7.680/185	383	121,9	74,7	
7	1000/59	220	128,0	93,6	Mỏ đá vôi Kỳ Phú-Ninh Bình
8	1000/59	250	105,2	78,0	
9	2381/35	200	116,9	75,8	Mỏ đá vôi Áng Dâu, Hoàng Thạch

Từ các kết quả trong bảng 1 cho thấy:

- Sóng va đập không khí đo giám sát từ các vụ nổ thay đổi từ 100 dB(L)-128 dB(L) ở khoảng cách ảnh hưởng trung bình từ 140-420 m. Đối chiếu với bảng 1 cho thấy các giá trị này đều nằm ở mức an toàn cho phép theo QCVN 01:2019/BCT;

- Sóng âm (tiếng ồn âm thanh) đo giám sát từ các vụ nổ thay đổi từ 74,7 dB (A- 93,6 dB(A) ở khoảng cách ảnh hưởng trung bình từ 140-420 m. Đối chiếu với các quy định về quy định an toàn tiếng ồn (QCVN 26:2010/BTNMT; Trần Quang Hiếu, Bùi Xuân Nam, Nguyễn Hoàng, Đỗ Ngọc Hoàn, Nguyễn Trung Tĩnh, 2022) cho thấy với giá trị này nếu con người tiếp xúc liên tục, trong thời gian dài sẽ gây tổn thương đến thính giác và hệ thần kinh của những thợ mìn và người dân sống gần các bãi nổ. Các vụ nổ mìn trên các mỏ lộ thiên thường diễn ra nhanh chóng và gây ra các yếu tố có hại trong thời gian ngắn, tức thời nên mức độ ảnh hưởng của nó đến sức khỏe con người tại thời điểm nổ mìn không đáng kể, nhưng nếu các vụ nổ mìn diễn ra thường xuyên vào các ngày trong tuần thì nó sẽ ảnh hưởng đến sức khỏe con người. Khi đó phải cần có các giải pháp kiểm soát tiếng ồn này.

- Trong cùng điều kiện nổ mìn như nhau về điều kiện địa chất, các thông số nổ mìn, phương pháp nổ mìn, điều kiện khí hậu thời tiết v.v.. cho thấy: Giá trị sóng đập không khí lớn hơn giá trị sóng âm (tiếng ồn) trung bình từ 1,35-1,6 lần. Đây là cơ sở để đánh giá mức độ ảnh hưởng của sóng âm (tiếng ồn) đến sức khỏe người lao động khi biết được giá trị sóng đập không khí đo được theo QCVN 01:2019/BCT.

Kết luận

- Sóng đập không khí và sóng âm sinh ra từ các vụ nổ mìn là các yếu tố có hại, ảnh hưởng đến sức khỏe và đời sống nhân nằm trong vùng ảnh hưởng. Các quy định về an toàn sóng đập không khí đã được quy định trong QCVN 01:2019/BCT. Tuy nhiên quy định về ảnh hưởng tiếng ồn nổ mìn vẫn chưa được đưa vào QCVN 01:2019/BCT để làm cơ sở đánh giá và đưa ra các quy định cần thiết để tiến hành giám sát;

- Các giải pháp tổng thể về kỹ thuật công nghệ nổ mìn, cùng với sử dụng các thiết bị đo chuyên dụng để giám sát, kiểm soát, giảm thiểu sóng đập không khí, sóng âm là vấn đề mới, cần được quan tâm nhằm góp phần nâng cao hiệu quả sản xuất, bảo vệ sức khỏe cho những người công nhân và những người dân sống gần khu vực khai thác mỏ.

- Để có cơ sở khoa học đầy đủ về việc xác định, tìm ra quy luật, mối quan hệ mật thiết giữa sóng âm và sóng đập không khí trong các vụ nổ mìn cần thiết phải có nhiều kết quả đo đạc, giám sát hơn nữa cho riêng từng đối tượng, điều kiện cụ thể để các giải pháp đề xuất giảm thiểu tiếng ồn nổ mìn được đầy đủ và có cơ sở khoa học thực tiễn hơn.

Lời cảm ơn

Nhóm tác giả xin trân thành cảm ơn các đơn vị, các cán bộ kỹ thuật tại mỏ đá vôi Áng Dâu-Xi măng

Hoàng Thạch; Cán bộ kỹ thuật mỏ đồng Tả Phời, Lào Cai; Cán bộ mỏ đá vôi Kỳ Phú, Ninh Bình và cán bộ kỹ thuật của Công ty CPXD 47; Nhóm nghiên cứu mạnh "Những tiến bộ trong Khai thác mỏ bền vững và có trách nhiệm (ISRM)", Trường Đại học Mỏ - Địa chất, đã phối hợp, hỗ trợ nhóm tác giả thực hiện nghiên cứu cho bài báo này.

Tài liệu tham khảo

- QCVN 01:2019/BCT. Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về an toàn trong sản xuất, thử nghiệm, nghiệm thu, bảo quản, vận chuyển, sử dụng, tiêu hủy vật liệu nổ công nghiệp và bảo quản tiền chất thuốc nổ.
- QCVN 26:2010/BTNMT. Quy chuẩn Kỹ thuật Quốc gia về tiếng ồn được ban hành theo Thông tư số 39/2010/TT-BTNMT ngày 16/12/2010 của Bộ trưởng Bộ Tài nguyên và Môi trường.
- Đàm Trọng Thắng, Bùi Xuân Nam, Trần Quang Hiếu, 2015. Nổ mìn trong ngành mỏ và công trình, *Nhà xuất bản Khoa học Tự nhiên và Công nghệ, Hà Nội*.
- Trần Quang Hiếu, Bùi Xuân Nam, Nguyễn Anh Tuấn, Lê Quý Thảo, 2017. Công tác Khoan-nổ mìn và Kỹ thuật an toàn sử dụng vật liệu nổ công nghiệp trong ngành Mỏ-Công trình. *Nhà xuất bản Khoa học tự nhiên và Công nghệ, Hà Nội*.
- Trần Quang Hiếu, Bùi Xuân Nam, Nguyễn Hoàng, Đỗ Ngọc Hoàn, Nguyễn Trung Tĩnh, 2022. Kiểm soát tiếng ồn nổ mìn trong hoạt động khai thác tại mỏ đá vôi Kỳ Phú - Ninh Bình, Việt Nam. *Hội nghị KH toàn quốc Trái đất, Mỏ, Môi trường bền vững lần thứ V (CREATIVE EME 2022)*, tr. 35-45.
- Trần Quang Hiếu, Nguyễn Đình An, Lê Thị Thu Hoa, Tạ Minh Đức, 2015. Nghiên cứu phương pháp xác định cường độ sóng va đập không khí theo điều kiện thời tiết khí hậu cho mỏ than Núi Béo. *Tạp chí Công nghiệp Mỏ*. 4, tr. 112-114.
- Садовский М. А, 2004. Механическое действие воздушных ударных волн взрыва по данным экспериментальных исследований. *Избранные труды: Геофизика и физика взрыва - М.: Наука*.
- M. J. Crocker, 2007. Handbook of noise and vibration control.
- IOERSNU, 2000. Infuence evaluation of blasting-induced vibration and noise at rock excavation part of 9th construction area of Daegu-Pohang Expressway. *Institute of Engineering Research at Seoul National University*.
- H. S. Yang and N. S. Kim, 1999. Blasting design considering noise and vibration regulatory law. *Proceedings of the in Inproceedings of KSRM annual conference at Korean Society for Rock Mechanics*, tr. 21-27.
- Chung-Won Lee, Jiseong Kim, Gi-Chun Kang, 2018. Full-Scale Tests for Assessing Blasting - Induced Vibration and Noise, *Shock and Vibration*.
- ONECRC, 2007. A study on improvement of noise and vibration estimation method for environmental conflicts at a construction site. *Ofce of National Environmental Conflict Resolution Commission*.

ABSTRACT

Research the relationship between sound waves and air blast waves in an explosion

Tran Quang Hieu^{1,2*}, Nguyen Dinh An^{1,2}, Do Ngoc Hoan^{1,2}, Le Qui Thao^{1,2}

¹Hanoi University of Mining and Geology

²Innovations for Sustainable and Responsible Mining (ISRM)

Blast noise is one of the types of sound emitted from blasting operations, which adversely affects human health upon exposure. Blasting is a crucial technological process for loosening soil and minerals. The effectiveness of blasting operations is assessed by the useful energy utilized to break rocks safely and efficiently. Additionally, the useless energy produced during blasts causes harmful impacts on the safety of protective structures and the health of workers, including: blasting vibration, air blast waves, sound waves, dust, fly rocks. This paper studies the characteristics and relationship between sound waves and air blast waves to provide recommendations for improving blasting efficiency and ensuring safety during blasting operations.

Keywords: Sound waves; Blast noise; Air blast waves; Blast