



STUDY ON THE EFFECTS OF EXPLOSION DRUG HEAD ON THE SIZE OF DESTRUCTION AREA OF SOLID MATERIALS ON EXPLOSION

Nguyen Thanh Dong

Institute of Engineering Technology, No. 459 Doi Can, Ba Dinh, Hanoi, Vietnam

ARTICLE INFO

TYPE: Research Article

Received: 7/5/2021

Revised: 5/8/2021

Accepted: 12/8/2021

Published online: 15/8/2021

<https://doi.org/10.47869/tcsj.72.6.7>

* *Corresponding author*

Email: thanhdongm2m@gmail.com; Tel: +84976016623

Abstract. The use of explosive energy in underground construction and mining is widely applied in the modern era. This paper investigates the effect of explosive burial depth on the size of the splash destruction area of solid materials when explosive concentrations are concentrated. The relationship between the effect of splashes and the depth of drug burial was comprehensively clarified. From analysing theory of explosion in solid environment by concentrated explosion and conduction of an explosion experiment on miniature model on a solid material mixture of cement-sand mortar in 4,5x4,5x0,5m tank, the study has established the empirical rule function on the dependence of the funnel radius on the depth of the drug burial and the dependence on the visible depth of the funnel splashed to the depth of the explosive. Also, the optimal depth of drug burial and an effective explosive solution in practice were found.

Keywords: Explosives, explosives, explosive depth, concentrated explosion volume, miniature model, destruction area.



NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA CHIỀU SÂU CHÔN THUỐC NỔ ĐẾN KÍCH THƯỚC VÙNG PHÁ HỦY VĂNG VẬT LIỆU RẮN KHI NỔ LƯỢNG NỔ TẬP TRUNG

Nguyễn Thành Đồng

Viện Kỹ thuật Công binh, số 459 Đội Cán, Ba Đình, Hà Nội, Việt Nam

THÔNG TIN BÀI BÁO

CHUYÊN MỤC: Công trình khoa học

Ngày nhận bài: 7/5/2021

Ngày nhận bài sửa: 5/8/2021

Ngày chấp nhận đăng: 12/8/2021

Ngày xuất bản Online: 15/8/2021

<https://doi.org/10.47869/tcsj.72.6.7>

* Tác giả liên hệ

Email: thanhdongm2m@gmail.com; Tel: +84976016623

Tóm tắt. Việc sử dụng năng lượng nổ trong thi công công trình ngầm và khai thác mỏ đang được ứng dụng rộng rãi và sử dụng hiệu quả trong giai đoạn hiện nay. Bài báo này nghiên cứu ảnh hưởng của chiều sâu chôn thuốc nổ đến kích thước vùng phá hủy văng vật liệu rắn khi nổ lượng nổ tập trung, làm rõ mối liên hệ giữa tác dụng của nổ văng phụ thuộc vào chiều sâu chôn thuốc một cách toàn diện hơn. Từ việc nghiên cứu phân tích lý thuyết nổ trong môi trường rắn bằng lượng nổ tập trung, kết hợp với việc tiến hành thí nghiệm nổ trên mô hình thu nhỏ vật liệu rắn là hỗn hợp vữa xi măng – cát đùng trong 1 chiếc bể kích thước 4,5x4,5x0,5m, bài báo đã thiết lập được hàm qui luật thực nghiệm về sự phụ thuộc bán kính phễu văng vào chiều sâu chôn thuốc, sự phụ thuộc về chiều sâu trông thấy phễu văng vào chiều sâu chôn thuốc nổ, tìm ra được chiều sâu chôn thuốc tối ưu và khuyến cáo giải pháp nổ hiệu quả trong thực tiễn.

Từ khóa: Thuốc nổ, nổ văng, chiều sâu chôn thuốc, lượng nổ tập trung, mô hình thu nhỏ, vùng phá hủy.

© 2021 Trường Đại học Giao thông vận tải

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay có hai dạng nổ cơ bản rất phổ biến là nổ om và nổ văng [1], tuy nhiên các nghiên cứu mối liên hệ giữa tác dụng nổ của hai dạng này, đặc biệt là nổ văng với chiều sâu chôn thuốc chưa thực sự đầy đủ và toàn diện. Các mối liên hệ đã được công bố hiện nay đều có phạm vi ứng dụng cụ thể, từ những suy luận và môi trường tính toán đã đơn giản hóa nhiều

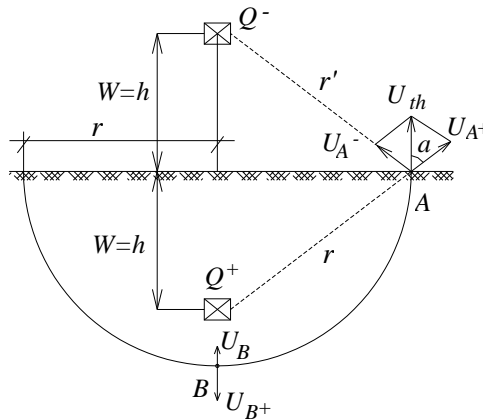
thông số đặc tính, thế nên quan hệ giữa chiều sâu chôn thuốc với kích thước vùng phá hủy còn là một vấn đề cần nghiên cứu một cách nghiêm túc và cấp thiết. Với thời lượng nghiên cứu cụ thể, tác giả tập trung nghiên cứu ảnh hưởng của chiều sâu chôn thuốc tới kích thước hình học dạng nổ văng trong môi trường rắn của lượng nổ tập trung.

2. PHÂN TÍCH CƠ SỞ LÝ THUYẾT ẢNH HƯỞNG CỦA CHIỀU SÂU CHÔN THUỐC TỚI KÍCH THƯỚC HÌNH HỌC DẠNG NỔ VĂNG TRONG MÔI TRƯỜNG RẮN

Lý thuyết nổ thủy động lực học [1] cho rằng: do tốc độ nổ cực lớn, nên kích nổ được xem như tức thời và dưới tác dụng cực lớn của tải trọng nổ, thì đất đá được coi như một chất lỏng lý tưởng không chịu nén. Vì vậy, ngay lập tức đất đá nhận được trường phân bố năng lượng nổ tại mọi điểm trong môi trường.

Mô hình nổ một lượng thuốc hình cầu trong môi trường đất đá bán vô tận, lượng thuốc đặt gần mặt thoáng để tạo thành phễu văng.

Theo lý thuyết này mỗi phân tử môi trường nhận được hai véc tơ tốc độ, một thành phần do lượng nổ thực gây ra có tác dụng đẩy các hạt môi trường khối lượng nổ thực theo phương bán kính của nó, một thành phần do lượng nổ ảo gây ra và có tác dụng hút vào tâm ảo theo phương bán kính (tại điểm A xem hình 1).



Hình 1. Sơ đồ tương tác của lượng nổ thực và ảo trong môi trường bán vô tận.

Theo định luật bảo toàn năng lượng, toàn bộ năng lượng nổ chuyển hóa thành động

năng của môi trường:

$$QE_o = \int_m \frac{u^2}{2} dm \quad (1)$$

Ta có: $\vec{u} = \vec{u}_A^+ + \vec{u}_A^-$ và $u_A^+ = u_o \left(\frac{r_o}{R} \right)^2$; $u_A^- = u_o \left(\frac{r_o}{R} \right)^2 \Rightarrow u = 2u_o \left(\frac{r_o}{R} \right)^2 \frac{w}{R}$

Để xác định được phễu văng chúng ta nghiên cứu điểm A đặt ở biên phễu, điểm A bị phá hoại khi tốc độ tổng hợp tác dụng lên nó bằng tốc độ tới hạn u_{th} , ($u = u_{th}$):

Từ phương trình (1) ta có:

$$Q = \frac{4}{3} \pi \rho_o \left(\frac{u_{th}}{u_o} \right)^2 \left(\frac{n^2 + 1}{2} \right)^{\frac{3}{4}} 2^{\frac{3}{4}} w^3 \quad (2)$$

Công thức (1) được viết rút gọn thành: $Q = Kf(n)w^3$, (kg) (3)

Trong đó: $n = \frac{r}{w}$ - Chỉ số tác dụng nổ

r - Bán kính phễu nổ văng

w - Đường kháng nhỏ nhất

K - hệ số tiêu hao thuốc nổ trên một đơn vị thể tích đất đá (kg/m^3)

$$K = \frac{4}{3} \pi \rho_0 \left(\frac{u_{th}}{u_0} \right)^{\frac{3}{2}} 2^{\frac{3}{4}} = 2^{\frac{3}{4}} A = 1,68A ; (kg/m^3) \quad (4)$$

Với bê tông mác 100 thì giá trị của hệ số $A = 1,1$ tức là $K = 1,848 (kg/m^3)$

- Mật độ thuốc nổ là $\rho_0 (kg/m^3)$

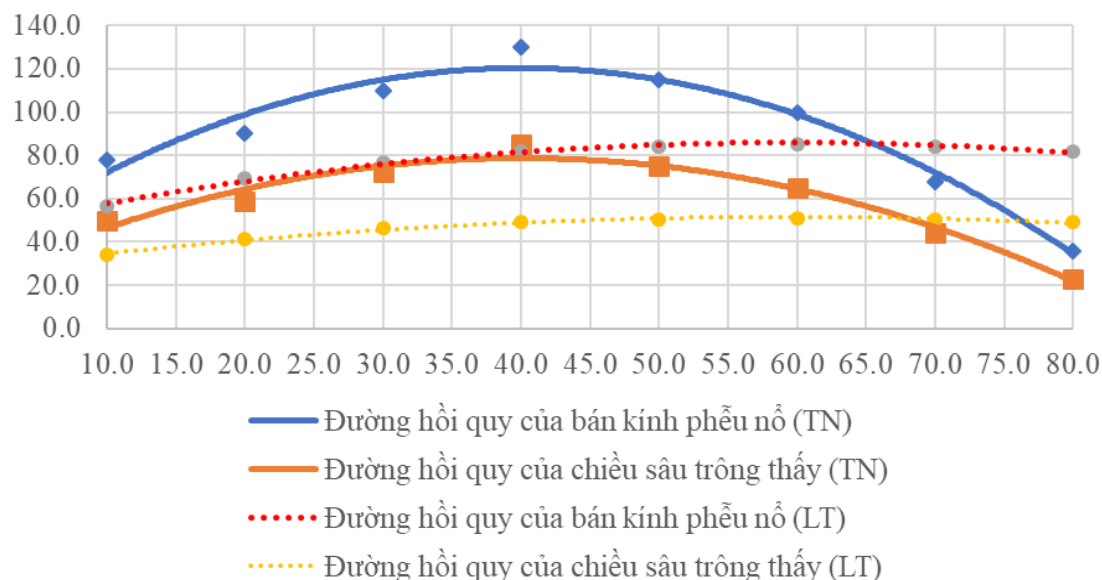
- w là đường kháng nhỏ nhất.

- hàm f(n) là hàm chỉ số tác dụng nổ, theo lý thuyết được xác định: $f(n) = \left(\frac{n^2 + 1}{2} \right)^{\frac{9}{4}}$ (5)

Mối quan hệ giữa chiều sâu trông thấy (p) và bán kính phễu văng (r) là:

$$p = kr = knw, (m) \quad (6)$$

Trong đó: k là hệ số phụ thuộc vào tính chất của môi trường [1], với môi trường bê tông mác 100 thì chọn $k = 0,6$.



Hình 2. Mối liên hệ giữa chiều sâu trông thấy (p), bán kính phễu nổ (r) với chiều sâu chôn thuốc nổ (w), với lượng nổ $Q = 1,0(g)$

Công thức (3) phản ánh sự phụ thuộc của khối lượng thuốc nổ (Q) vào chiều sâu chôn thuốc (w), chỉ số tác dụng nổ (n), kích thước phễu nổ (r) và chỉ tiêu thuốc nổ (K).

Phân tích sự phụ thuộc của kích thước phễu nổ văng vào chiều sâu chôn thuốc tương ứng

(w), ta cố định lượng thuốc nổ ($Q = \text{const}$) thì ta nhận thấy rằng: khi tăng chiều sâu chôn thuốc (w) thì kích thước phễu nổ (r, p) tăng đến giá trị cực đại, sau đó nếu tiếp tục tăng chiều sâu chôn thuốc thì kích thước phễu nổ giảm dần (Hình 2)

Bán kính phễu nổ (r), chiều sâu trông thấy (p) trong trường hợp lý thuyết được xác định theo hàm $f(n)$ là hàm chỉ số tác dụng nổ theo lý thuyết xác định ở công thức (5) thông qua biến đổi sau:

$$f(n) = \left(\frac{n^2+1}{2}\right)^{\frac{9}{4}} = \frac{Q}{Kw^3} \Rightarrow n = \sqrt{2\left(\frac{Q}{Kw^3}\right)^{\frac{4}{9}} - 1} = \frac{r}{w} \Rightarrow r = w\sqrt{2\left(\frac{Q}{Kw^3}\right)^{\frac{4}{9}} - 1} \approx aw^2 + bw + c$$

Sử dụng phương pháp hồi quy phi tuyến ta xác định được phương trình thể hiện mối liên hệ giữa (p, r) với w trên hình 2 như sau:

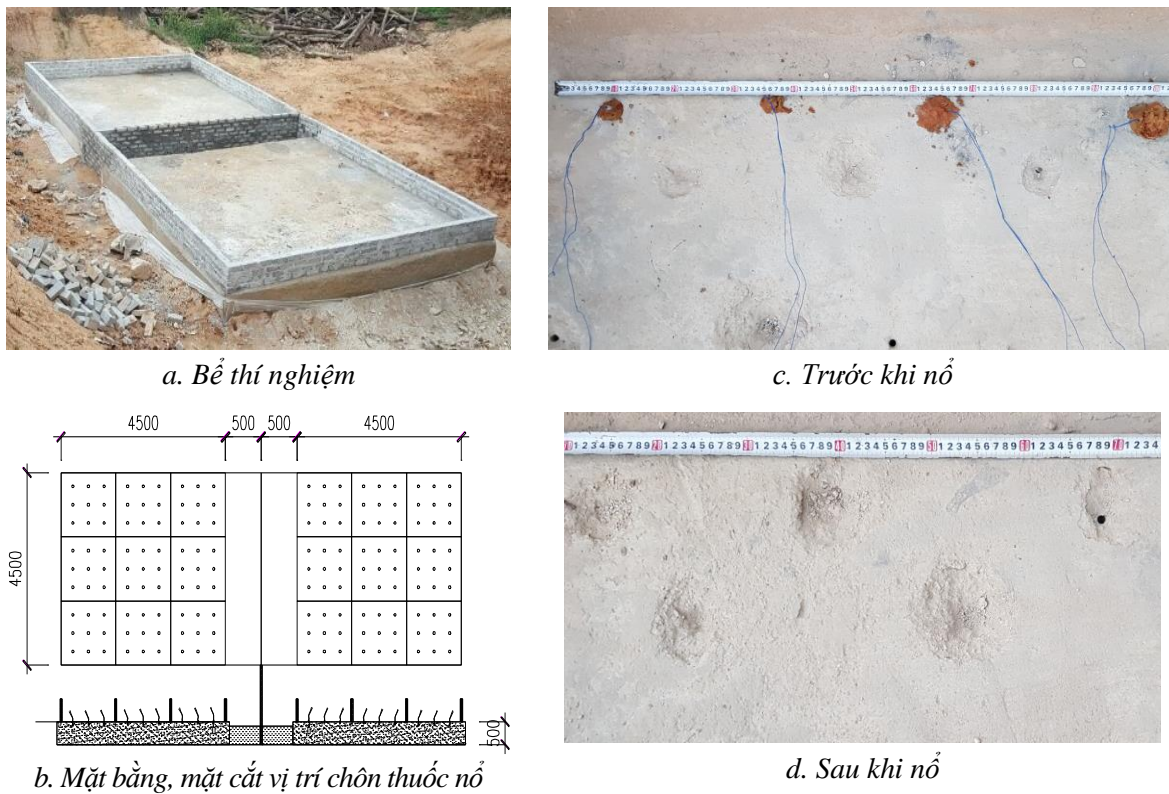
$$r = -0,0115w^2 + 1,3681w + 45,207 \text{ với } R^2 = 0,9901$$

$$p = k.r = -0,0069w^2 + 0,8208w + 27,124 \text{ với } R^2 = 0,9901$$

Tuy nhiên, hàm $f(n)$ trong công thức (3) là hàm lý thuyết có sai số nhiều so với thực tế nên ít được sử dụng. Trong thực tế thi công nổ thường sử dụng các hàm chỉ số tác dụng nổ được rút ra từ thực nghiệm. Một số hàm $f(n)$ được xác định, làm rõ từ thực nghiệm, thí nghiệm cụ thể theo bảng 2 và hình 4 dưới đây.

3. NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM TRÊN MÔ HÌNH THU NHỎ

3.1. Xây dựng mô hình thí nghiệm



Hình 3. Ảnh chụp mô hình thí nghiệm.

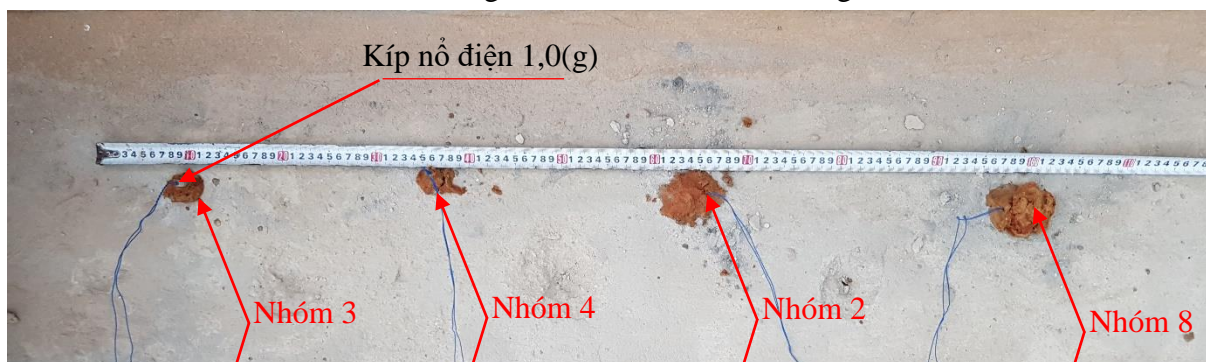
- Lượng nổ thí nghiệm: $Q = 1,0g$ tương đương TNT.

- Vật liệu rắn là hỗn hợp vữa xi măng cát có tỉ lệ cấp phối tương đương M100 theo TCVN 4314:2003 Vữa xây dựng – Yêu cầu kỹ thuật (Có thí nghiệm tại phòng LAS tại Học viện KTQS đo kiểm tra cường độ) (xem hình 3). Được đặt trong 1 chiếc bể có kích thước $4,5 \times 4,5 \times 0,5m$.

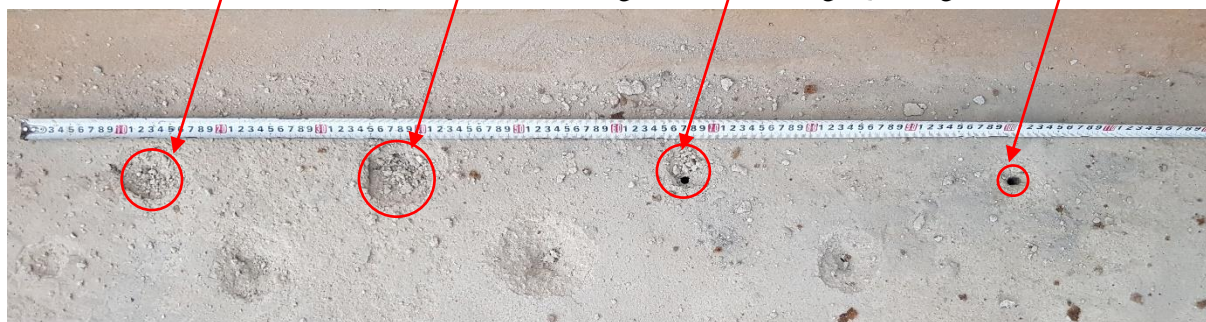
- Địa điểm thí nghiệm: Tại thao trường của Lữ đoàn 229/Binh chủng Công binh.

- Bể được bố trí nhiều nhóm chiều sâu chôn thuốc nổ khác nhau, mỗi nhóm chiều sâu chôn thuốc được bố trí tối thiểu 10 lượng nổ cùng loại cách nhau 350mm.

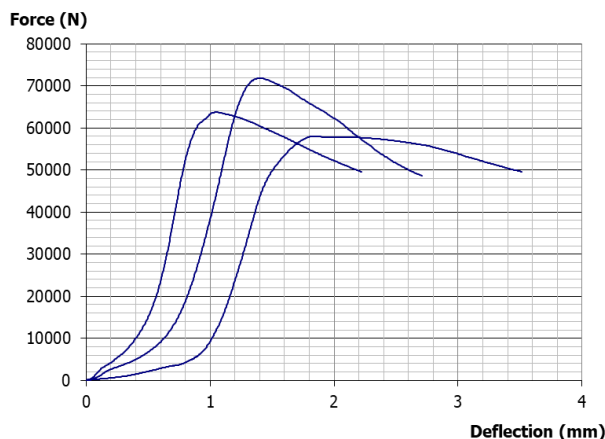
Theo [1, 2, 4] vữa bê tông xi măng M100 được xác định tương đương với loại đất đá có độ cứng f (từ 1,5 đến 6) hoặc xét theo cấp đất đá M.M protodiaconov từ IV – VII tương tự như loại đất đá vôi vò sò, có các thông số vật liệu cụ thể như bảng 1.



Hình 4a. Hình ảnh bố trí lượng nổ theo ở 1 hàng, $Q = 1,0g$



Hình 4b. Hình ảnh kết quả nổ sau khi bố trí lượng nổ theo ở 1 hàng, $Q = 1,0g$



Hình 5. Đúc mẫu thí nghiệm, kết quả xác định độ bền nén, độ bền khi bửa của vật liệu

Bảng 1. Kết quả thí nghiệm nén kiểm tra độ bền nén, độ bền khi bửa của mẫu thí nghiệm

TT	Lực (giá trị đỉnh) (N)	Độ võng (giá trị đỉnh) (mm)	Ứng suất tại (giá trị đỉnh) (N/mm ²)	Ứng suất tại thời điểm giới hạn chảy (N/mm ²)	Ứng suất tại thời điểm giới hạn phá hủy (N/mm ²)	Biến dạng tại (giá trị đỉnh) (%)	Biến dạng tại thời điểm giới hạn chảy (%)
1	58.009,998	1,849	2,578	2,578	2,204	1,233	1,233
2	63.730,0	1,042	2,832	2,832	2,2	0,695	0,695
3	71.900,002	1,398	3,196	3,196	2,162	0,932	0,932
TT	Biến dạng tại thời điểm phá hủy mẫu (%)	Mô đun đàn hồi (N/mm ²)	Độ rộng (mm)	Bề ngang (mm)	Năng lượng tại thời điểm phá hủy mẫu (Nm)	Năng lượng tại thời điểm giới hạn chảy dưới (Nm)	Mật độ vật liệu (kg/m ³)
1	2,343	421,1	150,0	150,0	128,343	78,659	2.103,704
2	1,483	347,418	150,0	150,0	94,561	27,985	2.044,444
3	1,805	388,813	150,0	150,0	113,891		2.074,074

3.2. Trình tự, nội dung phương pháp tiến hành và kết quả thí nghiệm

a) Trình tự, nội dung phương pháp tiến hành thí nghiệm:

+ Dùng khoan xoay có đường kính 10mm khoan tạo lỗ trên nền vữa xi măng có chiều sâu thay đổi từ 10-100mm.

+ Sử dụng lượng nổ (dưới dạng là kíp điện không số có cường độ nổ số 8) có khối lượng Q = 1g tương đương TNT, đường kính thân kíp điện [1] là 5mm, chiều dài thân kíp điện là 47mm, chôn ở các độ sâu khác nhau (w = 10 -100mm), sử dụng búa mìn bằng đất sét (xem hình 3c hoặc 4a).

+ Sau khi gây nổ ta tiến hành đo kích thước phễu văng (r, p) bằng thước kẹp panme có độ lệch ±1 mm. Kích thước, hình dạng của phễu nổ có dạng như ở hình 4b

b) Kết quả được mô tả ở bảng 2.

Bảng 2. Bảng số liệu tính toán phễu nổ văng theo thí nghiệm của tác giả

Nhóm TN	1	2	3	4	5	6	7	8	Ghi chú
p (mm)	50	59	72	85	75	65	44	23	
r (mm)	78	90	110	130	115	100	68	36	
k	0,64	0,66	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,64	
w (mm)	10	20	30	40	50	60	70	80	

n		7,80	4,50	3,67	3,25	2,30	1,67	0,97	0,45	
Hàm f(n)	Lý thuyết	2,254,44	203,82	85,51	51,83	13,17	4,18	0,94	0,32	
	Xalamakhin	663,93	82,61	39,05	25,41	7,95	3,08			(n>=1)
	Phorolov	237,78	46,06	25,15	17,66	6,58	2,81	0,96	0,55	
	Boreckov					7,70	3,18			(1<=n<=3)
	Thí nghiệm	541,13	67,64	20,04	8,46	4,33	2,51	1,58	1,06	

3.3. Phân tích kết quả thí nghiệm

Từ kết quả thu được, sử dụng lý thuyết hồi quy phi tuyến ta đưa ra được biểu đồ và hàm quy luật sự phụ thuộc của tham số kích thước phễu nổ văng và chiều sâu chôn thuốc theo hình 2 và dạng của hàm chỉ số tác dụng nổ $f(n)$ theo hình 6 dưới đây.

- Hàm quy luật sự phụ thuộc bán kính phễu văng (r) vào chiều sâu chôn thuốc (w):

$$r = -5,3512w^2 + 42,815w + 34,661; R^2 = 0,9597 \quad (7)$$

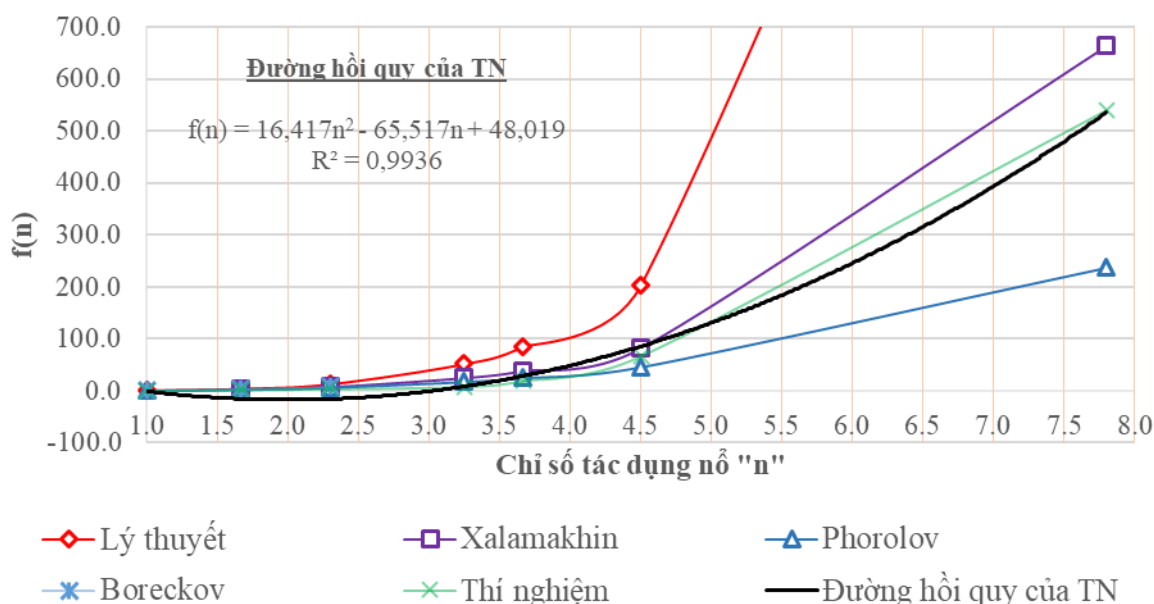
- Hàm quy luật sự phụ thuộc chiều sâu trông thấy phễu (p) vào chiều sâu chôn thuốc (w):

$$p = -3,5536w^2 + 28,47w + 21,625; R^2 = 0,9637 \quad (8)$$

- Hàm chỉ số tác dụng nổ $f(n)$ được xác định theo phương pháp hồi quy phi tuyến cũng là hàm có dạng bậc 2 của (n):

$$f(n) = 16,417n^2 - 65,517n + 48,019; \text{ với } R^2 = 0,9936 \quad (9)$$

Trong đó: R là hệ số chính xác đường cong.



Hình 6. Biểu đồ hàm chỉ số tác dụng nổ theo thực nghiệm.

Nhận xét:

- Từ kết quả thí nghiệm ta thấy hàm hồi quy về quy luật sự phụ thuộc của thông số kích thước phễu nổ văng như bán kính phễu nổ và chiều sâu chôn thuốc là hàm bậc 2 có dạng

đường cong Parabol với chiều sâu chôn thuốc.

- Với phương pháp sử dụng mô hình thu nhỏ cả về kích thước hình học, tính chất độ bền, khối lượng thuốc nổ là cơ sở bước đầu mở ra một phương pháp nghiên cứu mới khi nghiên cứu về công tác nổ mìn, chỉ ra xu hướng mang tính chất định tính và lượng hoá dần bằng các hệ số thực nghiệm trong thực tế thực hiện các nhiệm vụ dự án có liên quan đến nổ mìn.

- Bằng phương pháp hồi quy phi tuyến có thể đơn giản hoá các hàm số toán học phức tạp trong quá trình tổ chức thực nghiệm về công tác nổ mìn phá đá nói chung.

- Các kết quả thí nghiệm phù hợp với lý thuyết về mặt định tính, có xu hướng thấp hơn so với giá trị lý thuyết đã chỉ ra.

4. KẾT LUẬN

Từ kết quả nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm cho phép rút ra các nhận xét sau:

- Thông số vùng phá hủy (chiều sâu trông thấy p , bán kính vùng phá hủy r) phụ thuộc vào chiều sâu chôn thuốc nổ (w). Với dạng hàm bậc 2 (parabol) như trên việc xác định giá trị tối ưu $w_{\text{tư}}$ là giá trị mà tại đó hàm đạt cực trị (cực đại). Khi đó giá trị các thông số vùng phá hủy được đạt giá trị lớn nhất với một lượng thuốc nổ cố định bất kỳ. Nếu ta tiếp tục tăng chiều sâu chôn thuốc thì kích thước vùng phá hủy giảm dần về 0. Nếu ta vẫn tiếp tục tăng chiều sâu chôn thuốc thì sẽ không xuất hiện phễu văng nữa mà xuất hiện hiện tượng nổ ngầm hoặc nổ om tùy thuộc giá trị của w là bao nhiêu.

- Cần tăng cường số lượng nổ thực nghiệm và tổ chức thực nghiệm, thí nghiệm ở quy mô lượng nổ, khối lượng thuốc nổ lớn hơn ở nhiều môi trường khác nhau để đưa ra được qui luật chính xác hơn, hiệu quả hơn trong công tác nổ và đánh giá được cụ thể các môi trường phổ biến hơn.

- Thí nghiệm trên nhiều loại vật liệu, môi trường khác nhau tuân theo quy hoạch thực nghiệm để xác định quy luật ảnh hưởng của của chiều sâu chôn thuốc đến kích thước vùng phá hủy mà không dẫn đến lãng phí, tốn kém chi phí thực nghiệm.

- Trong quá trình thử nghiệm nổ cần xác định chiều sâu chôn thuốc tối ưu hoặc vùng lân cận để thu được kết quả thử nghiệm tốt nhất, số liệu thực nghiệm đáp ứng được yêu cầu quy hoạch thực nghiệm.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. T.T. Đàm, X.N. Bùi, Q.H. Trần, Nổ mìn trong ngành mỏ và công trình, Nhà xuất bản Khoa học tự nhiên và công nghệ, Hà Nội, (2015) 153 - 160.
- [2]. Drilling and blasting of rocks. Geomining Iechnological Institute of Spain, 1995.
- [3]. A.T. Nguyễn, Q.H. Trần, V.V. Phạm, Công nghệ khai thác đá khối tiên tiến, Nhà xuất bản Khoa học Tự nhiên và Công nghệ, Hà Nội, 2016.
- [4]. Q.H. Trần, X.N. Bùi, A.T. Nguyễn, Q.T. Lê, Công tác khoan nổ mìn và Kỹ thuật an toàn sử dụng VLNCN trong ngành mỏ - công trình, Nhà xuất bản Khoa học Tự nhiên và Công nghệ, Hà Nội, 2017.
- [5]. S.G. Hồ, X.N. Bùi, A.T. Nguyễn, Khai thác khoáng sản rắn bằng phương pháp lộ thiên, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 2009.

- [6]. Tuan Anh Nguyen, Dinh An Nguyen, Giang Van Vu, Quynh Van Tran, Prediction of ground vibration due to blasting: case study in some quarries in Vietnam, Journal of Mining and Earth Sciences, 3 (2018) 1-8. <http://jmes.hung.edu.vn/en/archives?article=916>
- [7]. Nguyễn Anh Tuấn, Nguyễn Đình An, Simulation (2D and 3D) of randomization orbit and radius affected of rockfall on open pit mines, Journal of Mining and Earth Sciences, 2 (2017) 58-65.
- [8]. Nguyễn Anh Tuấn, A methodology for the optimization of mining process in stone quarries: application for marble Thung Khuoc quarry (Vietnam) and dionyssomarble quarry, Journal of Mining and Earth Sciences, 58 (2017) 7-17.