

XÁC ĐỊNH GIÁ TRỊ ÁP LỰC SÓNG NỔ CỦA CÁC VỤ NỔ ĐỒNG THỜI TÁC DỤNG LÊN NÓC CÔNG TRÌNH

VALUATION OF THE BLAST WAVE PRESSURE OF THE EXPLOSIONS AT THE SAME TIME, ACTING ON THE ROOF OF THE BUILDING

TS. NGÔ NGỌC THỦY

Học viện Kỹ thuật Quân sự

Email: ngongocthuynv2@gmail.com, 0982 308 023

Tóm tắt: Bài báo trình bày kết quả xác định giá trị áp lực của sóng xung kích tác dụng lên nóc của công trình bằng cách sử dụng phần mềm Ansys Autodyn 3D, kiểm chứng độ tin cậy của kết quả với công thức thực nghiệm của M.A.Xadovski, tiến hành khảo sát đánh giá ảnh hưởng của các vụ nổ đồng thời tác dụng lên nóc công trình và rút ra một số nhận xét.

Từ khóa: Sóng xung kích, công trình, môi trường không khí, Lưới Lagrange, lưới Eurlle.

Abstract: The paper presents the results of determining the pressure value of the shock waves acting on the roof of the building using Ansys Autodyn3D software, verifying the reliability of the results with the experimental formula of MAXadovski, progress Conduct a survey to assess the impact of the explosions at the same time acting on the roof of the building and draw some comments.

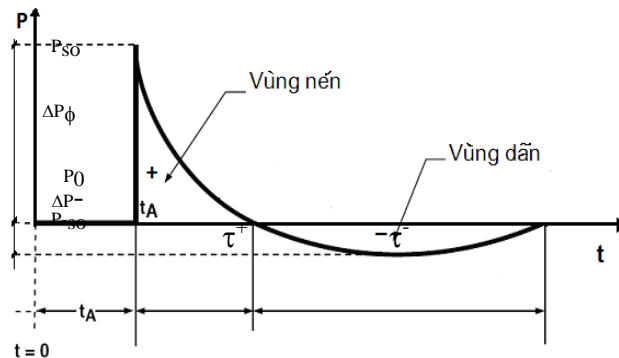
Keywords: shock waves, in the air, mesh Lagrange, mesh Eurlle.

1. Đặt vấn đề

Thực tế, các công trình nằm trong khu vực mục tiêu sẽ không chỉ chịu tác dụng của từng vụ nổ đơn lẻ mà là chịu tác dụng của tổ hợp nhiều vụ nổ đồng thời hoặc liên tiếp. Chính vì thế việc nghiên cứu tải trọng sóng nổ tác dụng lên nóc của công trình đặt nổi có kích thước hữu hạn khi chịu tác dụng của các lượng nổ đồng thời là bài toán có giá trị ý nghĩa về mặt khoa học.

2. Các công thức thực nghiệm phục vụ tính toán giá trị áp lực sóng xung kích tác dụng lên nóc công trình

Áp lực sóng xung kích, như thực nghiệm đo được có quy luật chung có dạng như hình 1.



Hình 1. Biểu đồ áp lực sóng xung kích [1], [2]

- P_0 - áp suất khí quyển ở điều kiện tiêu chuẩn;
- P_{so} - áp lực lớn nhất tại một điểm (pha nén);
- ΔP_ϕ - siêu áp sóng xung kích tại một điểm (pha nén);
- P_{-so} - áp lực lớn nhất tại một điểm (pha giãn);
- ΔP_- - siêu áp sóng xung kích tại một điểm (pha giãn);
- t_A - thời điểm bắt đầu nhận giá trị áp lực sóng xung kích;

- τ^+ - thời gian duy trì pha nén;
- τ^- - thời gian duy trì pha giãn.

Công thức thực nghiệm của M.A. Xadovski để xác định giá trị áp lực sóng xung kích tại một điểm trong không khí như sau [1], [2]:

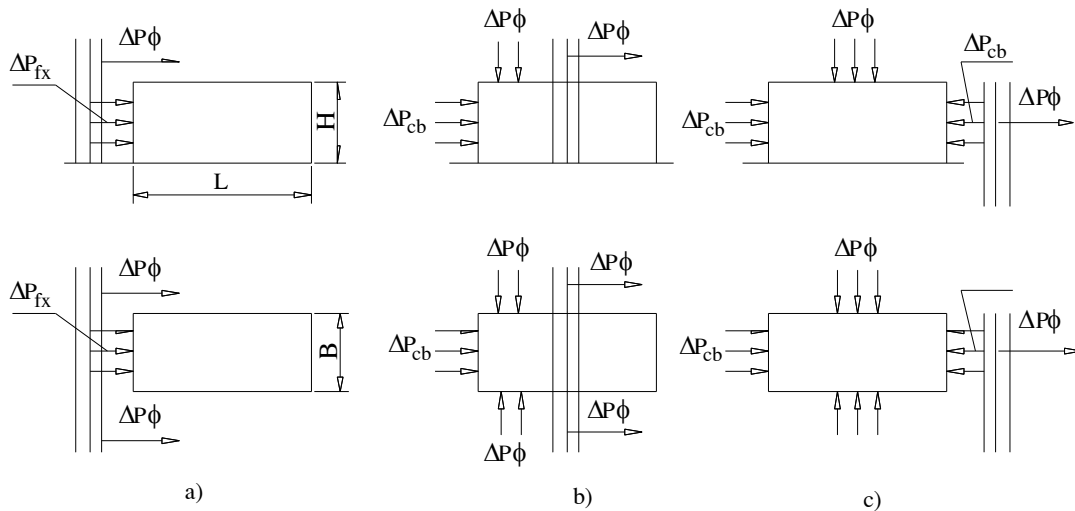
$$\Delta P_\phi = \frac{106\sqrt{C}}{R} + \frac{430\sqrt{C^2}}{R^2} + \frac{1400C}{R^3} \quad (\text{kPa}), \quad (1)$$

R - khoảng cách từ tâm nổ đến vị trí điểm đang xét;

C - trọng lượng thuốc nổ.

Sóng xung kích lan truyền trên mặt đất gặp công trình trên mặt đất sẽ tương tác với công trình, thể hiện trên hình 2. Khi sóng xung kích gặp công trình nổi, cứng, bất động sẽ xảy ra quá trình phản xạ và chảy bao. Tại thời điểm khi sóng xung kích gặp công trình sẽ có phản xạ và áp lực phản xạ (ΔP_{fx}) tác dụng lên tường trước (hình 2a). Sự phản xạ là do các hạt không khí chuyển động trong sóng bị giữ lại trên mặt chướng ngại, động

năng của các hạt chuyển thành năng lượng áp lực. Từ các biên của chướng ngại do có sự chênh lệch về áp suất của sóng phản xạ và sóng tới sẽ hình thành sóng dẫn làm giảm áp lực sóng phản xạ lên tường trước xuống áp lực chảy bao (ΔP_{cb}). Đối với tường bên và nóc, sóng chỉ lướt qua, không xảy ra hiện tượng phản xạ, do đó áp lực tác dụng lên tường bên và nóc bằng áp lực sóng tới (hình 2b).



a. Bắt đầu tương tác; b. Sóng xung kích chảy bao công trình; c. Công trình được chìm trong sóng xung kích.

Hình 2. Tương tác sóng xung kích với chướng ngại

Áp lực tác dụng lên nóc [1], [2]:

$$\Delta P_2 = \Delta P_\phi \text{ (kPa),} \tag{2}$$

Nhận xét: Đối với bài toán chịu tác dụng của tổ hợp nhiều vụ nổ đồng thời, hiện nay chưa có công thức thực nghiệm nào đề cập đến. Vì vậy việc sử dụng phần mềm chuyên dụng để tính toán các tham số sóng xung kích do lượng nổ đồng thời cho phép mở ra thêm một hướng nghiên cứu ứng dụng mới trong vấn đề tính toán các bài toán liên quan đến công trình chịu tác dụng của tải trọng do sóng nổ gây ra.

3. Xác định giá trị áp lực sóng nổ tác dụng lên công trình bằng phần mềm Ansys Autodyn 3D

- Các giả thiết trong mô phỏng tải trọng nổ

- + Tác nhân gây nổ tạo ra sóng nổ có dạng sóng cầu;
- + Không xét đến tác động của mảnh vỡ sinh ra do tác nhân gây nổ đối với mục tiêu.

- Lựa chọn thông số vật liệu, kết cấu, môi trường

Tiến hành khảo sát bài toán có lượng nổ đặt trên mặt đất cách công trình 15m. Lượng nổ: $C_{TNT} = 428$ kg; Đặt trên mặt đất. Môi trường: Không khí vô hạn.

- Lựa chọn vật liệu

Vật liệu không khí, thuốc nổ TNT được lựa chọn trong thư viện của phần mềm. Việc lựa chọn vật liệu cũng đồng thời với việc chọn kiểu phương trình trạng thái sử dụng cho loại vật liệu đó. Đối với môi trường không khí: sử dụng phương trình trạng thái của khí lý tưởng [3], [4], [5].

$$P = (\gamma - 1) \cdot \rho \cdot e \tag{5}$$

trong đó: P - áp suất khí (Pa);

γ - hằng số khí lý tưởng;

ρ - mật độ khí (kg/m^3);

e - nội năng riêng của khí ($\text{J/kg}^0\text{K}$).

Bảng 1. Các hệ số của phương trình trạng thái khí lý tưởng

Mật độ khí (g/cm ³)	Hằng số khí lý tưởng	Nhiệt độ (°K)	Nội năng riêng của khí (J/kg ⁰ K)
0.001225	1.4	288.200012	717.599976

Đối với sản phẩm nổ: sử dụng phương trình trạng thái của sản phẩm nổ Jones-Wilkins-Lee (viết tắt là JWL) để tính các giá trị áp lực của sản phẩm nổ, đây là phương trình bán thực nghiệm [3], [4], [5]:

$$p = A \left(1 - \frac{\omega}{R_1 V} \right) e^{-R_1 V} + B \left(1 - \frac{\omega}{R_2 V} \right) e^{-R_2 V} + \frac{\omega E}{V} \quad (6)$$

trong đó: các hằng số A, B, R_1, R_2, ω đối với chất nổ TNT được trình bày trong (bảng 2);

p - áp lực tạo ra bởi khối thuốc nổ (kPa); $V = 1/\rho_0$ là thể tích riêng; ρ_0 - mật độ của khối

thuốc nổ TNT ($\rho_0 = 1630 \text{ kg/m}^3$); E - năng lượng trên đơn vị thể tích ($E = 6,0e6 \text{ KJ/m}^3$);

Áp suất nổ $P_{CJ} = 2,1e7 \text{ (kPa)}$; Tốc độ nổ: $v_{CJ} = 6930 \text{ (m/s)}$.

Bảng 2. Các hệ số của phương trình trạng thái JWL

	Hệ số của phương trình trạng thái JWL					
	A (kPa)	B (kPa)	C (kPa)	R_1	R_2	ω
TNT	3,7377e8	3,7471e6	2,1e7	4,15	0,9	0,35

Với kích thước công trình $L \times B \times H = 5 \times 5 \times 5 \text{ (m)}$, công trình làm bằng bê tông 35MPa chiều dày $d = 0,6 \text{ m}$. Coi công trình là cứng và bất động.

- Lựa chọn mô hình hình học

+ Tiến hành giải bài toán theo mô hình 3D;

+ Mô hình được đặt toàn bộ trong môi trường không khí vô hạn. Khi đó ta sẽ tính được các giá trị áp lực sóng xung kích ở khoảng cách R so với tâm khối thuốc nổ TNT.

- Lựa chọn dạng lưới phần tử hữu hạn

Do biến dạng của các phần tử trong bài toán là tương đối lớn nên ta chọn lưới Lagrange – Euler (ALE) cho bài toán. Mục đích của lưới ALE là phát

huy tối đa ưu điểm của cả hai loại lưới Lagrange và lưới Euler.

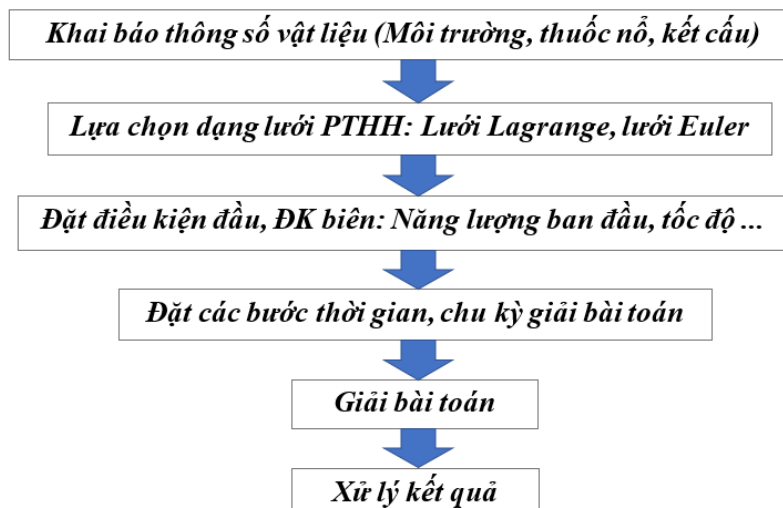
- Đặt điều kiện đầu, điều kiện biên

+ Điều kiện đầu của bài toán chính là sự không bị ảnh hưởng của các yếu tố khác tới quá trình kích nổ cũng như nổ hoàn toàn, xem thuốc nổ được kích nổ từ tâm và tốc độ nổ ổn định;

+ Điều kiện biên là sự không phản xạ, coi lớp không khí bao quanh là vô tận.

- Đặt các bước thời gian, chu kỳ giải bài toán

- Giải bài toán: Trình tự các bước giải bài toán nêu ở hình 3.



Hình 3. Các bước giải bài toán

- *Xử lý kết quả:* Xuất các kết quả tính toán cần thiết, tiến hành so sánh, rút ra kết luận.

4. Ví dụ tính toán

Bài toán nghiên cứu quá trình lan truyền sóng xung kích khi nổ một khối thuốc TNT hình cầu với đương lượng thuốc nổ ($C_{TNT} = 428\text{kg}$) nổ trên mặt đất tác động lên công trình đặt trong môi trường không khí vô hạn ở khoảng cách $R = 15\text{m}$ so với tâm của đáy công trình. Với kích thước công trình $L \times B \times H = 5 \times 5 \times 5$ (m), công trình làm bằng bê tông 35MPa chiều dày $d = 0,6$ m. Vị trí xác định giá trị áp

lực tại điểm đo 1 (điểm giữa nóc công trình).

Tiến hành khảo sát tính toán áp lực sóng nổ của một, hai và ba lượng nổ, nổ đồng thời tác dụng lên nóc công trình. Giá trị áp lực sóng xung kích tác dụng lên nóc công trình tính theo công thức thực nghiệm (1) tại điểm đo 1 phải cộng với giá trị áp suất khí quyển để so sánh với các giá trị áp lực sóng xung kích đo được ở phần mềm Ansys Autodyn 3D. Áp suất khí quyển ở điều kiện tiêu chuẩn là $P_0 = 101,325$ kPa. Các kết quả được thể hiện trong bảng 3.

Bảng 3. Bảng so sánh giá trị áp lực

Số lượng lượng nổ	Vị trí điểm đo	Giá trị áp lực (kPa)		Chênh lệch (%)
		Xadovxki	Ansys	
1 lượng nổ	R=15,81m	401,12	436,84	8,18%
2 lượng nổ	R=15,81m		905,25	
3 lượng nổ	R=15,81m		1883,31	

Bảng 4. Bảng so sánh giá trị áp lực SXK khi nổ đồng thời các lượng nổ

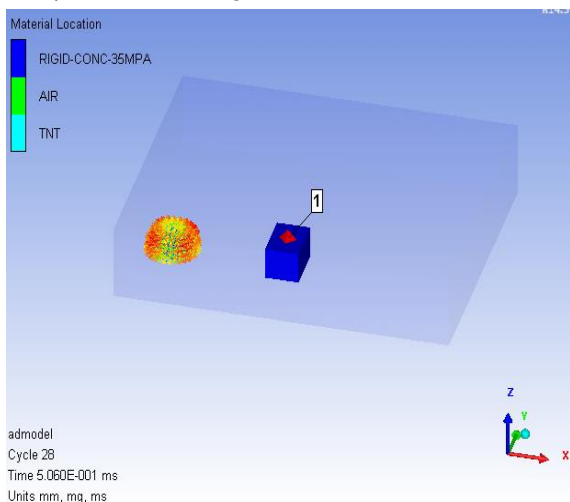
Công thức	Vị trí điểm đo	Áp lực tại điểm đo 1 (kPa)		
		1 lượng nổ (1)	2 lượng nổ (2)	3 lượng nổ (3)
Ansys	R=15,81m	436,84	905,25	1883,31
So sánh giá trị áp lực lớn nhất theo số lượng nổ của Ansys Autodyn 3D				
	Điểm đo		(2) so với (1) lần	(3) so với (1) lần
	R=15,81m		2,072	4,311

Nhận xét:

Cho đến nay, hầu hết các phương pháp tính toán công sự chịu tác dụng của bom đạn đều chỉ tính với một vụ nổ, có vị trí cho trước. Đối với bom đạn thực hiện phương thức bắn diện có điều khiển thì mỗi loạt bắn gồm nhiều quả có điểm rơi ngẫu nhiên trong miền bắn, có thể nổ đồng thời hoặc nổ liên tiếp. Với các đặc điểm nói trên, tải trọng sóng nổ tác dụng lên công sự là loại tải trọng phức tạp, gồm nhiều tải trọng sóng thành phần, đến từ nhiều

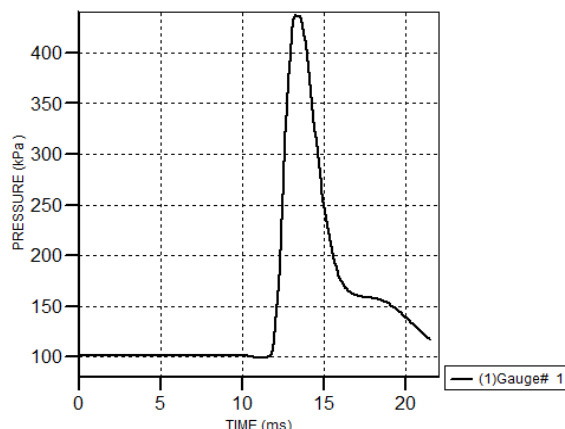
hướng, tác dụng lên công sự đồng thời hoặc không đồng thời. Do đó, tiêu chuẩn thiết kế công sự chỉ chịu tác dụng của một vụ nổ đơn không còn phù hợp nữa. Ngoài ra, do kích thước công sự có tính không gian rõ rệt, còn vị trí nổ của bom, đạn là bất kỳ, nên các thành phần của tải trọng sóng nổ chịu ảnh hưởng mạnh của sự kết hợp giữa các sóng xung kích do các vụ nổ đồng thời tác dụng lên nóc công sự. Trên bảng 4 thể hiện rõ giá trị áp lực sóng xung kích khi nổ đồng thời hai hoặc ba vụ nổ.

a) Nổ một lượng nổ



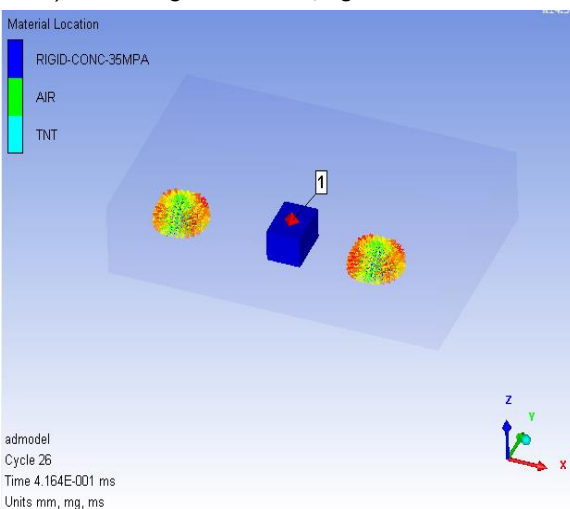
Hình 4. Sơ đồ bố trí một lượng nổ tác dụng lên công trình

Gauge History (Ident 0 - 1)



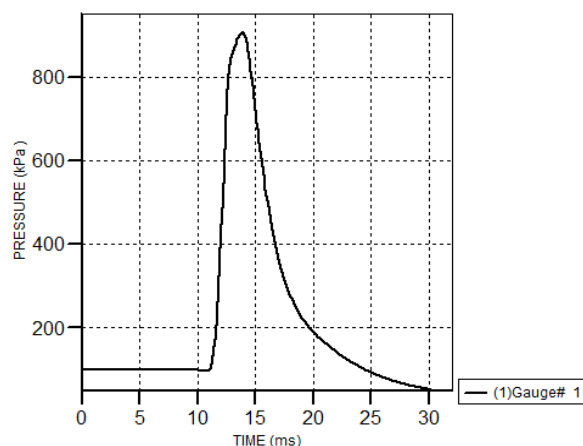
Hình 5. Biểu đồ giá trị áp lực tại điểm 1 khi nổ một lượng nổ

b) Nổ đồng thời hai lượng nổ



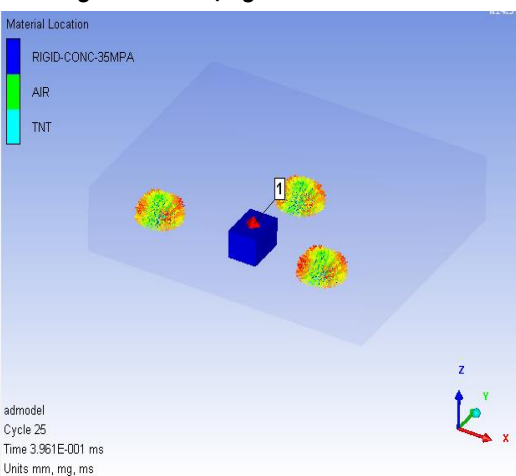
Hình 6. Sơ đồ bố trí hai lượng nổ đồng thời tác dụng lên công trình

Gauge History (Ident 0 - 2-luong-no-no-dong-thoi)



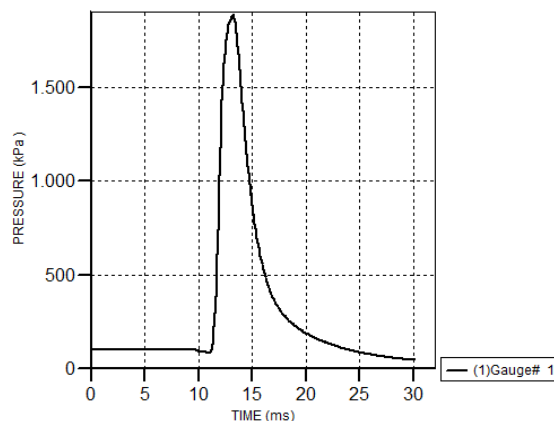
Hình 7. Biểu đồ giá trị áp lực tại điểm 1 khi nổ hai lượng nổ đồng thời

c) Nổ đồng thời ba lượng nổ



Hình 8. Sơ đồ bố trí ba lượng nổ đồng thời tác dụng lên công trình

Gauge History (Ident 0 - 3-luong-no-no-dong-thoi)



Hình 9. Biểu đồ giá trị áp lực tại điểm 1 khi nổ ba lượng nổ đồng thời

Qua các biểu đồ hình 5, hình 7, hình 9 lấy đến thời điểm $t=30\text{ms}$, ta thấy về mặt định tính biểu đồ áp lực sóng xung kích hoàn toàn phù hợp với quy luật sóng xung kích ở pha nén của hình 1.

Khi công sự chịu tác dụng của hai vụ nổ đồng thời, các lượng nổ được bố trí như trong hình 6, áp lực sóng nổ tác dụng lên nóc công sự tăng lên gấp 2,072 lần so với lượng nổ đơn.

Khi công sự chịu tác dụng của ba vụ nổ đồng thời, các lượng nổ được bố trí như trong hình 8, áp lực sóng nổ tác dụng lên nóc công sự tăng lên gấp 4,311 lần so với lượng nổ đơn.

5. Kết luận

Bài báo đã tiến hành nghiên cứu sử dụng phần mềm Ansys Autodyn 3D xác định được giá trị áp lực sóng xung kích khi nổ đồng thời hai hoặc ba vụ nổ tác dụng lên nóc công sự. Bổ sung thêm một công cụ hỗ trợ cho việc xác định giá trị áp lực sóng nổ trong thực hành tính toán công trình chịu tác dụng nổ của bom đạn, và có thể giải quyết các bài toán mô phỏng nổ đồng thời hoặc nổ liên tiếp để làm cơ

sở dự báo tính toán lựa chọn phương án nổ cho phù hợp trước khi tiến hành các bài thí nghiệm nổ tại hiện trường.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Đặng Văn Đích, Vũ Đình Lợi (1995), Giáo trình công sự tập 1, Học viện Kỹ thuật Quân sự, Hà Nội.
2. Nguyễn Trí Tá, Đặng Văn Đích, Vũ Đình Lợi (2008), Giáo trình công sự tập 1, Học viện Kỹ thuật Quân sự, Hà Nội.
3. AUTODYN help (2009), ANSYS WORKBENCH 14.5.
4. B, M, Dobratz; P, C, Crawford (1985), "LLNL Explosives Handbook: Properties of Chemical Explosives and Explosive Simulants", Ucri-52997, Retrieved 31 August 2018.
5. Баум Ф,А., и Орленко Л, П, (2002), Физика взрывка том1, Москва.

Ngày nhận bài: 29/01/2021.

Ngày nhận bài sửa: 09/3/2021.

Ngày nhận bài sửa lần cuối: 10/3/2021.

Valuation of the blast wave pressure of the explosions at the same time, acting on the roof of the building

*TS.Ngo Ngọc Thuy**

* Military Technical Academy

[email: ngongocthuylv2@gmail.com](mailto:ngongocthuylv2@gmail.com) – 0982 308 023

TÓM TẮT:

Bài báo trình bày kết quả xác định giá trị áp lực của sóng xung kích tác dụng lên nóc của công trình bằng cách sử dụng phần mềm Ansys Autodyn3D, kiểm chứng độ tin cậy của kết quả với công thức thực nghiệm của M.A.Xadovski, tiến hành khảo sát đánh giá ảnh hưởng của các vụ nổ đồng thời tác dụng lên nóc công trình và rút ra một số nhận xét.

Từ khóa: *Sóng xung kích, công trình, môi trường không khí, Lưới Lagrange, lưới Eurlé.*