

# NGHIÊN CỨU VA CHẠM CỦA XE GOỒNG SỬ DỤNG CHỖ VẬT LIỆU NỔ CÔNG NGHIỆP

Trần Việt Linh  
Trường Đại học Mỏ - Địa chất  
Nguyễn Đăng Tấn  
Trường Đại học Thủy Lợi  
Email: tranvietlinh@humg.edu.vn

## TÓM TẮT

Vận tải vật liệu và con người nói chung trong mỏ hầm lò, đặc biệt là vận chuyển vật liệu nổ yêu cầu cao về độ an toàn. Khi thiết kế xe goòng chở vật liệu nổ, ngoài biện pháp chia các khoang chứa vật liệu với các tấm đệm giảm va đập, độ cứng của khoang chứa vật liệu nổ đóng vai trò quan trọng, đặc biệt khi xe goòng xảy ra va chạm. Bài toán va chạm giữa các vật thể, đặc biệt va chạm của các phương tiện vận tải được chú trọng trong quá trình thiết kế. Bằng các mô hình toán học, các thành phần vận tốc, gia tốc, lực cũng như biến dạng của vật thể sau va chạm được xác định. Tuy nhiên, phương pháp này cho độ chính xác không cao cũng như yêu cầu thêm các số liệu thực nghiệm. Sự phát triển của các phần mềm mô phỏng động lực học, mô phỏng va chạm hiện nay giúp giảm thời gian thiết kế cũng như nâng cao độ chính xác và trực quan hóa kết quả mô phỏng. Để phục vụ cho thiết kế, chế tạo xe goòng chở vật liệu nổ công nghiệp, bài báo nghiên cứu cơ sở lý thuyết va chạm, xây dựng mô hình 3D xe goòng và mô phỏng va chạm để xác định ứng suất cũng như biến dạng của xe goòng sau va chạm.

**Từ khóa:** xe goòng, va chạm, mô phỏng, biến dạng, ứng suất

## I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong những năm gần đây, quy mô khai thác hầm lò đã được mở rộng, kéo theo đó là sự gia tăng về số lượng và quy mô của các kho lưu trữ vật liệu nổ dưới lòng đất. Các chuyến hàng lớn chất nổ thường được chuyển từ bề mặt xuống các hầm chứa chất nổ trên các phương tiện vận chuyển chất nổ. Lượng thuốc nổ nhỏ hơn thường được chuyển từ kho chứa thuốc nổ chính dưới lòng đất đến điểm sử dụng trên các phương tiện nạp thuốc nổ dưới lòng đất. Quá trình vận chuyển chất nổ cần được quản lý thông qua đánh giá rủi ro và giám sát thích hợp [2].

Vận chuyển chất nổ phải tuân thủ theo những yêu cầu khắt khe đặt ra nhằm giảm thiểu nguy cơ cháy nổ gây mất an toàn cho người và thiết bị, phải có cảnh báo trên phương tiện. Mức độ rủi ro và các yêu cầu tiếp theo đối với phương tiện vận chuyển vật liệu nổ dưới lòng đất cần được quản lý dựa trên loại và số lượng vật liệu nổ mang theo cũng như tính phù hợp và tình trạng của phương tiện đó. Ở những nơi có số lượng lớn chất nổ được vận chuyển cùng nhau, có khả năng xảy ra hiện tượng kích nổ do cảm ứng. Để vận chuyển chất nổ an toàn và chắc chắn, các phương tiện được sử dụng

có thể giảm thiểu rủi ro liên quan đến những yếu tố dễ cháy nổ trong quá trình vận chuyển như nhiên liệu, tia lửa điện.

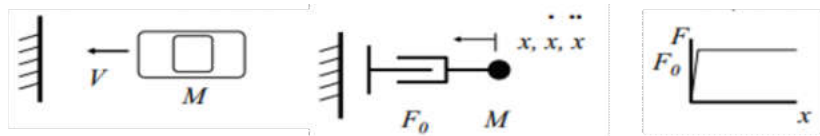
Vận tốc của các xe goòng có thể đến 15 km/h, nếu xảy ra sự cố trong quá trình vận chuyển, các xe goòng có thể bị va chạm và gây biến dạng xe goòng, từ đó chèn ép vật liệu nổ và gây mất an toàn. Khi thiết kế xe goòng chở vật liệu nổ trong mỏ hầm lò, ngoài sử dụng các tấm cao su gắn trên đầu đấm, trên thùng chứa được chia thành các ngăn nhỏ, các ngăn được phân cách bằng thép và gỗ thông. Để đảm bảo an toàn khi va chạm xe goòng, nghiên cứu này tính toán, mô phỏng va chạm của xe goòng nhằm đánh giá mức độ biến dạng của xe sau va chạm.

## II. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

### 2.1. Mô hình tham số va chạm

#### 2.1.1. Mô hình động lực học cơ bản của tác động phía trước

Để tính toán lực va chạm xe goòng cần phải mô hình hóa va chạm. Coi xe goòng là khối có khối lượng điểm M, chịu tác động của một lực không đổi  $F_0$  (Hình H1) [1].



a) Va chạm thực

b) Mô hình khối lượng điểm

c) Đặc tính va chạm

**H1. Mô hình va chạm [1]**

Coi phần tử lực vừa chạm vào vật chấn tại thời điểm  $t = 0$ . Tổng các lực tác dụng lên khối lượng được xác định.

$$M\ddot{x} = -F_0 \tag{1}$$

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\frac{F_0}{M} \tag{2}$$

$$\frac{dx}{dt} = -\frac{F_0}{M}t + C_1 \tag{3}$$

$\ddot{x}$  - gia tốc khối lượng điểm

Điều kiện ban đầu ở thời điểm  $t = 0$ ,  $d_x / dt = V_0$  là tốc độ va chạm ban đầu.

$$\frac{dx}{dt} = -\frac{F_0}{M}t + V_0 \tag{4}$$

Tích phân theo thời gian thu được

$$x = -\frac{F_0}{2M}t^2 + V_0t + C_2 \tag{5}$$

Vận tốc ban đầu tại thời điểm  $t = 0$ , biến dạng của xe goòng bằng không nên biến dạng của điểm được xác định

$$x = -\frac{F_0}{2M}t^2 + V_0t \tag{6}$$

Thời gian kết thúc va chạm là nhân tố quan trọng nhất, nó quyết định mức độ biến dạng của xe goòng. Điều này xảy ra khi  $d_x / dt = 0$  hay

$$\frac{dx}{dt} = -\frac{F_0}{M}t_k + V_0 \tag{7}$$

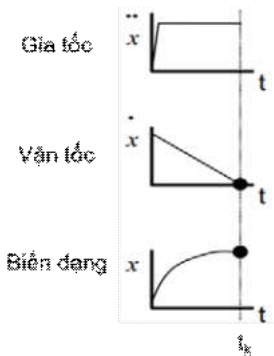
Thời gian kết thúc va chạm được xác định

$$t_k = \frac{MV_0}{F_0} \tag{8}$$

Kết quả quan hệ các thông số va chạm với mô hình khối lượng điểm được thể hiện trên Hình H2.

Theo các công thức trên, nếu biết lực tác dụng, vận tốc trước va chạm thì tính được mức độ biến dạng của điểm. Để xác định các thông số trên, thông thường người ta phải xác định bằng thực nghiệm. Để tính toán sơ bộ cho nghiên cứu va chạm của xe goòng, bài báo xác định thời gian kết thúc va chạm theo những tài liệu thử nghiệm và

chạm để tính toán lực tác dụng khi va chạm. Bản chất lực tác dụng lên vật khi va chạm biến đổi theo thời gian, việc xác định các lực này chỉ có thể bằng thí nghiệm.



**H2. Ứng xử mô hình khối lượng điểm [1]**

**2.1.2. Mô hình khối lượng - lò xo**

Dao động của mô hình điều hòa và theo quy luật hình sin, dao động không bị dập tắt vì không có cản (Hình H.3). Trên hình các ký hiệu lần lượt như sau [4]:

k - độ cứng của lò xo;

m - khối lượng

x - quãng đường chuyển động của vật

Nếu gọi V là vận tốc bắt đầu va đập của vật thể (m/s); f - tần số dao động tự nhiên của vật thể. Quan hệ giữa các thành phần vận tốc, gia tốc và quãng đường chuyển động được xác định như sau:

$$\ddot{x}(t) = -V\omega_e \sin(\omega_e t) \tag{9}$$

$$\dot{x}(t) = V\cos(\omega_e t) \tag{10}$$

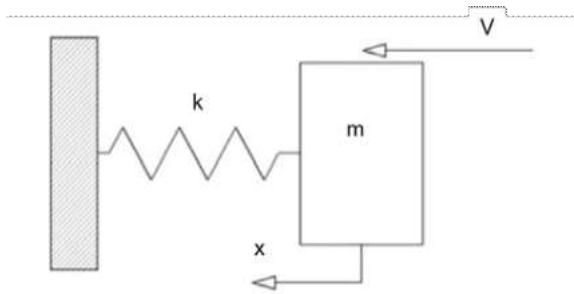
$$x(t) = \frac{V}{\omega_e} \sin(\omega_e t) \tag{11}$$

Đặt các giá trị

$$C = \frac{V}{\omega_e \pi} \tag{12}$$

$$t_m = \frac{\pi}{2\omega_e} \tag{13}$$

$$\omega_e = \sqrt{\frac{k}{m}} \tag{14}$$



**H3. Mô hình khối lượng điểm**

Lần lượt là động lực học va đập lớn nhất, thời gian động lực học va đập lớn nhất và tần số dao động tự nhiên của hệ thống. Để khám phá các thông số  $C$  và  $t_m$  của mô hình cần tìm ra độ cứng của lò xo. Độ cứng của lò xo được xác định như sau:

$$k = \frac{V^2}{C^2} m \quad (15)$$

Liên quan đến thời gian khi va chạm xảy ra, sự khác biệt giữa mô hình và thực nghiệm là rất ít. Mô hình này đưa ra ứng xử động học tốt của xe khi xảy ra va chạm. Tuy nhiên, xác định thông số  $\omega_e$  và  $k$  cần căn cứ vào giá trị thực nghiệm hoặc kinh nghiệm.

**2.1.3. Xác định lực tác dụng khi va chạm**

Theo lý thuyết va chạm, va chạm là quá trình động lực đặc biệt, trong đó vận tốc chuyển động của hệ biến đổi đột ngột về độ lớn và hướng nghĩa là vận tốc chuyển động biến đổi rõ rệt trong thời gian vô cùng bé. Thực tế thì thời gian va chạm của hai vật thường kéo dài khoảng  $10^{-2} \div 10^{-4} s$ . Trong thời gian va chạm vô cùng bé  $\tau$ , vận tốc chuyển động của vật biến thiên một lượng  $\Delta V$ .

Xung lượng va chạm được xác định như sau

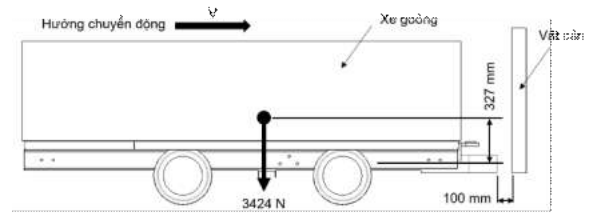
$$\vec{S} = m\Delta\vec{V} \quad (16)$$

Lực va chạm xuất hiện được xác định

$$\vec{N} = \frac{\vec{S}}{\tau} \quad (17)$$

Để đơn giản tính toán, lực va chạm được tính giá trị lớn nhất và duy trì giá trị này trong toàn bộ quá trình va chạm. Mô hình tính toán va chạm của xe goòng vào vật cản được thể hiện trên Hình H4. Cấu tạo của xe goòng chở vật liệu nổ bao gồm nhiều thanh, tấm liên kết với nhau. Do đó, tính toán ứng suất và biến dạng của xe goòng khi va chạm bằng phương pháp tính sức bền vật liệu không khả

thi. Để nâng cao độ chính xác tính toán cũng như trực quan biến dạng và ứng suất của xe goòng khi va chạm, nghiên cứu này sẽ sử dụng phần mềm chức năng Explicit Dynamics của Ansys.



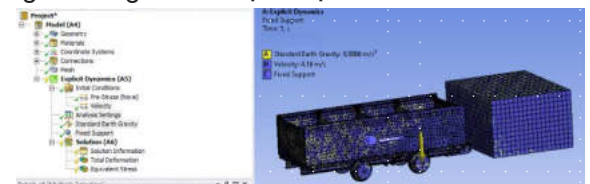
**H4. Mô hình va chạm xe goòng vào vật cản**

**2.2. Mô phỏng xác định biến dạng của xe goòng khi xảy ra va chạm**

**2.2.1. Khai báo các tham số mô phỏng**

Mô hình 3D của xe goòng được sử dụng để mô phỏng va chạm, các thông số khai báo đầu vào của mô hình được thể hiện trên Hình H5. Vật va đập với xe goòng (vật cản) được định nghĩa với liên kết cố định, nghĩa là trong quá trình va chạm vật cản coi như cứng tuyệt đối nên không bị biến dạng và di chuyển. Gia tốc trọng trường  $g = 9,8 m/s^2$  hướng từ trên xuống và được khai báo như Hình H5.

Khoảng cách xe goòng với vật cản 100 mm, vận tốc xe goòng trước khi va chạm được chọn 15 km/h (4,16 m/s) nên thời gian di chuyển của xe goòng đến khi va chạm  $\frac{0,1}{4,16} = 0,024s$ . Thời gian va chạm được tính toán tự động nhờ phần mềm, trong phần khai báo thời gian chạy chương trình cần được điều chỉnh sau mỗi lần chạy sao cho tổng thời gian va chạm và thời gian di chuyển nhỏ hơn thời gian khai báo trước. Vì vậy, thời gian khai báo trong chương trình được chọn 5s.



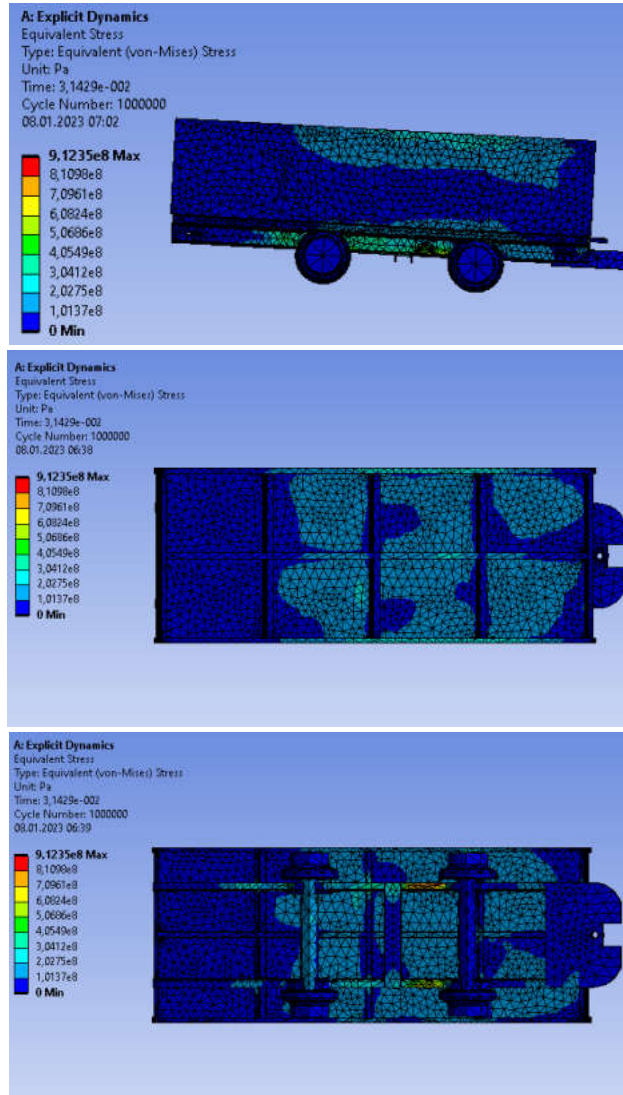
**H5. Mô phỏng va chạm xe goòng vào vật cản**

**2.2.2. Kết quả mô phỏng**

Khi xảy ra va chạm, xe goòng cùng tường chắn đều bị biến dạng (Hình H6). Ứng suất lớn nhất xuất hiện tại khu vực tấm đáy và khung đỡ, vị trí lắp bánh xe với giá trị ứng suất lớn nhất bằng  $9,12 \cdot 10^8 Pa$  tương đương 912 MPa. Đối với vật liệu chế tạo goòng bằng thép CT3, giới hạn bền đến 481 MPa. Do vậy, phần dưới thanh đỡ bị quá tải và phá

hủy một phần. Tuy nhiên, sự quá tải ứng suất này chỉ xảy ra trên một diện tích nhỏ nên chưa gây hư hại cho xe gòong.

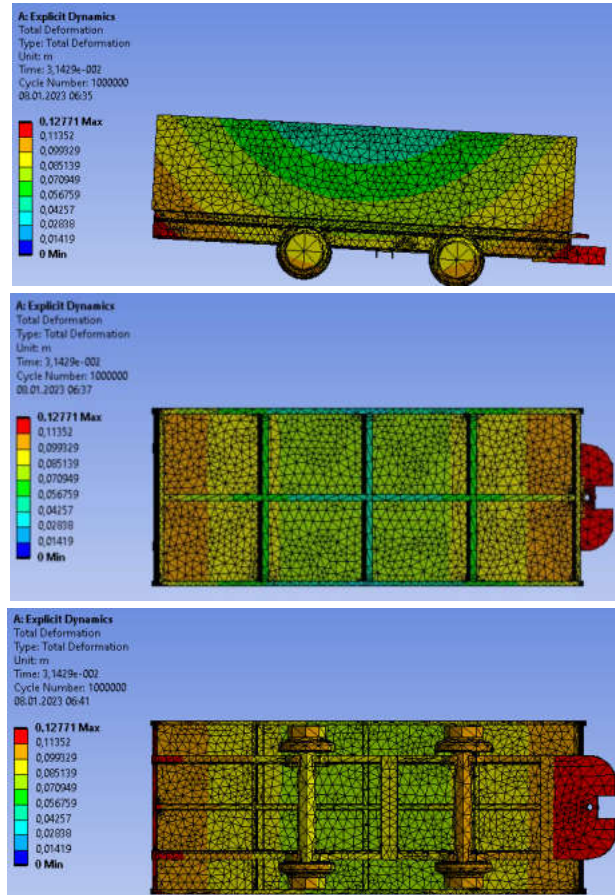
Ngoài ra, tại vị trí đáy và hai thành bên cũng chịu ứng suất lớn hơn các vị trí khác với giá trị khoảng 405 MPa.



**H6. Ứng suất của xe gòong**

Chuyển vị của xe gòong sau va chạm được thể hiện trên Hình H7. Khu vực chuyển vị nhiều được thể hiện bằng đỏ và khu vực chuyển vị ít hơn. Vùng biến dạng nhiều nhất của xe gòong tại vị trí tiếp xúc va chạm của đầu nối với vật cản được thể hiện bằng màu đỏ. Độ biến dạng sau va chạm của khu

vực tiếp xúc khoảng 0,127 m. Giá trị biến dạng này làm cho phần đầu nối bị đẩy về phía sau. Mức biến dạng này làm ảnh hưởng đến móc nối giữa các xe gòong, tuy nhiên chưa gây phá hủy khoang chứa bên trong.



**H7. Chuyển vị của xe gòong**

**III. KẾT LUẬN**

➢ Khi tính toán, thiết kế xe gòong chở vật liệu nổ, yêu cầu xe gòong phải đảm bảo độ bền và độ tin cậy cao. Một trong mối nguy hiểm đe dọa an toàn khi vận hành xe gòong là xe gòong va chạm vào nhau hoặc vào vật chắn;

➢ Mô phỏng va chạm xe gòong bằng mô đun Explicit Dynamics của phần mềm Ansys có thể xác định được ứng suất kết cấu xe gòong một cách trực quan để đánh giá độ bền kết cấu và hướng hoàn thiện kết cấu xe gòong □

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Donlad E. Malen, Fundamentals of Automobile Body Structure Design, SAE International, 2011
2. 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 nổ
3. Realsim, Abaqus For Train Railcar Simulations, internet: <https://www.4realsim.com>
4. W. Pawlus, H. M. Karimi, K. G. Robbersmyr. (2013), Investigation of vehicle crash modeling techniques: theory and application. Int J Adv Manuf Technol, DOI 10.1007/s00170-013-5320-3, Springer-Verlag London

### LỜI CẢM ƠN

Nội dung trong bài báo được hỗ trợ kinh phí từ đề tài nghiên cứu khoa học cấp Bộ Công Thương “Nghiên cứu thiết kế và chế tạo thiết bị vận chuyển vật liệu nổ công nghiệp tại các mỏ hầm lò”, mã số DT.BO.180/21.

## RESEARCH ON THE IMPACT OF MINE WAGON USED FOR TRANSPORTING INDUSTRIAL EXPLOSIVE MATERIALS

Tran Viet Linh, Nguyen Dang Tan

### ABSTRACT

*In the field of transporting materials and people in underground mines, especially transporting explosives requires high safety. When designing an explosives-carrying wagon, in addition to dividing the material storage compartments with impact-reducing pads, the stiffness of the explosives-containing compartment plays an important role, especially in the event of a crash. The problem of crashes between tubes, especially collisions of means of transport, is focused in the design process. By mathematical models, the components of velocity, acceleration, force as well as deformation of the tubes after the crash are determined. However, this method gives not high accuracy as well as requires more experimental data. The development of dynamic simulation and crash simulation software now helps to reduce design time as well as improve the accuracy and visualization of simulation results. To serve the design and manufacture of industrial explosives-carrying wagons, the article researches the basis of collision theory, builds 3D wagon models and simulates crash to determine stress as well as deformation of the wagon.*

**Keywords:** wagon, impact, simulation, deformation, stress

**Ngày nhận bài:** 05/9/2022;

**Ngày gửi phản biện:** 20/10/2022;

**Ngày nhận phản biện:** 28/12/2022;

**Ngày chấp nhận đăng:** 05/01/2023.

**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.