

TÍNH TOÁN THỜI GIAN BẢO HIỂM CỦA THIẾT BỊ GÂY NỔ TBN DỰA TRÊN CÁC NGUYÊN LÝ CỦA CƠ HỌC CHẤT LƯU

CALCULATING THE INSURANCE TIME OF THE FUSE BASED ON THE PRINCIPLES OF FLUID MECHANICS

Hà Trường Sang¹, Lê Đức Thanh², Nguyễn Mạnh Đức¹, Nguyễn Văn Thái²,
Nguyễn Mạnh Hùng¹

¹Khoa Cơ khí, Học viện Kỹ thuật Quân sự, Bộ Quốc phòng

²Viện Vũ khí, Tổng cục Công nghiệp Quốc phòng, Bộ Quốc phòng

TÓM TẮT

Bài báo xây dựng cơ sở tính toán thời gian bảo hiểm của thiết bị gây nổ TBN dựa trên các nguyên lý của cơ học chất lưu. Phương pháp sai phân hữu hạn được sử dụng để rời rạc hóa thời gian trong phương trình vi phân chuyển động của con trượt điều khiển. Thuật toán đưa ra có độ chính xác cao khi so sánh với phần mềm tính toán chuyên dụng. Ngoài ra, tính ưu việt của thuật toán là đơn giản và không mất nhiều thời gian chạy máy tính. Mô hình tính toán cũng cho phép khảo sát ảnh hưởng của các thông số của thiết bị gây nổ đến thời gian bảo hiểm của thiết bị để đưa ra các phương án thiết kế hợp lý. Quá trình thực nghiệm cho thấy, kết quả tính toán phù hợp với kết quả thực nghiệm thực tế.

Từ khóa: Thiết bị gây nổ TBN; Cơ học chất lưu; Dòng chảy nhớt.

ABSTRACT

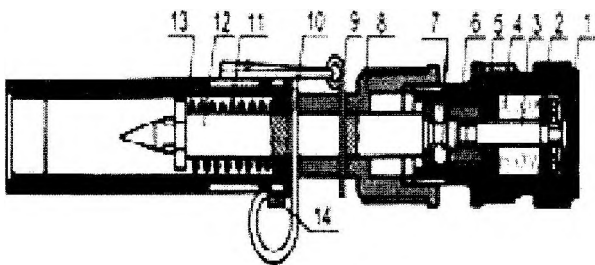
The study deals with building the basis for calculating the insurance time of the fuse based on the theory of fluid mechanics. The finite difference method is used to solve the equation of motion of the rod. The given algorithm has high accuracy when compared with specialized calculation software. In addition, the advantage of the algorithm is that it is simple and does not take much time to run the program. The computational model also allows investigating the influence of the fuse parameters on the insurance period of the equipment to give reasonable design options. The experimental process shows that the calculated results are consistent with reality.

Keywords: Fuse; Fluid mechanics; Viscous flow.



1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Thiết bị gây nổ có ý nghĩa quan trọng trong việc đảm bảo hoạt động của vũ khí trang bị đáp ứng nhiệm vụ huấn luyện và sẵn sàng chiến đấu của quân đội. Thiết bị gây nổ TBN dùng để gây nổ một số loại mìn (hình 1) bao gồm các chi tiết sau [1]: nắp 1; piston 2; trục liên kết 3; chất dẻo giữ chậm 4; thân thiết bị 5; ống chứa bi 6; các viên bi 7; ống lót 8; chốt an toàn 9; chốt bẫy 10; lò xo 11; kim hỏa 12; ống liên kết 13; vòng hãm 14.



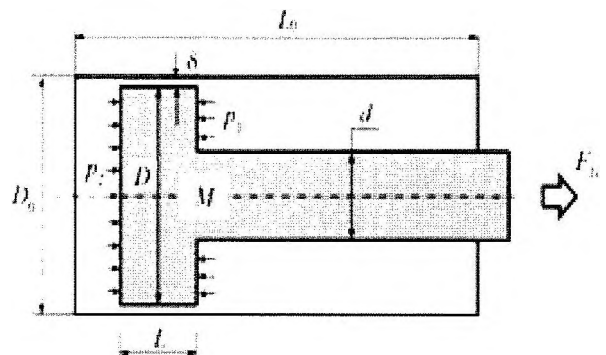
Hình 1. Mặt cắt thiết bị gây nổ TBN.

Nguyên lý hoạt động của thiết bị gây nổ TBN: Để chuyển thiết bị sang trạng thái chiến đấu cần tháo chốt an toàn 9, lúc này dưới tác dụng của lò xo 11 thì kim hỏa 12 cùng trục liên kết 3 và piston 2 ép vào chất dẻo giữ chậm làm cho chất dẻo này đùn lên phía trên thông qua khe hở giữa piston và phần thân 4. Khi kim hỏa và trục liên kết dịch chuyển khoảng 5÷8 mm (tương ứng với thời gian bảo hiểm) thì viên bi 7 rơi vào khoảng trống giữa ống lót 8 và kim hỏa 12. Kim hỏa được giải phóng khỏi trục liên kết và tì vào chốt bẫy 10. Khi chốt bẫy được rút ra, dưới tác dụng lò xo thì kim hỏa lao xuống đâm vào kíp nổ, gây nổ kíp.

Thiết bị gây nổ TBN có thời gian bảo hiểm T chuyển thiết bị gây nổ sang trạng thái chiến đấu để bảo đảm an toàn cho người sử dụng khi bố trí mìn. Bộ phận làm việc đảm bảo nguyên lý mở bảo hiểm cho thiết bị gây

nổ là phần piston có chứa chất dẻo giữ chậm. Việc tính toán, thiết kế thiết bị gây nổ cần có sự tính toán lý thuyết cũng như các thực nghiệm để đưa ra phương án tối ưu cho việc chế tạo sản phẩm. Trong nghiên cứu này, chúng tôi tập trung nghiên cứu chuyển động của thanh trượt trong thiết bị gây nổ trên quan điểm của động lực học chất lưu. Mô hình tính toán chuyển động của thanh trượt được mô tả trong hình 2. Khối thanh trượt và piston hình trụ (ký hiệu P) có khối lượng M. Thanh trượt có đường kính d; phần piston có đường kính D và chiều dài L. Vỏ nhựa hình trụ có đường kính D_0 và chiều dài L_0 .

Vòm khe hẹp có chiều rộng $\delta = 0,5(D_0 - D)$. Chất dẻo giữ chậm có độ nhớt cao với có khối lượng riêng ρ và độ nhớt động lực học là μ . Chất dẻo này được coi như không nén được hoặc độ nén rất nhỏ dưới tác dụng của piston (áp suất không quá lớn).



Hình 2. Mô hình piston và thanh trượt chuyển động trong vỏ.

2. XÂY DỰNG PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN LÝ THUYẾT

2.1. Các phương trình động lực học mô tả chuyển động của thanh trượt

Giả thiết khối thanh trượt và piston không biến dạng dưới tác dụng của lò xo và lực nhớt. Áp suất trước và sau piston là p_1 và p_2 .

(hình 2). Thanh trượt chuyển động với vận tốc V . Các lực tác dụng lên thanh trượt là: Lực lò xo F_{lx} , áp lực do các áp suất p_1 và p_2 tạo ra, lực nhót do chất dẻo giữ chậm qua khe hẹp giữa piston và vỏ. Áp dụng định luật II Newton, phương trình mô tả chuyển động của thanh trượt được viết theo phương trình sau [2]:

$$M\dot{V} = F_{lx} - p_1 S_1 + p_2 S_2 - \Gamma \quad (1)$$

Trong đó, $\dot{V}$ là đạo hàm theo thời gian của vận tốc của thanh trượt P ; S_1 và S_2 lần lượt là diện tích mặt trước và mặt sau piston.

Lực lò xo tuân theo định luật Hooke: $F_{lx} = K \Delta l$, trong đó K là độ cứng lò xo và Δl là độ nén của lò xo so với vị trí cân bằng. Tại thời điểm ban đầu, lò xo nén là Δl_0 tương ứng với lực lò xo lúc đầu là F_{lx0} . Ký hiệu $X(t)$ là dịch chuyển của piston theo thời gian t , $X_{\max}$ là chiều dài lớn nhất của hành trình piston, ta có: $0 \leq X(t) \leq X_{\max}$. Khi piston dịch chuyển được quãng đường là $X(t)$ thì độ nén của lò xo sẽ giảm xuống còn $\Delta l_0 - X(t)$. Lực lò xo F_{lx} lúc đó được tính theo công thức:

$$F_{lx} = K \cdot (\Delta l_0 - X(t)) \quad (2)$$

Giá trị ban đầu Δl_0 coi như đã biết hoặc có thể tính qua công thức: $\Delta l_0 = F_{lx0}/K$. Từ biểu thức (2) nhận thấy rằng F_{lx} giảm tuyến tính theo $X(t)$ và do đó giảm dần theo thời gian. Vận tốc thanh trượt V có thể tính theo đạo hàm

của dịch chuyển, tức là: $V = \partial(X(t))/\partial t$. Do đó, phương trình (1) có thể viết theo ẩn số là dịch chuyển $X(t)$ như sau:

$$M \frac{\partial^2 (X(t))}{\partial (t^2)} = F_{lx} - p_1 S_1 + p_2 S_2 - \Gamma \quad (3)$$

Trong đó, các đại lượng F_{lx} , p_1 , p_2 và Γ đều là các hàm số của quãng đường $X(t)$ (hay V).

Giải phương trình vi phân (1) hoặc (3) cho kết quả là $V(t)$ hoặc $X(t)$. Từ đó xác định thời gian chuyển động T của thanh trượt mở bảo hiểm. Để tính toán các đại lượng này, cần thêm lý thuyết về động lực học chất lỏng nhót. Nội dung này sẽ được làm rõ trong mục tiếp theo.

2.2. Tính toán chất lỏng nhót chảy chậm qua vòm khe hẹp của piston và vỏ

Để giải được phương trình (3) cho kết quả dịch chuyển $X(t)$ hoặc phương trình (1) cho kết quả vận tốc thanh trượt $V(t)$ thì các đại lượng áp suất và lực nhót Γ cần được tính thông qua $V(t)$ hoặc $X(t)$. Tuy nhiên, việc tìm nghiệm giải tích của phương trình Navier-Stokes là không thể trong trường hợp tổng quát. Nghiệm giải tích chỉ có được khi biết các điều kiện nhất định và kèm theo các giả thiết cụ thể của bài toán. Do Γ chỉ cần tính trên vòm khe hẹp δ (nơi tác dụng chủ yếu của lực nhót); dòng chất lỏng chảy rất chậm nên sẽ là dòng chảy tầng và hình dạng của piston trụ là đối xứng nên ta sẽ đưa việc tính toán các đại lượng cần tìm về bài toán phân tích dòng chảy tầng có áp qua khe hẹp giữa hai mặt trụ tròn đồng tâm có các đường kính mặt trụ trong và mặt trụ ngoài lần lượt là D và D_0 với chiều dài khe hẹp là L . Về điều kiện biên đã biết, trong đó trụ trong D chuyển động với vận tốc V , điều kiện biên áp suất là p_1 và p_2 . Mối liên hệ giữa độ chênh áp suất $\Delta p = p_1 - p_2$ với lực nhót Γ theo giá trị vận tốc V sẽ được trình bày cụ thể trong mục này.

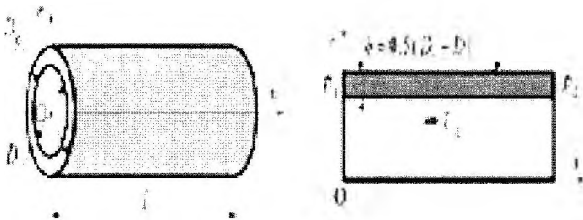
Mô hình tính toán và điều kiện biên được mô tả trong hình 3. Thành phần vận tốc dọc trục (theo phương x) của chất lỏng qua khe hẹp u_x trong hệ tọa độ trục (hình 3a) có dạng

[3]:

$$u_x = \frac{r^2}{4\mu} \frac{\partial p}{\partial x} + C_1 \ln r + C_2, \quad (4)$$

Trong đó, $\partial p / \partial x$ là gradient áp suất theo trục dọc; C_1 và C_2 là các hằng số và được xác định theo các điều kiện biên. Trong dòng chảy có áp, $\partial p / \partial x$ được tính theo công thức sau [3]:

$$\frac{\partial p}{\partial x} = \frac{p_2 - p_1}{L} \quad (5)$$



Hình 3. Tính toán dòng chảy tầng có áp giữa hai mặt trụ đồng tâm, mặt trụ ngoài cố định và mặt trụ trong chuyển động với vận tốc U_0 .

Áp dụng đối với bài toán nêu ra trong hình 3, điều kiện biên được thể hiện như sau:

$$u_x = 0 \rightarrow r = \frac{D_0}{2} = R_2; \quad u_x = U_0 \rightarrow r = \frac{D}{2} = R_1 \quad (6)$$

Trong đó, R_1 và R_2 lần lượt là các bán kính mặt trụ trong và mặt trụ ngoài.

Thay điều kiện biên (6) vào biểu thức (4) sẽ thu được phương trình vận tốc u_x :

$$u_x = \alpha \left[r^2 - R_2^2 + \theta \Psi \ln \frac{r}{R_2} \right] \Delta p + \theta \ln \frac{r}{R_2} U_0 \quad (7)$$

Trong đó, U_0 là vận tốc chuyển động của trụ trong, $\theta = 1 / \ln(R_1 / R_2)$, $\Psi = R_2^2 - R_1^2$ và $\alpha = -1 / 4\mu L$.

Từ biểu thức (7), ta có thể tính được các thông số cơ bản như lưu lượng Q và lực nhớt Γ . Lưu lượng Q được tính theo công thức sau:

$$Q = \int_S u_x dS = \int_{R_1}^{R_2} u_x 2\pi r dr \quad (8)$$

Thay biểu thức (7) vào phương trình (8), sau vài bước tính toán, Q được tính theo công thức sau:

$$Q = \xi \Delta p + \beta U_0 \quad (9)$$

Trong đó: $\xi = \frac{\pi}{8\mu L} \Psi [(1 + \theta) \Psi + 2R_1^2]$ và

$$\beta = \frac{-\pi}{2} (2R_1^2 + \theta \Psi).$$

Khi dòng chất lỏng nhớt chuyển động tương đối với thành ống thì sẽ sinh ra lực ma sát lên thành, lực này được gọi là lực trượt được tạo thành từ ứng suất trượt τ và được xác định theo công thức:

$$\Gamma = \int_{\Sigma} \tau d\Sigma \quad (10)$$

Trong chất lỏng Newton, τ được xác định như sau:

$$\tau = \frac{\partial u_x}{\partial r} \bigg|_{r=R_1} \quad (11)$$

Ở đây, chúng ta chỉ quan tâm đến lực nhớt tác dụng lên mặt trụ trong bán kính R_1 , nên diện tích mặt Σ trong biểu thức (10) được

tính theo công thức sau:

$$\Sigma = 2\pi R_1 L \quad (12)$$

Thay các công thức (7), (11) và (12) vào biểu thức (10), sau khi tích phân thu được công thức tính lực do dòng chất lỏng nhớt tác dụng lên mặt trụ trong:

$$\Gamma = \beta \Delta p + \gamma U_0, \quad (13)$$

Trong đó: $\gamma = 2\pi\mu L\theta$.

Từ phương trình (13) cũng cho thấy lực Γ có độ lớn tuyến tính với chênh áp Δp và vận tốc U_0 . Các công thức tính profile vận tốc (7), lưu lượng (9) và lực nhớt (13) đã được tính theo phương pháp giải tích (nghiệm chính xác), tuy nhiên các đại lượng này có thể được tính một cách gần đúng dựa vào mô phỏng số.

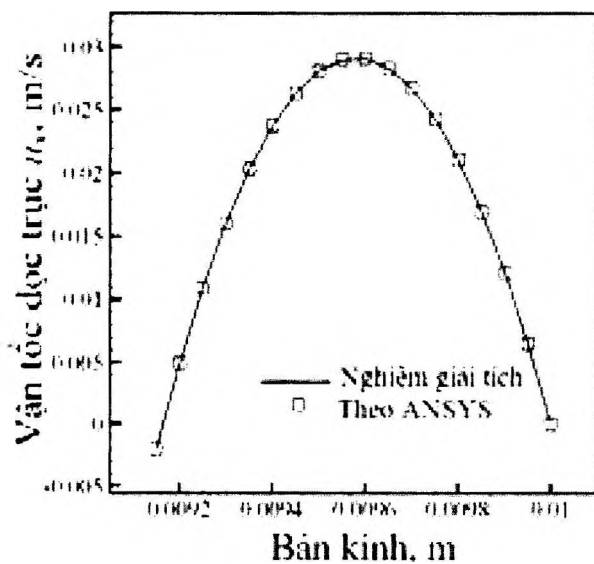
Để kiểm định lại các công thức trên, mô hình được mô phỏng trên phần mềm ANSYS-FLUENT [4].

Mô hình đối xứng trong hình 3 được tạo ra trong môi trường Workbench, Geometry moduler, sau đó lưới đủ mịn được tạo ra bằng module MESHING.

Các thông số hình học để kiểm tra công thức được đặt như sau: $R_1 = 9,15 \text{ mm}$; $R_2 = 10 \text{ mm}$; $L = 6 \text{ mm}$; $\mu = 1,0 \text{ g} \cdot \text{s}^{-1} / \text{mm}$ và $U_0 = 2 \text{ mm/s}$. Kết quả so sánh lưu lượng Q và lực nhớt Γ bằng giải tích và ANSYS đối với các trường hợp áp suất khác nhau được cho trong bảng 1. Profile vận tốc được so sánh trong hình 4. Từ các kết quả so sánh cho thấy, sự khác nhau nhỏ hơn 1%. Do đó, các công thức được đưa ra là chính xác và được làm cơ sở tin cậy để tính toán sau này.

Bảng 1. So sánh kết quả tính toán lưu lượng và lực nhớt theo lý thuyết và theo ANSYS:

$\Delta p \text{ (Pa)}$	Kết quả giải tích		Kết quả tính theo ANSYS		Sai số	
	$Q \text{ (m}^3/\text{s)}$	$\Gamma \text{ (N)}$	$Q \text{ (m}^3/\text{s)}$	$\Gamma \text{ (N)}$	$Q \text{ (m}^3/\text{s)}$	$\Gamma \text{ (N)}$
1000	4.6357E-07	2.522E-02	4.6715E-07	2.523E-02	0.77%	0.04%
2000	9.7677E-07	5.044E-02	9.8385E-07	5.046E-02	0.72%	0.04%



Hình 4. So sánh kết quả tính toán vận tốc u_x theo lý thuyết và mô phỏng ANSYS ($\Delta p = 2000$ Pa).

2.3. Tính toán lý thuyết chuyển động của thanh trượt

Dựa vào các công thức giải tích đã được kiểm chứng ở mục 2.2, chuyển động của thanh trượt được tính toán thông qua việc giải phương trình chuyển động được nêu trong mục 2.1. Thay vận tốc U_0 trong các phương trình ở mục 2.1 bởi vận tốc thanh trượt $V = -U_0$, lưu lượng Q và lực nhớt Γ được tính trong trường hợp này như sau:

$$Q = \xi \Delta p - \beta V; \quad \Gamma = \beta \Delta p - \gamma V \quad (14)$$

Do chất lỏng không nén được nên ta có thể dễ dàng suy ra $Q = S_1 V$. Kết hợp với biểu thức (14) ta nhận được mối liên hệ giữa chênh áp Δp và vận tốc thanh trượt V như sau:

$$\Delta p = \frac{S_1 + \beta}{\xi} V \quad (15)$$

Từ biểu thức (15), ta thấy mối liên hệ giữa chênh áp và vận tốc thanh trượt là tuyến tính, hệ số tuyến tính chỉ phụ thuộc vào kích thước hình dạng của thiết bị gây nò và độ nhớt của chất lỏng. Biến đổi phương trình (1) như sau:

$$M\dot{V} = F_{lx} - p_1 S_1 + p_2 S_2 - \Gamma = F_{lx} - \Delta p^* S_1 + p_2 (S_2 - S_1) - \Gamma \quad (16)$$

Trong điều kiện vô được làm kín ở bên trái (không cho không khí thoát ra), piston sử dụng ở đây là tác dụng một phía. Khi đó piston dịch chuyển sang phải và chất lỏng nhớt tràn sang trái sẽ sinh ra áp suất chân không phía khoang trái (vì lượng chất lỏng tràn qua không đủ bù được khoảng trống do piston dịch chuyển). Giả sử lúc đầu chất lỏng được điền đầy cả khoang, khi đó áp suất p_2 là áp suất chân không tuyệt đối và có giá trị tính theo áp suất dư là $p_2 = -p_a$ với p_a là áp suất khí quyển. Ngoài

$$\text{ra: } S_2 - S_1 = \pi D^2 / 4 - \pi (D^2 - d^2) / 4 = \pi d^2 / 4$$

Đặt $F_a = p_a \pi d^2 / 4$ thì phương trình (16) có thể viết lại như sau:

Chú ý rằng Δp^* trong công thức (17) được tính trung bình trên toàn mặt S_1 và S_2 , trong trường hợp tổng quát giá trị đó sẽ khác với Δp trong công thức (14) và (15) được tính tại vòm khe hẹp. Trong tính toán ta có thể dùng hệ số hiệu chỉnh $\varepsilon \sim 1$. Ở đây chọn $\varepsilon = 1,05$. Thay phương trình (14) vào phương trình (17) cùng với hệ số hiệu chỉnh ε , ta được:

$$M\dot{V} = F_{lx} - F_a - (\varepsilon S_1 + \beta) \Delta p + \gamma V \quad (18)$$

Kết hợp với phương trình (15), ta được phương trình với ẩn số là V như sau:

$$M\dot{V} = F_{lx} - F_a - \left[(\varepsilon S_1 + \beta) \frac{S_1 + \beta}{\xi} - \gamma \right] V \quad (19)$$

Phương trình vi phân (19) với điều kiện ban đầu ($t = 0$) là $V_0 = 0$. Phương trình này không thể giải được bằng tích phân giải tích vì F_{lx} là lực lò xo sẽ thay đổi theo thời gian (2). Tuy nhiên, ta có thể giải phương trình này dễ dàng dựa vào phương pháp sai phân hữu hạn để rời rạc thời gian. Rời rạc về trái của phương trình (19) theo phương pháp ẩn Euler, giá trị gia tốc được xấp xỉ theo vận tốc như sau:

$$\dot{V} = \frac{V_n - V_{n-1}}{\Delta t} \quad (20)$$

Trong đó, Δt là bước thời gian, V_n là vận tốc thanh trượt tại bước thời gian thứ n .

Vận tốc thanh trượt được tính theo phương pháp lặp, với điều kiện ban đầu đã biết. Thay phương trình (20) vào phương trình (19), sau một vài biến đổi, ta được:

$$V_n = \frac{F_{lx} - F_a - \frac{M}{\Delta t} V_{n-1}}{\left[\frac{M}{\Delta t} + (\varepsilon S_l + \beta) \frac{S_l + \beta}{\xi} - \gamma \right]} \quad (21)$$

Phương trình (21) là dạng cuối cùng để tính vận tốc thanh trượt V theo phương pháp sai phân hữu hạn, quá trình lặp theo bước thời gian cố định Δt với điều kiện đầu V_0 đã biết. Sau mỗi bước thời gian, giá trị của F_{lx} theo công thức (2) được cập nhật theo giá trị của quãng đường $X(t)$:

$$X(t_n) = X(t_{n-1}) + \Delta t \cdot V_n \quad (22)$$

Trong đó, $X_{(n-1)}$ là quãng đường đã dịch chuyển của thanh trượt tại bước thời gian trước. Quá trình lặp các bước thời gian sẽ dừng lại khi quãng đường dịch chuyển $X(t)$ đạt trạng thái cuối cùng: $X(t) = X$.

3. KẾT QUẢ TÍNH TOÁN VÀ THẢO LUẬN

Chương trình tính toán để tính chuyển động của thanh trượt theo phương trình (22) có thể viết trên ngôn ngữ Fortran hoặc tính trong bảng tính Microsoft Excel. Kết quả thu được là giá trị tại từng thời điểm cụ thể t_n của các đại lượng cần quan tâm như vận tốc V_n , chiều dài dịch chuyển X_n .

3.1. Các thông số đầu vào

Các thông số đầu vào về kích thước và đặc trưng động lực học của chất dẻo giữ chậm được thể hiện trong bảng 2 theo các thông số phù hợp với mô hình thực nghiệm để kiểm tra.

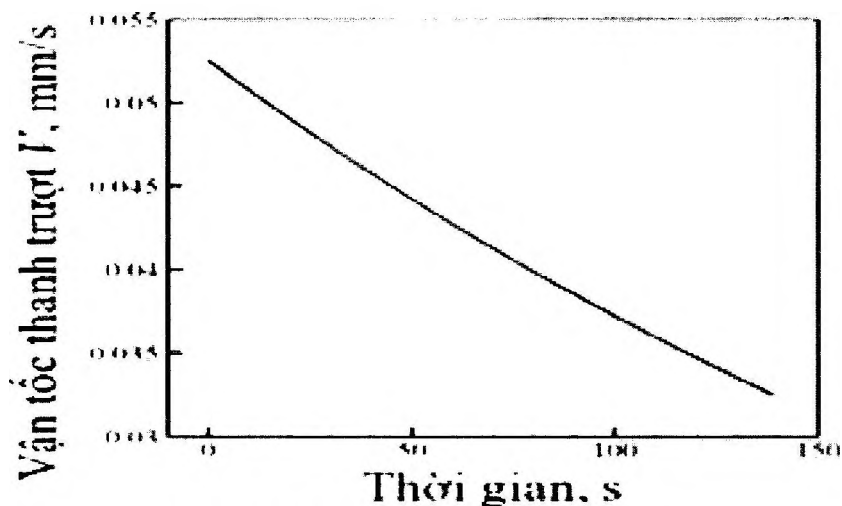
3.2. Kết quả tính toán

Từ các thông số đưa ra ở bảng 2, dùng công thức truy hồi, ta tính được thời gian để thanh trượt dịch chuyển từ vị trí ban đầu đến vị trí $X = 5,7$ mm là $T = 2,32$ phút (139,2 s). Đây chính là thời gian mở bảo hiểm của thiết bị gây nổ. Kết quả này phù hợp với tính toán bằng ANSYS.

Vận tốc trung bình có thể tính theo công thức: $V_{tb} = X/T$, và thu được $V_{tb} \sim 0,0417$ mm/s. Từ kết quả thể hiện vận tốc V_n theo thời gian trên hình 5, nhận thấy vận tốc biến đổi giảm dần (không tuyến tính) từ giá trị ban đầu $\sim 0,053$ mm/s (dưới tác dụng của lực lò xo F_{max}) đến giá trị cuối tại vị trí X là $\sim 0,033$ mm/s. 

Bảng 2. Các thông số đầu vào:

Ký hiệu	Giải thích thông số	Giá trị
D_0	Đường kính vỏ	10,0 mm
D	Đường kính piston	9,15 mm
d	Đường kính trục thanh trượt	4,0 mm
L	Chiều dài piston (khe hẹp)	3,0 mm
δ	Độ rộng khe hẹp	0,425 mm
M	Khối lượng thanh trượt	32 g
μ	Độ nhớt chất dẻo giữ chậm	70.10^3 cP
ρ	Khối lượng riêng chất dẻo giữ chậm	1,05 g/cm ³
K	Hệ số độ cứng lò xo	1,97 N/mm
F_{180}	Lực nén lò xo lúc đầu	37,0 N
Δl_0	Độ nén lò xo lúc đầu	18,5 mm
X	Quãng đường dịch chuyển piston	5,7 mm



Hình 5. Vận tốc thanh trượt theo thời gian.

Nếu thay đổi các thông số như bước thời gian Δt , khối lượng thanh trượt M cũng như khối lượng riêng của chất dẻo giữ chậm thì giá trị T hầu như không thay đổi đáng kể. Điều này có thể giải thích là do độ nhớt chất lỏng rất lớn, số Re rất nhỏ. Và thành phần gia tốc là nhỏ (chất lỏng chuyển động gần đều). Do đó, thành phần lực gia tốc trong phương trình (19) là rất nhỏ so với lực áp suất.

3.3. Khảo sát ảnh hưởng của một số thông số cơ bản đến thời gian dịch chuyển T

Tiến hành khảo sát ảnh hưởng của ba thông số: Lực lò xo ban đầu F_{180} , độ dài piston L và độ nhớt của chất dẻo giữ chậm μ đến thời gian dịch chuyển T (bảng 3).

Bảng 3. Ảnh hưởng các thông số đến thời gian T , phút:

μ , cP $F_{\text{tạo}}, \text{N}$ L , mm	70.10^1			140.10^1		
	37	32	27	37	32	27
3	2.23	2.94	4.05	4.63	5.88	8.10
4	3.09	3.92	5.39	6.17	7.84	10.79
5	3.86	4.90	6.75	7.72	9.79	13.48

Để nhận thấy thời gian T tăng tuyến tính đối với chiều dài piston L . Thời gian T tăng khá nhanh khi lực lò xo tại thời điểm đầu giảm từ 37 N đến 27 N. Thời gian T tăng lên hai lần khi độ nhớt μ tăng gấp đôi. Ngoài ra, có thể tăng thời gian T nếu quãng đường X tăng lên tương ứng. Các ảnh hưởng này có thể giải thích từ công thức tính (9) và (22).

4. KẾT LUẬN

Bài báo đã xây dựng được phương pháp tính thời gian mở bảo hiểm của thiết bị gây nổ bằng kỹ thuật sai phân hữu hạn dựa trên lý thuyết chuyển động của chất lỏng có độ nhớt cao trong ống hình trụ. Phương pháp tính đơn giản và không tốn thời gian chạy máy tính vẫn đảm bảo tính chính xác so với các phần mềm chuyên dụng và mạnh như ANSYS. Khi thay các thông số cụ thể của thiết bị gây nổ TBN, tính được thời gian mở bảo hiểm danh nghĩa của thiết bị gây nổ $T = 2,32$ phút (139,2 s). Dung sai thời gian mở bảo hiểm của thiết bị gây nổ TBN phụ thuộc vào dung sai kích thước piston, thân vỏ, dung sai lực lò xo và ảnh hưởng của nhiệt độ môi trường tới độ nhớt của chất

dẻo giữ chậm. Từ các kết quả tính toán trên, nhận thấy thời gian mở bảo hiểm của thiết bị gây nổ T hầu như không ảnh hưởng bởi khối lượng thanh trượt cũng như khối lượng riêng của chất lỏng nhớt và giá trị thời gian T tăng lên tuyến tính nếu tăng độ nhớt chất lỏng hoặc chiều dài piston L cũng như chiều dài chờ X , trong trường hợp lực lò xo tại thời điểm ban đầu nhỏ hoặc độ cứng lò xo giảm thì thời gian T tăng nhanh đáng kể (phi tuyến).❖

Ngày nhận bài: 07/02/2022

Ngày phản biện: 15/02/2022

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Инженерные боеприпасы. Руководство по материальной части и применению. Книга пятая (1987). Военное издательство Министерства Обороны СССР, 28 - 30.
- [2]. Jan Vierendeels, Kris Dumont, Erik Dick, Pascal Verdonck (2005). "Analysis and Stabilization of Fluid-Structure Interaction Algorithm for Rigid-Body Motion", AIAA JOURNAL, Vol.43, No.12, 2549 - 2557.
- [3]. Philip M. Gerhart, John I. Hochstein, Andrew L. Gerhart (2015). "Fundamentals of Fluid Mechanics". 8th Edition, Wiley.
- [4]. Ansys Fluent Tutorial Guide 2019.