TÍNH TOÁN QUÁ TRÌNH MỞ BẢO HIỂM PHỤC VỤ THIẾT KẾ VÀ THỬ NGHIỆM SẢN PHẨM V-25

CANCULATION OF ARMING PROCESS FOR DESIGN AND TESTING PRODUCT V-25

Nguyễn Văn Tưởng[1], Vũ Đức Luân[2], Phạm Đức Hùng[2], Ngô Tiến Sỹ[1]
[1]Tổng cục Công nghiệp Quốc phòng
[2]Học viện Kỹ thuật Quân sự

TÓM TẮT

Trên cơ sở các tham số kết cấu của các mẫu sản phẩm V-25, nhóm tác giả tiến hành tính toán, xác định các khoảng cách và các thời điểm của cơ cấu bảo hiểm quán tính, cơ cấu bảo hiểm ly tâm và của toàn sản phẩm. Kết quả khảo sát cho phép đánh giá tính mở bảo hiểm tương đối toàn diện của sản phẩm, đồng thời làm cơ sở cho phân tích và đề xuất những chỉ tiêu thiết kế và giải pháp thử nghiệm sản phẩm.

Từ khóa: *Sản phẩm V-25; Cơ cấu bảo hiểm; Quá trình mở bảo hiểm.*

ABSTRACT

On the basis of structural parameters of real samples of the product V-25, the authors conducted a survey to determine the distances and moments of the safety and arming mechanisms (setback mechanism, the centrifugal mechanism) and of the whole fuze. The calculation results allow to evaluate the relatively comprehensive arming process of the fuze, and at the same time serve as a basis for analyzing and proposing design criteria and solutions for testing the product.

Keywords: *Product V-25; Safety mechanism; Arming process.*

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

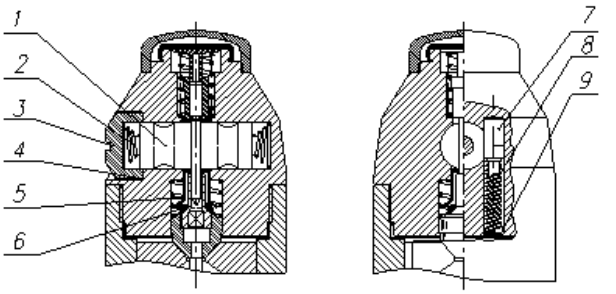
Sản phẩm V-25 đồng bộ với đạn phản lực M-14-ОФ có hai tầng bảo hiểm: quán tính và ly tâm nối tiếp nhau để đảm bảo độ an toàn trước khi bắn, khi bắn và trên đường bay [1, 3]. Theo các thông số được công bố, quá trình mở bảo hiểm sẽ kết thúc khi đầu đạn ra khỏi bệ phóng từ 5 m đến 100 m [2, 3]. Với các thông số này, việc thử nghiệm khoảng cách mở bảo hiểm tối thiểu sẽ gặp nhiều khó khăn, do đầu đạn có uy lực lớn, động cơ chứa nhiều thuốc phóng, tại khoảng cách 5 m thuốc phóng còn đang tiếp tục cháy… Vì vậy, trong quá trình thiết kế, chế tạo, trước khi xác định lại các thông số chiến – kỹ thuật và đặc biệt là khi xây dựng các hạng mục thử, quá trình mở bảo hiểm của sản phẩm cần được tính toán và đánh giá đầy đủ.

Các tác giả đã tiến hành đo đạc, phân tích, tính toán các số liệu kết cấu của sản phẩm và thuật phóng của đạn, tính toán độ an toàn ☞

trước khi bắn, các cơ cấu bảo hiểm quán tính, ly tâm để xác định được các khoảng cách và thời điểm của các cơ cấu bảo hiểm và của toàn sản phẩm.

2. THÔNG SỐ KẾT CẤU VÀ THUẬT PHÓNG

Cấu tạo hệ thống bảo hiểm kiểu quán tính kết hợp ly tâm của sản phẩm V-25 được trình bày trên hình 1. Các thông số khảo sát mẫu chính được trình bày trong các bảng 1, 2, 3.



Hình 1. Cơ cấu bảo hiểm hỗn hợp quán tính – ly tâm trong sản phẩm V-25.
1 - Chốt ly tâm; 2, 6, 8 - Lò xo; 3 - Ốc nút;
4 - Vòng bịt kín; 5 - Ống chẹn;
7 - Chốt quán tính; 9 - Đĩa giữ.

Bảng 1. Các thông số của cơ cấu bảo hiểm quán tính

TT	Đại lượng	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị
1	Khối lượng chốt hãm	m	3,06	g
2	Đoạn đường mở bảo hiểm của chốt hãm: a	a	14	mm
3	Lực cản của lò xo ở thời điểm mở bảo hiểm	$R_{m\,min}$	0,385	N
4	Lực cản của lò xo ở thời điểm mở bảo hiểm	$R_{m\,max}$	0,5163	N
5	Lực cản lò xo ở trạng thái lắp	$R_{l\,min}$	0,074	N
6	Lực cản lò xo ở trạng thái lắp	$R_{l\,max}$	0,1182	N
7	Biến dạng lò xo khi lắp	λ_l	3,33	mm
8	Khối lượng lò xo	μ	0,1	g
9	Bán kính chốt hãm	r	3	mm
10	Chiều dài chốt hãm	l	12	mm
11	Khoảng cách từ khối tâm đến cuối phần đường kính lớn của chốt hãm	l_c	5	mm
12	Khoảng cách từ chốt hãm tới trục quay đầu đạn	r_0	9,4	mm

ISSN 2615 - 9910 (bản in), ISSN 2815 - 5505 (online)
TẠP CHÍ CƠ KHÍ VIỆT NAM, Số 304 tháng 6 năm 2023
cokhivietnam.vn / tapchicokhi.com.vn

Bảng 2. Các thông số của cơ cấu bảo hiểm ly tâm

TT	Đại lượng	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị
1	Số lượng chốt ly tâm	n	2	
2	Khối lượng chốt ly tâm	m_{lt}	3,8	g
3	Đoạn đường mở bảo hiểm của chốt hãm	a	2,5	mm
4	Độ cứng của lò xo bảo hiểm	C_{lx}	300	N/m
5	Lực cản của lò xo ở trạng thái lắp	R_l	6	N
6	Khoảng cách từ tâm hạt ly tâm tới trục quay đầu đạn	r_0	6,33	mm
7	Khối lượng lò xo	μ	0,09	g
8	Khối lượng khối va đập phản lực	m_{vd}	2,2	g
9	Chiều cao của lò xo ở trạng thái tự do	h_0	8,1...9	mm
10	Chiều cao của lò xo ở trạng thái lắp	h_l	3,91..5,13	mm
11	Lực cản của lò xo ở trạng thái lắp	R_{lmin}; R_{lmax}	1,75 3,06	N
12	Lực cản của lò xo ở thời điểm mở bảo hiểm	$R_{m\,min}$; $R_{m\,max}$	3,09 4,82	N

Bảng 3. Số liệu thuật phóng trong của đạn phản lực M-14-ОФ

STT	Các đại lượng	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị đo
1	Lực thuốc phóng	f_o	920000	J/kg
2	Hệ số đoạn nhiệt	k	1,25	
3	Các hệ số trong tổn thất	a, b	0,3; 5	
4	Tổn thất lưu lượng	φ_2	0,92	
5	Khối lượng đầu đạn kể cả ngòi	m	39,6	kg
6	Chiều dài ban đầu của TP	L	0,515	m
7	Đường kính ngoài của TP	D_n	0,0433	m
8	Đường kính trong của TP	$d_t(i)$	0,01	m
9	Khối lượng ban đầu của TP	ω	7,65	kg
10	Đường kính tiết diện tới hạn	d_{th}	0,0129	m
11	Đường kính trong buồng đốt	D_k	0,132	m
12	Hệ số mũ của quy luật tốc độ cháy	ν	0,7	
13	Hệ số lực đẩy	C_p	1,628	

Bảng 4. Số liệu thuật phóng ngoài của đạn phản lực M-14-ОФ

STT	Các đại lượng	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị đo
1	Nhiệt độ tiêu chuẩn	T	273	^oK
2	Nhiệt độ không khí	T_k	293	^oK
3	Khối lượng TP	ω	7,65	kg
4	Góc phóng	θ	45^o	độ
5	Đường kính ngoài của đạn	D_n	0,140	m
6	Hệ số hình dạng đạn	i_{hd}	1,3	
7	Hệ số phóng	C	0,64	m^2/kg

3. TÍNH TOÁN AN TOÀN TRƯỚC KHI BẮN

– Điều kiện an toàn của cơ cấu bảo hiểm quán tính:

Điều kiện an toàn trước khi bắn của cơ cấu [4]:

$$R_{\min} \geq \frac{2(\lambda_1 + a)}{(2\lambda_1 + a).a} mgH(1+\beta)^2$$

Thay số liệu vào, ta được:

$$\frac{2(\lambda_1+a)}{(2\lambda_1+a).a} mgH(1+\beta)^2 = \frac{2(3,33+14).10^{-3}}{(2.3,33+14).14.10^{-6}}.3,06.10^{-3}.9,81.2.(1+0,6)^2 = 18,42(N)$$

$R_{m\ min}$ = 0,385 N < 18,42 N.

Như vậy, lực cản lò xo giữ chốt quán tính khá nhỏ. Tuy nhiên, sản phẩm vẫn đảm bảo an toàn bởi chốt ly tâm vẫn đang ở vị trí chặn giữ kim hỏa.

– Điều kiện an toàn của cơ cấu bảo hiểm ly tâm:

Độ an toàn trong bảo quản vận chuyển được kiểm tra theo điều kiện [1].

$$R_{l\min} \geq m'.r_0.\frac{5,3.g.H}{d^2}$$

Hay

$$1,75N \geq \left(3,8+\frac{0,09}{3}\right).10^{-3}.6,33.10^{-3}\frac{5,3.9,81.6}{0,14^2} = 0,3858(N)$$

Vậy, điều kiện an toàn trong bảo quản, vận chuyển được đảm bảo.

4. TÍNH TOÁN QUÁ TRÌNH MỞ BẢO HIỂM

– Kiểm tra độ tin cậy mở bảo hiểm quán tính:

Vì đây là ngòi đạn phản lực nên điều kiện tin cậy mở bảo hiểm của cơ cấu là [1]:

$$R_{m\max} < \gamma_1 m'\left(\frac{dV}{dt}\right)_{\max} - d_1N_0 - d_2mr_0K_M^2V_{\max}^2$$

Thay số vào vế phải của bất phương trình, ta được:

$$0,7.(3,06+\frac{0,1}{3}).10^{-3}.332,18-0,4.0,09-0,053.3,06.10^{-3}.9,4.10^{-3}.1,315^2.400^2 = 0,6248\ N.$$

Do 0,6248 > $R_{m\ max}$ = 0,5163 nên điều kiện mở bảo hiểm tin cậy được đảm bảo.

ISSN 2615 - 9910 (bản in), ISSN 2815 - 5505 (online)
TẠP CHÍ CƠ KHÍ VIỆT NAM, Số 304 tháng 6 năm 2023
cokhivietnam.vn / tapchicokhi.com.vn

– Xác định thời điểm chốt quán tính chuyển động:

Phương trình chuyển động của chốt quán tính có dạng [1]:

$$\frac{d^2x}{dt^2} + K^2 x = K_0^{'} - K_v^{'} t^2$$

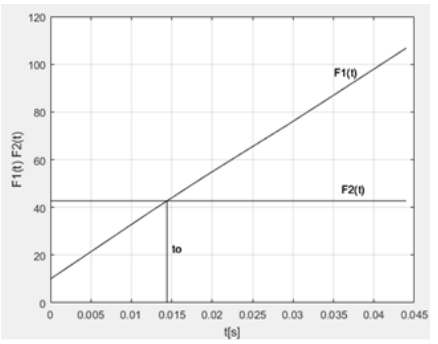
- Xác định các hằng số:

$$K_V = \frac{d_2 m r_0 K_M^2}{m'} = \frac{0,053.3,06.10^{-3}.9,4.10^{-3}.1,315^2}{\left(3,06+\frac{0,1}{3}\right).10^{-3}} = 0,8522.10^{-3}(l/m).$$

$$K^2 = \frac{R_m - R_1}{a.m'} = \frac{0,45065 - 0,0961}{14.10^{-3}.\left(3,06+\frac{0,1}{3}\right).10^{-3}} = 8188 \Rightarrow K = 90,488.$$

$$K_0 = \frac{R_1 + d_1 N_0}{m'} = \frac{0,0961 + 0,09.0,4}{\left(3,06+\frac{0,1}{3}\right).10^{-3}} = 42,7(m/s^2).$$

Thời điểm chốt quán tính chuyển động được xác định bằng điểm giao đồ thị hai hàm số: $f_1(t) = \frac{dV}{dt} - K_V.V^2$ và $f_2(t) = K_o$.



Hình 3. Đồ thị xác định t_0

Kết quả trên hình 3 cho thấy thời điểm chốt quán tính mở bảo hiểm là $t_0 = 0,014s$, ứng với khoảng cách mà đạn chuyển dịch được là là 0,024m.

5. TÍNH TOÁN CƠ CẤU BẢO HIỂM LY TÂM

– Kiểm tra độ tin cậy mở bảo hiểm ly tâm:

Điều kiện tin cậy mở bảo hiểm khi bắn được kiểm tra bằng bất đẳng thức [1].

$$R_{m\max} \le \gamma_2 .m^{'}\left(r_0 + a\right)K_M^2 V_{\max}^2 - f.\left(S_{tb} + F_{dg}\right)$$

Trong đó:

$$S_{tb} = m\left(\frac{dV}{dt}\right)_{tb} = 3,8.10^{-3}.160 = 0,608(N)$$

$$F_{dg} = \frac{2.m_{vd}}{n}\left(\frac{dV}{dt}\right)_{tb} = \frac{2.2,2.10^{-3}}{2}.160 = 0,352(N).$$

$$\Rightarrow 0,6.\left(3,8+\frac{0,09}{3}\right).10^{-3}.(6,33+2,5).10^{-3}.1,315^2.400^2 - 0,2\left(0,608+0,352\right) = 9,52(N).$$

Do $R_{m\max} = 4,82 \le 9,52$ nên điều kiện tin cậy mở bảo hiểm khi bắn được đảm bảo.

– Xác định thời điểm chốt ly tâm chuyển động:

Phương trình chuyển động của chốt ly tâm có dạng [2]:

$$r_0 K_M^2 V_0^2 - \frac{R_l}{m'} - B_M\left(\frac{dV}{dt}\right)_0 = 0,$$

với $B_M = f\frac{m}{m'}\sqrt{\left(1+\frac{2m_{vd}}{n.m}\right)^2 + K_M^2.r_0^2}$.

Thay số vào, ta có:

$$B_M = 0,2.\frac{3,8.10^{-3}}{(3,8+\frac{0,09}{3}).10^{-3}}.\sqrt{(1+\frac{2.2,2.10^{-3}}{2.3,8.10^{-3}})^2 + 1,315^2.(6,33.10^{-3})^2} = 0,314.$$

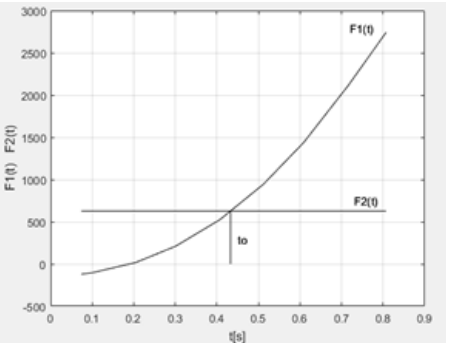
$$R_l = \frac{R_{l\min} + R_{l\max}}{2} = \frac{1.75 + 3.06}{2} = 2,405N.$$

Kí hiệu:

$$F_1(t) = r_0 K_M^2 V^2 - B_M \frac{dV}{dt},$$

$$F_2(t) = \frac{R_l}{m'}.$$

Xây dựng được đồ thị 2 hàm số nêu trên, giao điểm của đồ thị hai hàm cho ta giá trị t_0.



Hình 4. Đồ thị xác định t_0

Từ đồ thị cho ta thấy thời điểm chuyển dịch của hạt ly tâm là t_0 = 0,43 s, tương ứng với khoảng cách chuyển động của đạn so với ống phóng là 23 m.

6. KẾT QUẢ, BÀN LUẬN VÀ ĐỀ XUẤT

Sản phẩm V-25 sử dụng cơ cấu bảo hiểm hỗn hợp quán tính – ly tâm nên có độ an toàn trước khi bắn cao, cũng do vậy nên các nhà thiết kế đã sử dụng lò xo bảo hiểm quán tính khá yếu, để đảm bảo mở tin cậy, trong quá trình mở bảo hiểm quán tính thì sản phẩm được cơ cấu ly tâm đảm bảo an toàn: tại thời điểm t = 0,014 s, chốt quán tính mở bảo hiểm ứng với tầm bắn của đạn là 0,024 m. Tại thời điểm t = 0,43 s, chốt ly tâm làm việc, lúc này sản phẩm được mở bảo hiểm hoàn toàn tương ứng với tầm bắn của đạn là 23 m. Giá trị tính toán này cũng phù hợp với tính năng được công bố trên các tài liệu là từ 5÷100 m [2, 3].

Dựa vào kết quả tính toán được ở trên và các tính năng đã biết, có thể đề xuất một số định hướng tính toán và thử nghiệm thay thế sau:

- Mở rộng tính toán đối với bộ thông số kết cấu thay đổi trong phạm vi dung sai cho phép và điều kiện bắn thay đổi để xác định khoảng cách mở bảo hiểm lớn nhất và nhỏ nhất, từ đó đánh giá cụ thể hơn dải mở bảo hiểm (thu hẹp lại, phạm vi 5÷100 m là khá rộng và tản mát tuyệt đối, tương đối đều lớn). Dựa vào các tính toán này, đề xuất điều chỉnh chỉ tiêu thiết kế phù hợp hơn, theo hướng đẩy khoảng cách mở bảo hiểm tối thiểu ra xa hơn (trên 30 m). Hướng này thỏa mãn tốt hơn yêu cầu chiến, kỹ thuật và có thể thực hiện thử nghiệm kiểm chứng [4].

- Mô phỏng vật lý trên các thiết bị thử ly tâm, để xác định được các thông số mở bảo hiểm của cơ cấu ly tâm. Xây dựng quy hoạch thực nghiệm để đánh giá đầy đủ và tin cậy, từng bước khẳng định tính chắc chắn của kết quả thử [1, 4].

Thiết kế, chế tạo và thử nghiệm sản phẩm V-25 là một quá trình khó khăn, phức tạp, tiềm ẩn những nguy hiểm. Vì vậy, cần thu thập, tính toán, phân tích dữ liệu thận trọng để điều chỉnh các thông số thiết kế và phương pháp đánh giá, thử nghiệm phù hợp với điều kiện thực tế. Nội dung và kết quả của báo cáo khoa học này chính là đáp ứng từng bước nhiệm vụ đã nêu. ❖

Ngày nhận bài: **02/02/2023**
Ngày phản biện: **20/02/2023**

Tài liệu tham khảo:

[1]. Быжко Н.П. Основы проектирования взрывателей и трубок к пороховым реактивным снарядам. Военная Артиллерийская Академия им. Дзержинского. Москва, 1953.
[2]. Боевая машина БМ-24. Руководство службы. Военное Издательство Министерства Обороны СССР, Москва , 1958.
[3]. Головной взрыватель В-25М. Руководство службы. Военное издательство Министерства Обороны СССР, Москва, 1968.
[4]. Оружие России. Ред. И. Клебанов и Ю. Бабушкин. Москва, Военный парад, 2000.