

TÍNH TOÁN THIẾT KẾ MẪU CƠ CẤU BẢO HIỂM QUẢN TÍNH SỬ DỤNG TRONG VŨ KHÍ CHỐNG TĂNG

DESIGNING INERTIA SWITCH SAMPLE OF ANTI-TANK WEAPONS

ThS. Trần Đình Kiên, TS. Phan Thế Sơn, TS. Nguyễn Hanh Hoàn
Viện Khoa học Công nghệ Quân sự

TÓM TẮT

Cơ cấu bảo hiểm quản tính (BHQT) trong vũ khí chống tăng đảm bảo an toàn trong bảo quản vận chuyển, tin cậy mở bảo hiểm khi bắn. Nguyên lý hoạt động của nó dựa vào lực quán tính, lực đàn hồi của lò xo. Bài báo trình bày phương pháp tính toán thiết kế cơ cấu BHQT theo mẫu cụm BHQT của động cơ hành trình (ĐCHT) tên lửa Fargot. Kết quả tính toán được kiểm chứng bằng thực nghiệm từ đó cho ra một cách tính toán có thể ứng dụng trong chế thử vũ khí.

Từ khóa: Lực quán tính; Lực đàn hồi; Độ cứng; Quá tải.

ABSTRACT

The inertia switch of anti-tank weapons is used for ensuring safety in storage, transportation and reliably opening when firing. It's operating principle is based on the inertia force and spring force. This paper presents a method of designing an inertia switch, based on the design of inertia – switch sample in the Fargot cruise engine. Calculation results were validated with experiments, so the calculation method is able to be applied in the weapon manufacturing and testing procedure.

Keywords: Inertia force; Elastic force (spring force); Stiffness; Overload.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Vũ khí chống tăng được sử dụng rộng rãi trong chiến đấu, bao gồm nhiều loại như: B72, B87, B89, Konkurs, Fargot,... Độ an toàn trong quá trình vận chuyển, tin cậy mở bảo hiểm khi bắn được quyết định bởi các loại cơ cấu bảo hiểm trong nó.

Cơ cấu bảo hiểm có nhiều loại: quán tính, ly tâm, khí động lực, nhiệt và thuốc cháy, động lực không khí. Trong đó, BHQT được sử dụng rộng rãi hơn cả, đặc biệt đối với đạn có

gia tốc dọc trục lớn. Vì nó hoạt động dựa vào lực quán tính, lực đàn hồi của lò xo nên có tính ổn định và độ an toàn cao. Ngoài ra, nó có độ bền tốt, bảo quản được lâu dài, khả năng kiểm tra gần như hoàn toàn các chi tiết cơ bản nên dễ dàng thay thế, sửa chữa.

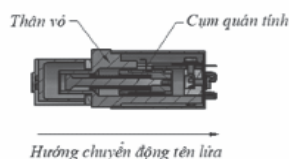
Trong phạm vi bài báo, nhóm tác giả trình bày tính toán thiết kế BHQT theo mẫu BHQT ĐCHT tên lửa Fargot. Khả năng làm việc của sản phẩm được kiểm tra bằng thực nghiệm, phân tích và đánh giá.



2. TÍNH TOÁN THIẾT KẾ BẢO HIỂM QUÁN TÍNH

2.1. Cấu tạo và nguyên lý hoạt động của BHQT ĐCHT tên lửa Fargot

BHQT nằm trên bộ thu thuộc khối điều khiển của thiết bị điều khiển trên khoang của tên lửa [1]. Cấu tạo gồm: thân vỏ – cố định với tên lửa và cụm quán tính (CQT) – chuyển động được tương đối với thân vỏ (hình 1).



Hình 1. Bảo hiểm quán tính.

Nguyên lý hoạt động: khi phóng, gia tốc tên lửa (quá tải) tăng, lực quán tính đẩy CQT chuyển động ngược lại so với hướng chuyển động tên lửa (lò xo bị nén), cấp nguồn cho ĐCHT (mở bảo hiểm lần 1). Khi quá tải giảm, lực lò xo đẩy CQT chuyển động cùng hướng tên lửa, cấp nguồn cho đèn pha (mở bảo hiểm lần 2).

2.2. Tính toán thiết kế cơ cấu bảo hiểm theo mẫu BHQT tên lửa Fargot

Trên cơ sở nghiên cứu phân tích BHQT ĐCHT tên lửa Fargot, bài toán đặt ra là thiết kế cơ cấu BHQT đạt được các chỉ tiêu (bảng 1) [1].

Bảng 1. Các chỉ tiêu kỹ thuật của BHQT ĐCHT tên lửa Fargot.

TT	Tên gọi	Ký hiệu	Đơn vị (m/s ²)	Đơn vị (g)
1	Quá tải khi mở bảo hiểm lần 1	a_{m1}	2440 ± 100	248 ± 10
2	Quá tải khi mở bảo hiểm lần 2	a_{m2}	415 ± 30	42 ± 3

CQT (trừ lò xo) và các chi tiết khác được chế tạo đúng theo chuẩn (kích thước, khối lượng, vật liệu, yêu cầu kỹ thuật...) của sản phẩm Fargot. Ở đây, nhóm tác giả trình bày tính toán thiết kế chế tạo chi tiết lò xo.

Theo tài liệu [1], các thông số lò xo đã biết (bảng 2).

Thông số cần tính toán: c – Hệ số đàn hồi (độ cứng) lò xo.

Các lực tác dụng lên CQT khi bắn:

Lực đàn hồi: $F_{dh} = c\lambda$; c là độ cứng, λ là chiều dài lò xo bị nén.

Lực quán tính: $F_{il} = ma$; m là khối lượng CQT, a là gia tốc tên lửa.

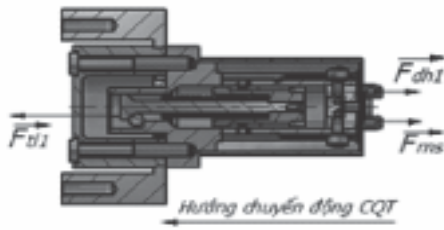
Lực ma sát dọc trục: F_{ms} gồm các lực sinh ra do các tiếp điểm được kẹp vào CQT, ma sát trong nội bộ CQT,... Để đơn giản, ta giả thiết F_{ms} luôn là một đại lượng không đổi trong quá trình chuyển động của CQT.

Lực ma sát ly tâm: F_{mslt} gây ra do bi cầu làm CQT bị lệch tâm (bỏ qua).

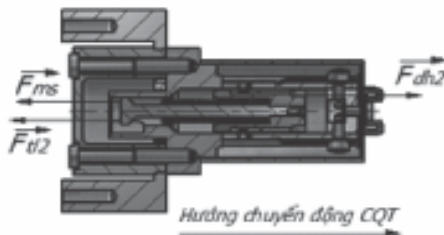
Bảng 2. Các thông số của lò xo.

Tên	Ký hiệu	Đơn vị (mm)
Chiều dài lò xo ở trạng thái tự do	h_0	$28 \pm 0,1$
Chiều dài lò xo khi lắp trong cụm quán tính	h_1	$18,6 \pm 0,1$
Chiều dài lò xo khi nén các vòng tiếp xúc với nhau	h_d	$10 \pm 0,5$
Chiều dài lò xo khi bảo hiểm mở lần 1	h_{k1}	$14 \pm 0,1$
Chiều dài lò xo khi bảo hiểm mở lần 2	h_{k2}	$21 \pm 0,1$
Đường kính dây lò xo	d_0	0,5
Đường kính ngoài lò xo ở trạng thái tự do	D_{ng}	$4 \pm 0,2$
Đường kính trong lò xo ở trạng thái tự do	D_{tr}	$3 \pm 0,2$
Tổng số vòng lò xo	n	20 ± 1

Khối lượng CQT: $m = 5,6 \pm 0,05$ (g), [1].



Hình 2. Các lực tác dụng lên CQT khi gia tốc tăng lửa tăng đến mở bảo hiểm lần 1.



Hình 3. Các lực tác dụng lên CQT khi gia tốc tăng lửa giảm đến mở bảo hiểm lần 2.

Khi quá tải tăng đến a_{m1} (hình 2), lò xo bị nén: $\lambda_{m1} = h_0 - h_{k1}$.

Ta có: $F_{dhm1} = F_{t1} - F_{ms}$ hay $c\lambda_{m1} = ma_{m1} - F_{ms}$ (1)

Khi quá tải giảm đến a_{m2} (hình 3), lò xo bị nén: $\lambda_{m2} = h_0 - h_{k2}$.

Ta có: $F_{dhm2} = F_{t2} + F_{ms}$ hay $c\lambda_{m2} = ma_{m2} + F_{ms}$ (2)

Từ (1) và (2): $c(\lambda_{m1} + \lambda_{m2}) = m(a_{m1} + a_{m2})$

$$\Rightarrow c = \frac{m(a_{m1} + a_{m2})}{(\lambda_{m1} + \lambda_{m2})} \quad (3)$$

Ta được: $c = (0,7 \div 0,8) \left(\frac{N}{mm} \right)$;
 $F_{ms} = 2,5 \div 2,7$ (N).

2.3. Điều kiện an toàn khi rơi của cơ cấu

Ta xét trường hợp tên lửa rơi từ độ cao H (rơi thẳng đuôi).

Lực cản của lò xo (khi mở bảo hiểm lần 1): $F_{dhm1} = c\lambda_{m1}$.

Động năng CQT khi đạn rơi từ độ cao H: $P = mV_{vc} = m\sqrt{2gH}$.

Lực quán tính:

$$F_{qt} = (1 + \beta) \frac{dP}{dt} = m(1 + \beta) \frac{dV}{dt}$$

Để độ an toàn của cơ cấu được bảo đảm nếu: $F_{qt} \leq F_{dhm1} + F_{ms}$ (4)

Để độ an toàn được đảm bảo hơn, ta bỏ qua F_{ms} và chọn F_{dhm1} ở điều kiện nhỏ nhất (độ cứng nhỏ nhất, độ nén mở bảo hiểm nhỏ nhất):

$$F_{qt} \leq F_{dhm1 \min} \Leftrightarrow m(1 + \beta) \frac{dV}{dt} \leq c_{\min} \lambda_{m1 \min}$$

$$m(1 + \beta) \frac{V_{vc}}{t_{vc}} \leq c_{\min} \lambda_{m1 \min} \Leftrightarrow m(1 + \beta) \frac{\sqrt{2gH}}{t_{vc}} \leq c_{\min} \lambda_{m1 \min}$$

$$H \leq \left(\frac{c_{\min} \lambda_{m1 \min} t_{vc}^2}{m(1 + \beta)} \right)^2 \frac{1}{2g} \Rightarrow H_{\max} = \left(\frac{c_{\min} \lambda_{m1 \min} t_{vc}^2}{m(1 + \beta)} \right)^2 \frac{1}{2g} \quad (5)$$

Các số liệu tính toán được chỉ ra trong (bảng 3).

Bảng 3. Các thông số khi tính toán an toàn.

TT	Tên	Ký hiệu	Độ lớn (đơn vị)
1	Hệ số đàn hồi nhỏ nhất của lò xo bảo hiểm	$c_{\min}$	0,7(N/mm)
2	Độ nén nhỏ nhất của lò xo khi mở bảo hiểm	$\lambda_{m1 \min}$	13,8(mm)
3	Thời gian va chạm khi rơi xuống nền gang	t_{vc}	0,01(s)
4	Hệ số phục hồi tốc độ khi va chạm với nền gang	β	0,55



Ta được:

$$H_{max} = \left(\frac{0,7.13,8.10^{-2}}{5,6.10^{-3}(1+0,55)} \right)^2 \cdot \frac{1}{2,9,81} = 6,31(m).$$

Điều kiện an toàn là $H_{max} \geq H_{at}$. Như vậy, khi tên lửa đảm bảo an toàn khi rơi từ độ cao (3÷5)m (rơi thẳng đuôi xuống nền gang).

2.4. Điều kiện mở bảo hiểm của cơ cấu

Điều kiện mở bảo hiểm được đảm bảo khi:

$$F_{ahm1} < m \frac{dv}{dt} - F_{ms} - F_{mslt} \quad (6)$$

Do không biết thời điểm mở bảo hiểm nên không thể biết giá trị cụ thể của $\frac{dv}{dt}$. Để tiện lợi cho tính toán, người ta thường lấy $\frac{dv}{dt}$ bằng $(\frac{dv}{dt})_{max}$ và đưa thêm hệ số dự trữ γ : $(\frac{dv}{dt})_{max} = 9800(m/s^2)$, [1]; $\gamma = (0,65 \div 0,72)$, [2].

$$F_{ahm1 max} \leq \gamma m (\frac{dv}{dt})_{max} - F_{ms} - F_{mslt} \quad (7)$$

Khi đạn trong nòng, có thể bỏ qua ảnh hưởng của lực ma sát do lực ly tâm F_{mslt} . Tiến hành kiểm tra độ tin cậy mở bảo hiểm theo điều kiện:

$$F_{ahm1 max} \leq \gamma m (\frac{dv}{dt})_{max} - F_{ms} \quad (8)$$

Ta có:

$$F_{ahm1 max} = c_{max} \cdot \lambda_{m1 max} = 0,8.14,2 = 11,36(N).$$

$$\text{Và: } \gamma m (\frac{dv}{dt})_{max} - F_{ms} \geq \gamma_{min} m (\frac{dv}{dt})_{max} - F_{ms max}$$

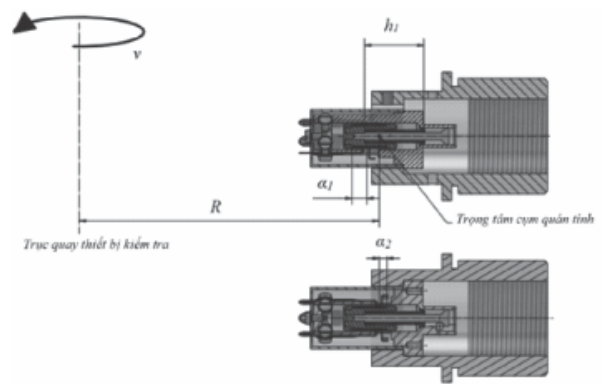
$$\gamma_{min} m (\frac{dv}{dt})_{max} - F_{ms max} = 0,65.5,6.10^{-3}.9800 - 2,7 = 33(N).$$

Nhận thấy (8) luôn đúng, độ mở bảo hiểm khi bắn được đảm bảo.

3. ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ TÍNH TOÁN THIẾT KẾ

Phương pháp đánh giá: Chế thử và kiểm tra các chỉ tiêu kỹ thuật của BHQT.

Phương pháp kiểm tra: Thiết bị kiểm tra “Thiết bị ly tâm cao tốc khí nén”, ký hiệu: LTKN – 01.



Hình 4. Sơ đồ kiểm tra các quá tải.

Phương pháp: Để kiểm tra các chỉ tiêu quá tải BHQT, ta sử dụng phương pháp quay ly tâm bằng thiết bị kiểm tra (hình 4). BHQT và đồ gá được gắn cố định lên trục quay của thiết bị kiểm tra. Khoảng cách từ tâm CQT (vị trí ban đầu) đến tâm trục quay của thiết bị kiểm tra là R. Khi thiết bị kiểm tra quay tăng từ $(0 \div v_1) (\frac{v}{ph})$, BHQT mở bảo hiểm lần 1, lò xo nén thêm một đoạn α_1 . Sau đó, khi thiết bị kiểm tra quay giảm từ $(v_1 \div v_2) (\frac{v}{ph})$, BHQT mở bảo hiểm lần 2, lò xo giãn thêm một đoạn α_2 .

Quá tải khi mở bảo hiểm lần 1:

$$a_{m1} = \omega_1^2 \cdot R_1 = \left(\frac{v_1 \cdot 2\pi}{60} \right)^2 \cdot (R + \alpha_1) \quad (9)$$

Quá tải khi mở bảo hiểm lần 2:

$$a_{m2} = \omega_2^2 \cdot R_2 = \left(\frac{v_2 \cdot 2\pi}{60} \right)^2 \cdot (R - \alpha_2) \quad (10)$$

Bảng 4. Các số liệu trong kiểm tra.

Ký hiệu	R	α_1	α_2
Đơn vị (mm)	51,3±0,5	4,6±0,05	2,4±0,05

Bảng 5. Kết quả thử nghiệm quá tải BHQT.

Lần thử	Mẫu	v_1 (v/ph)	v_2 (v/ph)	a_{m1} (m/s ²)	a_{m1} (g)	a_{m2} (m/s ²)	a_{m2} (g)
1	1	1950	880	2328	237	415	42
2	1	1980	870	2400	245	405	41
3	2	2040	900	2548	260	434	44
4	2	2000	890	2440	248	424	43
5	3	2070	900	2613	266	434	44
6	3	1990	910	2415	246	443	45

Đánh giá: Bằng phương pháp kiểm tra như trên, ta nhận thấy các kết quả thử nghiệm thỏa mãn các thông số chỉ tiêu kỹ thuật cơ bản của cụm BHQT (bảng 1).

4. KẾT LUẬN

Kết quả tính toán và thực nghiệm trên cho thấy ta đã bước đầu làm chủ thiết kế và chế tạo BHQT theo mẫu bảo hiểm tên lửa Fargot.

Mở rộng phương pháp tính toán và thực nghiệm trong bài báo này có thể áp dụng để tính toán thiết kế bằng cách lựa chọn các thông số của cơ cấu (lực lò xo, khoảng cách dịch chuyển lò xo khi đóng mở bảo hiểm, khối lượng cụm quán tính) phù hợp cho các loại đạn khác nhau. ❖

Ngày nhận bài: **25/5/2023**

Ngày phản biện: **15/6/2023**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. “ПТУРС 9М113 – Техническое описание и инструкция по эксплуатации”. Министерства обороны СССР Москва (1978).
- [2]. Vũ Văn Lâm. “Nguyên lý kết cấu tính toán và thiết kế ngòi đạn”. Học viện Kỹ thuật Quân sự (2008).
- [3]. Đỗ Sanh, Nguyễn Văn Đình, Nguyễn Văn Khang. “Cơ học lý thuyết”. NXB. Giáo dục (2005).