

METODĂ DE OPTIMIZARE A GEOMETRIEI ELEMENTELOR ELASTICE UTILIZATE ÎN CONSTRUCȚIA ARMAMENTULUI

Doru LUCULESCU

Academia Forțelor Aeriene "Henri Coandă"

Abstract: The anti-aircraft cannon guns housing is endowed with a helical compression elastic element, which have the function to accumulate the recoil energy, energy used to reposition a reculant part. In this case the helical compression elastic element loads are dynamic, a fatigue-stress situation exists in the elastic element. A method to optimize designing for this helical compression elastic elements is presented in this paper.

Cuvinte cheie: element elastic, energie de recul, fenomen de rezonanță, rigiditate, deformația de lucru.

1. CONSIDERAȚII INTRODUCȚIVE

Sistemul mecanic al țevelor tunurilor antiaeriene au în componența lor elemente elastice de compresiune, cunoscute și sub denumirea de arcuri recuperatoare. Acestea pot avea secțiune rotundă, în cazul tunurilor antiaeriene de calibrul 30mm (fig. 1), sau de secțiune dreptunghiulară (la tunurile de calibrul 57mm (fig. 2) și 100mm. Aceste elemente constructive au rolul funcțional de a înmagazina o parte din energia de recul, energie utilizată în vederea readucerii în poziție inițială a masei reculante.

Metodologia de proiectare a acestor elemente elastice se adoptă în funcție varianta

constructivă adoptată, de domeniul de lucru al lor, de tipul de solicitare (statică sau dinamică).

În cazul general, datele inițiale ale problemei de proiectare ale unui element elastic sunt: dimensiunile de gabarit, deformația maximă, sarcina maximă preluată de elementul elastic și rigiditatea acestuia.

După stabilirea materialului din care se va confecționa elementul elastic, în funcție de varianta constructivă adoptată se vor determina parametrii geometrici din condiții de rezistență și deformație, calculându-se și lucrul mecanic de deformație.

De asemenea trebuie stabilit gradul de neliniaritate a caracteristicii acestuia.

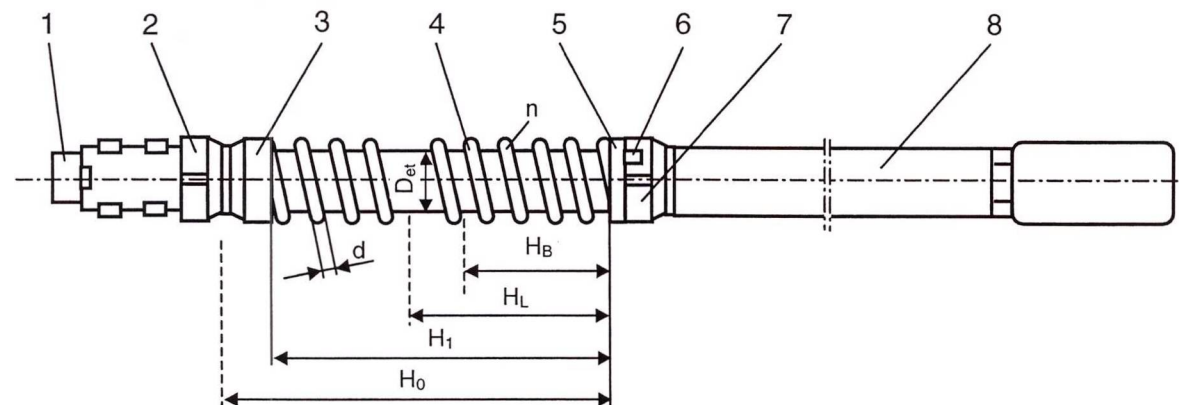


Fig. 1 Ansamblu țeavă tun antiaerian automat, calibrul 30mm
1 – lăiner; 2 – piuliță; 3 – bucsă; 4 – element elastic; 5 – distanțier;
6 – siguranță; 7 – piuliță; 8 – țeavă propriu-zisă

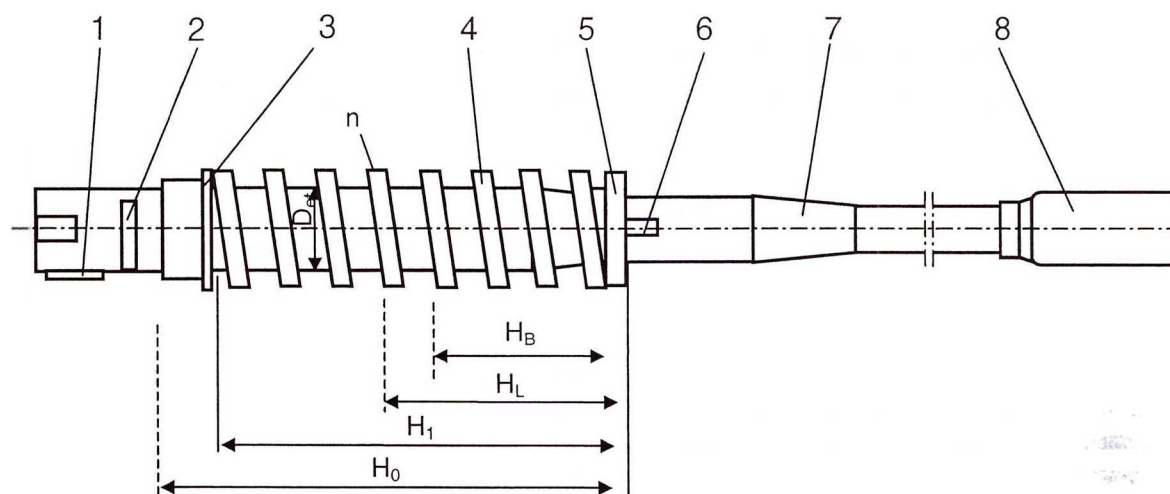


Fig. 2 Ansamblu țeavă tun antiaerian automat, calibrul 57mm
 1 – placă de siguranță; 2 – placă de reazem; 3 – șaibă; 4 – element elastic;
 5 – bușă filetată; 6 – tub amovibil; 7 – țeavă propriu-zisă; 8 – frână de gură

2. METODĂ DE PROIECTARE A ELEMENTELOR ELASTICE

În cazul analizat, al elementelor elastice de la țevele tunurilor antiaeriene, acestea sunt solicitate de sarcini variabile, urmărindu-se ca frecvența proprie de oscilație a vibrațiilor longitudinale f_{oj} să ia valori maxime, în vederea preîntâmpinării apariției fenomenului de rezonanță.

Valorile frecvențelor proprii ale elementului elastic de compresiune, în cazul executării tragerilor, se calculează cu relația [1,2]:

$$f_{oj} = \frac{\omega_{oj}}{2\pi} = j \sqrt{\frac{c/m}{2}} \quad (1)$$

în care: $j \in \mathbb{N}^*$, c - reprezentând rigiditatea elementului elastic:

$$c = \frac{Gd^4}{8nD_m^3} \quad (2)$$

unde: G reprezintă modulul de elasticitate transversal, d - diametrul secțiunii materialului, D_m - diametrul mediu al elementului elastic.

$$m = \frac{\pi^2 d^2 D_m n \gamma}{4g} \quad (3)$$

Efectuând substituțiile, relația (1) devine:

$$f_{oj} = j \frac{d}{n(D_{et} + d + j_0)^2} K \quad (4)$$

în care: $j = 1$, întrucât se urmărește maximizarea frecvenței proprii cea mai joasă, iar coeficientul $K = \sqrt{Gg/8\pi^2\gamma}$, este dependent de caracteristicile mecanice ale materialului arcului, considerate cunoscute.

Pentru elementele elastice analizate, coeficientul $K = 3,63 \cdot 10^4 \text{MPa}$ [1].

Pentru a afla valorile maxime posibile ale funcției date de relația (5), trebuie identificate și stabilite condițiile restrictive din punct de vedere constructiv-funcțional:

1. Condițiile de gabarit sunt date de diametrul exterior al țevii D_{et} , cât și de deformația de lucru $\Delta H = H_L - H_1$, aceasta reflectându-se și în numărul de spire active n ale elementului elastic:

$$D_{m \min} = D_{et} + d + j_0 \leq D_m \leq D_{m \max} \quad (5)$$

unde:

$$D_{m \min} = d \cdot i_{\min} \quad (6)$$

$$D_{m \max} = d \cdot i_{\max} \quad (6')$$

iar: j_0 reprezintă jocul dintre diametrul exterior al țevii și diametrul interior al elementului elastic elicoidal ($j_0 = 4 \dots 6 \text{ mm}$); i - indicele elementului elastic; $i = 4 \dots 16$ (elemente

elastice înfășurate la rece), $i = 4...10$ (elemente elastice înfășurate la cald);

Pentru cazul analizat este recomandabil ca diametrul mediu să ia valoarea minimă.

2. Numărul de spire active ale elementului elastic recuperator este limitat de relația:

$$n_{\min} \leq n \leq n_{\max} \quad (7)$$

unde: n_{\min} este numărul minim de spire [2]:

$$n_{\min} = 5 \quad (8)$$

n_{\max} este numărul maxim de spire [2]:

$$n_{\max} = \frac{H_0}{d} \frac{\delta_L}{n_r} \quad (9)$$

n_r este numărul spirelor de rezem;

Relația (9) poate fi scrisă sub forma:

$$d \leq \frac{A_1}{n_i + A_2} \quad (10)$$

în care coeficienții:

$$A_1 = H_0 - \delta_L, \text{ iar } A_2 = n_r \quad (11)$$

3. Condiția de evitare a fenomenului de flambaj la elementele elastice recuperatoare se efectuează, deși ele sunt montate pe țeava propriu-zisă a tunului și sunt rezemate la ambele capete.

Lungimea arcului H_F pentru care încă nu a apărut fenomenul de flambaj este dată de expresia [2,3]:

$$\frac{H_F}{D_{et} + d + j_0} \leq \frac{2,62}{v} \quad (12)$$

din această condiție rezultând:

$$d \geq \frac{H_F}{2,62} v (D_{et} + j_0) \quad (12')$$

Acest calcul de verificare se efectuează în vederea preîntâmpinării apariției forțelor de frecare dintre exteriorul țevii și diametrul interior al spirelor arcului.

Când coeficientul de sveltețe pentru cazul analizat este $\lambda \geq \lambda_{\text{critic}}$, săgeata arcului $\delta \leq \delta_{\text{critic}}$.

4. Condiția de rigiditate a elementului elastic este dată de relația:

$$c_{\min} \leq c \leq c_{\max} \quad (13)$$

unde relația de calcul a rigidității este:

$$c = \frac{Gd^4}{8nD_m^3} \quad (14)$$

Utilizând relația (10), condiția de rigiditate exprimată prin relația (9) poate fi scrisă sub forma:

$$\frac{Gd^4}{8c_{\max}} \leq n(D_{et} + d + j_0)^3 \leq \frac{Gd^4}{8c_{\min}} \quad (15)$$

Relația (15) se mai poate scrie și sub forma:

$$\sqrt[3]{\frac{B_1 d}{n_i}} \leq \frac{D_{et} + j_0 + d}{d} \leq \sqrt[3]{\frac{B_2 d}{n_i}} \quad (16)$$

în care coeficienții:

$$B_1 = G/8c_{\max}, \text{ iar } B_2 = G/8c_{\min} \quad (17)$$

5. Condiția de rezistență a arcului la solicitarea de torsiune:

$$\tau_{t \max} \leq \tau_{at} \quad (18)$$

în care tensiunea maximă la torsiune se determină cu relația [1,2,3]:

$$\tau_{t \max} = \frac{8kF_n D_m}{\pi d^3} = \frac{8kF_n (D_{et} + d + j_0)}{\pi d^3} \leq \tau_{at} \quad (19)$$

Relația (19) se mai poate scrie și sub forma:

$$\frac{D_{et} + j_0 + d}{d} \leq \frac{C_2}{C_1} d^2 \quad (20)$$

în care coeficienții: $C_1 = 8kF_n$ și $C_2 = \tau_{at}$.

Perechile de valori n, d care satisfac condițiile restrictive și maximizează funcția (4) se află pe o curbă, care poate fi considerată curba optimă de variație a numărului de spire al elementului elastic de compresiune în funcție de diametrul spirei d .

Pentru a determina această curbă s-a aplicat următoarea strategie [4]:

- Domeniul de variație a numărului de spire s-a împărțit într-un număr de intervale egale $n_1, n_2, \dots, n_i, \dots, n_k$.

- Pentru fiecare valoare n_i condițiile restrictive s-au transformat în curbe în raport cu variabila d .

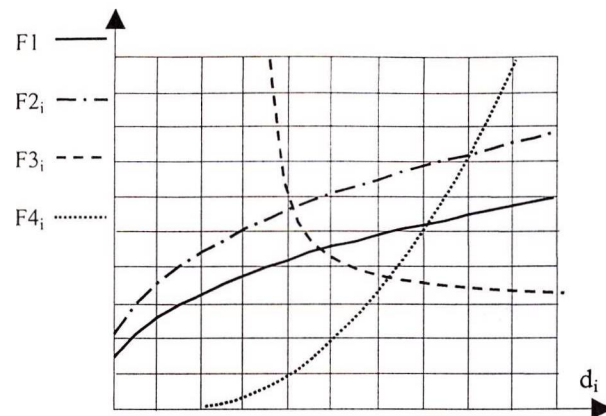


Fig. 3 Reprezentarea condițiilor restrictive în raport cu variabila d

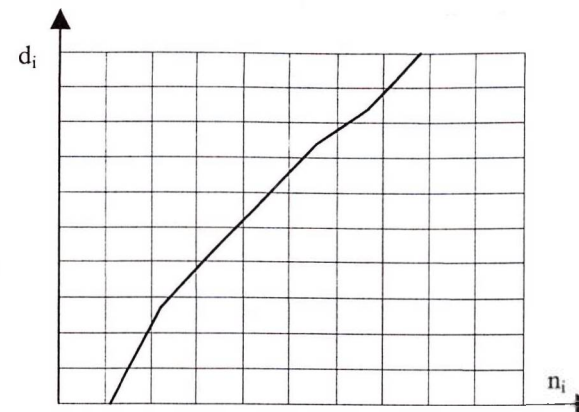


Fig. 4 Reprezentarea funcției optime $d = f(n)$

1. Din comportarea funcției de maximizat, rezultă că funcția este crescătoare, deci valoarea corespunzătoare lui (n_i, d_i) , $i = 1 \dots k$, va fi cea mai mare valoare a lui d , care satisface simultan și condițiile restrictive.

2. S-au obținut un set de valori (n_i, d_i) , $i = 1 \dots k$. Valorile respective au permis trasarea funcției $d = f(n)$, funcția optimă.

Pentru a exemplifica metoda utilizată, în figura 3 se prezintă modul de obținere a valorii d_i pentru n_i stabilit. S-au utilizat notațiile:

$$F1_i := \sqrt[3]{\frac{B_1}{n_i}} d_i ; \quad F2_i := \sqrt[3]{\frac{B_2}{n_i}} d_i ;$$

$$F3_i := \frac{60 + d_i}{d_i} ; \quad F4_i := 0.036 d_i^2 \quad (21)$$

În figura 4 este prezentată grafic curba optimă obținută. Dându-se o valoare pentru n ,

rezultă din curbă valoarea corespunzătoare pentru diametrul d al sârmei arcului.

Modelarea matematică și trasarea graficelor s-a efectuat prin intermediul utilitarului MathCad 7 Professional [4].

BIBLIOGRAFIE

1. Demian, T., *Elemente elastice în construcția aparatelor de mecanică fină*, Editura Tehnică, București, 1994;
2. Luculescu, D., *Elemente constructive în tehnica de aviație, (vol. I), Elemente elastice*, Academia Forțelor Aeriene "Henri Coandă", Brașov, 1997;
3. Drăghici, I., ș.a., *Îndrumar de proiectare în construcția de mașini*, vol. I, Editura Tehnică, București, 1981;
4. Scheiber, E., *MathCAD. Prezentare și probleme rezolvate*, Editura Tehnică, București, 1994.