A XI-a Conferință Națională multidisciplinară – cu participare internațională,
"Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergeticii românești",
SEBEŞ, 2011

UNELE ASPECTE PRIVIND PROIECTAREA ȚEVILOR ARMAMENTULUI DE INFANTERIE

Ioan NECŞA

TUBE DESIGN ON SOME ASPECTS OF INFANTRY WEAPONS

This paper presents the pattern of modern interior design small arms pipes. This model is a handy tool for optimizing military specialists' constructive characteristics of the pipes.

Keywords: rifled barrel, internal ballistics, finite element, the buoyant spiral, mesh, design variables, objective function
Cuvinte cheie: țeavă ghintuită, balistică interioară, element finit, spirală arhimedică, discretizare, variabile de proiectare, funcție obiectiv

1. Introducere

Armamentul face parte din categoria produselor speciale, complicate din punct de vedere constructiv, din punct de vedere al proiectării, fabricării, exploatării şi servirii. Fiabilitatea componentelor de armament este evaluată avându-se în vedere unele particularități [1, 6]:

- menținerea stării de funcționare în orice condiții de luptă;
- precizia înaltă a componentelor;
- solicitări extreme: presiuni înalte, temperaturi ridicate, solicitări alternative mari, accelerații mari, uzuri accentuate ale profilului ghinturilor etc.

Programele profesionale actuale permit realizatorilor de armament o analiză diversificată, o prelucrare eficientă a datelor,

construirea modelelor, postprocesare, astfel încât rezultatele finale să corespundă parametrului cost-performanță.

2. Utilizarea programului profesional CosmosXpress în proiectarea țevilor de armament

Acest program oferă instrumente de evaluare, prin metoda elementelor finite (MEF), a tuturor factorilor care influențează elaborarea soluției constructive şi a documentației de fabricație a țevilor armamentului de calibru mic [2]. De asemenea studiul prin metoda elementelor finite este complementar studiului analitic şi furnizează caracteristici de funcționare şi balistice pentru arme încă din faza de definitivare a soluției constructive, înainte de realizarea şi testarea prototipului.

Țeava este piesa de bază a armamentului, în interiorul acesteia desfăşurându-se principalele procese termodinamice şi fizice care contribuie la lansarea glonțului la țintă.

Pe timpul evoluției proceselor termodinamice şi a mişcării glonțului în țeavă se dezvoltă forțe care acționează concentric pe pereții interiori ai acesteia, determinând deformații în domeniul elastic.

Programul CosmosXpress [8] permite rezolvarea problemelor de analiză neliniară structurală, adoptarea unui model de calcul dimensional care să corespundă cel mai bine condițiilor impuse.

Este de interes generarea profilului elicoidal interior al țevii, care conferă glonțului o mişcare de rotație necesară stabilității pe traiectoria de zbor.

Paşii de urmat în proiectare sunt:

a - extragerea din baza de date a tipului de formă geometrică, figura 1.

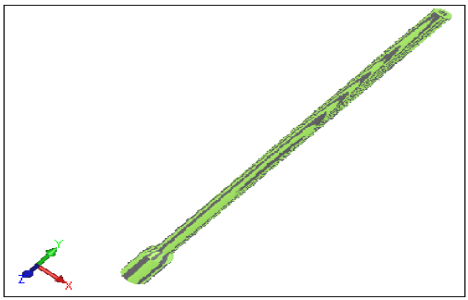


Fig. 1 Tipul de formă geometrică

b - crearea schiței 2D, validarea acesteia şi obținerea blocului grafic 3D, prin rotirea profilului în jurul unei axe (revolved boss), figura 2.

c - crearea ghinturilor prin *metoda sweep*, care presupune existența a două profile: un contur închis de tip patrulater racordat (sweep section), numit şi profilul ghintului, şi o curbă directoare (sweep path), care este o elice (helix), numită şi spirală arhimedică – figura 3.

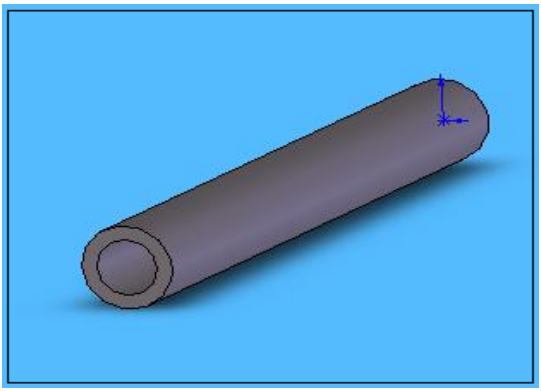


Fig. 2 Bloc grafic 3D

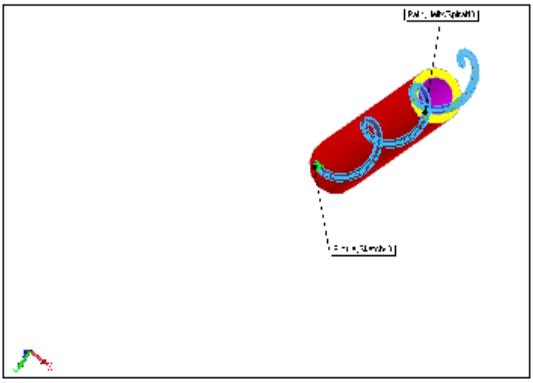


Fig. 3 Generarea elicei (helix)

Pentru a fi posibilă generarea elicei, punctul care marchează extremitatea căii va fi conținut în planul secțiunii, rezultând modelul din figura 4.

Pentru simplificarea desenării blocurilor grafice 3D (cu n ghinturi) s-a realizat o rețea circulară, cu axă de simetrie, care este axă de rotație, cu dispunerea entităților echidistante pe o arie de 360^0, în număr de 4 (6 sau 8) ghinturi în secțiunea din figura 4. Metoda de obținere a modelelor 3D poate realiza discretizarea în volume elementare şi apoi se pot verifica din punct de vedere al comportamentului mecanic folosind metoda elementelor finite.

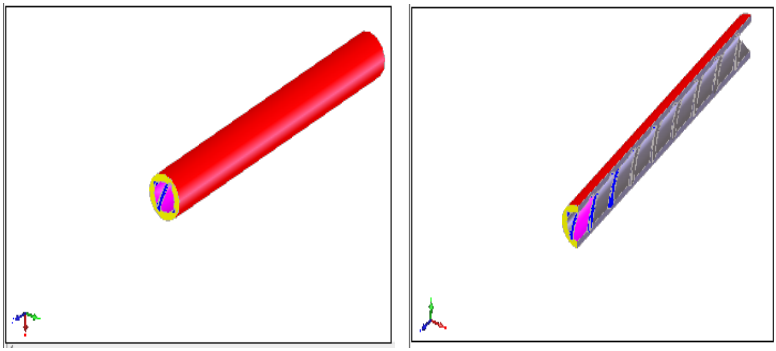
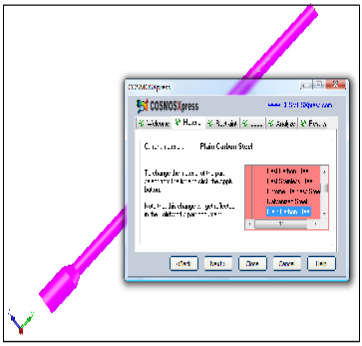


Fig. 4 Generarea ghinturilor

d - pasul următor este alegerea materialului [3], figura 5, încărcarea cu forțe concentrate, figura 6.



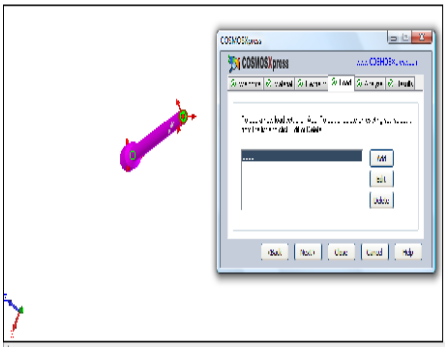


Fig. 5 Alegerea materialului Fig. 6 Încărcarea cu forțe concentrate

Se obține astfel modelarea deformației din figura 7 şi spectrul de valori ale eforturilor din figura 8.

3. Elemente de calcul care stau la baza proiectării țevilor, utilizând metoda elementelor finite

Țeava se consideră un sistem elastic care, sub acțiunea forțelor exterioare, efectuează vibrații complexe, rezultat al compunerii vibrațiilor radiale, transversale de încovoiere, longitudinale de întindere şi torsionale [1].

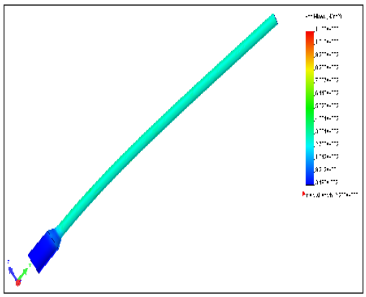


Fig. 7 Modelarea deformației

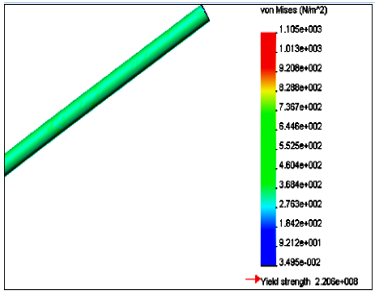


Fig. 8 Spectrul de valori

Forțele exterioare sunt date, în principal, de evoluția presiunii în interiorul țevii, presiune rezultată din arderea pulberii din tubul cartuş.

Expresia generală a evoluției presiunii rezultă din ecuația fundamentală a balisticii interioare pentru o țeavă ghintuită, numită şi ecuația lui Résal [1]:

$$s\,p\left(l_{\Psi}+l\right)=f\,\omega\,\Psi-\frac{\theta\phi v^{2}}{2} \qquad (1)$$

unde: *s* – suprafața secțiunii transversale a interiorului țevii, *p* - presiunea în țeavă, l_{Ψ} - lungimea camerei cartuşului, *l* – lungimea parcursă de glonț în interiorul țevii; $f, \omega, \Psi, \theta, \varphi$ – parametri balistici, *v* – viteza glonțului în țeavă.

Relația (1) se poate scrie şi sub forma:

$$p=\frac{f\,\omega\,\Psi-\dfrac{\theta\phi q v^{2}}{2}}{W_{\Psi}+sl} \qquad (2)$$

în care: *q* – greutatea glonțului, W_{Ψ} – parametru geometric.

Curba presiunii gazelor din interiorul țevii este redată în figura 9.

Programul CosmosXpress oferă prin metoda elementelor finite analiza structurii geometrice în condiții de integritate structurală. Discretizarea structurii s-a făcut cu elemente finite de tip solid, element finit izoparametric tridimensional cu 8, 20, ..., 8500 noduri, cu 3 grade de libertate pe nod. S-a obținut astfel modelul ca în figura 10.

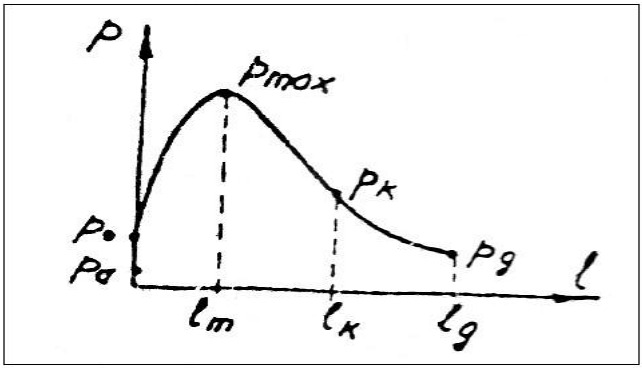


Fig. 9 Evoluția presiunii gazelor în țeavă

În condițiile ipotezelor exprimate mai sus, calculul s-a făcut inițial în regim static şi cu comportament liniar - elastic al materialului

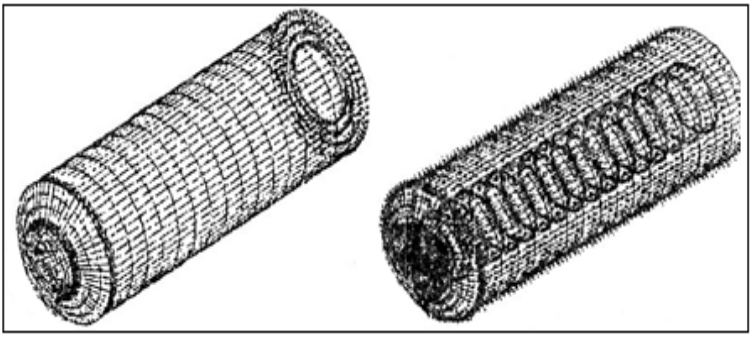


Fig.10 Discretizarea structurilor şi distribuția încărcărilor

obținându-se ecuația generală a metodei elementelor finite, exprimată prin [5]:

$$|M|\left\{\ddot{u}\right\}+[C]\left\{\dot{u}\right\}+[K]\left\{\dot{u}\right\}=\{F\} \quad (3)$$

în care: M, C, K, F sunt matricele care conțin în ipoteza micilor deformații, deplasările pentru fiecare element finit.

O etapă importantă în proiectarea țevilor de armament este optimizarea configurației acesteia şi stabilirea tehologiilor de realizare fizică [4]. Acest program oferă metode de optimizare care utilizează trei categorii de mărimi variabile: variabile de proiectare, restricții de proiectare şi funcția obiectiv. Optimizarea se poate desfăşura atât pentru parametrii care descriu caracteristicile geometrice cât şi pentru parametrii care descriu forma geometrică [7].

Dacă variabilele de proiectare sunt în număr de *k*, atunci se poate defini un vector al acestor variabile, *u*:

$$u=\{u_1\, u_2 \ldots\ldots u_k\}^T \quad (4)$$

Variabilele de proiectare pot fi: sarcinile aplicate modelului, caracteristicile materialului, dimensiunile geometrice, modul de aplicare a forțelor.

Restricțiile de proiectare au constat în condițiile care trebuie să le îndeplinească valorile date variabilelor de proiectare.

Performanțele structurii analizate depind de variabilele de proiectare (vectorul *u*) şi pot fi caracterizate prin funcția scalară de variabilă vectorială, $\Psi(u)$, numită şi funcție obiectiv [4].

Forma acesteia depinde de obiectivul urmărit: greutate, rezistență la oboseală, rezistență la uzură, cost etc.

4. Concluzii

■ Perfecționarea metodelor de proiectare a țevilor de armament se înscrie în procesul general de progres în evoluția tehnicii militare, cu consecințe spectaculoase asupra performanțelor balistice, randamentului energetic şi puterii de foc.

■ Programul CosmosXpress oferă soluții de înaltă eficacitate atât în proiectare cât şi în cercetarea modelului stabilit, în vederea optimizării, exprimând variabilele de proiectare prin variabile alfanumerice cărora li se atribuie valori inițiale şi limitele lor de variație.

BIBLIOGRAFIE

[1] Avădanei, C., *Contribuții în studiul optimizării fenomenelor gazodinamice din dispozitivele armamentului de calibru redus*, Teză de doctorat, Academia Tehnică Militară, Bucureşti, 1999.
[2] Bathe, Klaus-Jurgen, *Finite Element Procedures in Engineering Analysis,* Prentice-Hall, New Jersey, 1982.
[3] Buzdugan, Gh., *Rezistența materialelor,* Editura Academiei, Bucureşti, 1986.
[4] Mangeron, D., Poteraşu, V.F., Vulpe, A., *Teoria optimizării structurilor cu aplicații,* Editura Junimea, Iaşi, 1980.
[5] Năstăsescu, V., Ştefan, A., Lupoiu, C., *Analiza neliniară a structurilor mecanice prin metoda elementelor finite,* Editura Academiei Tehnice Militare, Bucureşti, 2002.
[6] Roşca, A., *Calculul şi construcția armamentului,* Editura Academiei Tehnice Militare, Bucureşti, 2002.
[7] Ştefan, S., Năstăsescu, V., ş.a., *Simularea fenomenelor mecanice şi hidraulice,* Editura Academiei Tehnice Militare, Bucureşti, 2000.
[8] * * * *CosmosXpress-Manuals.*

Ing. Ioan NECŞA,
SC Fabrica de Arme Cugir SA
membru AGIR
E-mail: ioanalmas@yahoo.com