

# IT APPLICATION FOR THE MODELING BY FINITE ELEMENTS OF THE ELASTO-PLASTIC THICK-WALLED TUBES

**Prof.univ.dr.ing. Ghita BARSAN, Asist.univ.drd. Romana Oancea**

**Academia Fortelor Terestre „Nicolae Balcescu” Sibiu**

## **Abstract**

Based on innovative mathematical model, an own software program of non-linear analysis with finite elements for thick-walled tubes is described in this paper. This program can be used for various geometries of the tubes and for various loading modes.

The software application allows the choice of any state for which the tube has a linear elastic behavior as an initial state. One could also start from the unloaded state. In order to reduce to the minimum the effort of calculus it is preferable to start from the elastic limit state.

Pornind de la analiza proprietăților mecanice specifice și anume:

- modulul de elasticitate
- limita de elasticitate
- deformația la limită a elasticității

și discretizând tubul în elemente finite, axial simetrice, se calculează tensiunile și deformațiile ce survin în timpul procesului de autofretare.

Atât proprietățile mecanice specifice cât și raza interioară, respectiv exterioară a tubului sunt variabile:

```
/* variabile */  
// E=modulul de elasticitate  
//sigma_e=limita de elasticitate  
// epsilon_e=deformatia la limita a elasticitatii  
//miu=coef poisson  
//R1=raza interioara a tubului  
//R2=raza exterioara a tubului  
//alfa=R2/R1  
//n=nr de elemente finite  
//H=pasul de discretizare=(R2-R1)/n  
//ro=r/R1  
//h=H/R1
```

Ca stare inițială se consideră starea limită elastică a tubului, iar pentru fiecare element al unei trepte de încărcare se calculează:  $\sigma_\theta$ ,  $\sigma_r$ ,  $\sigma_z$  și deplasările inițiale  $u_0$ ,  $u_n$ ,  $w$ , tensiunea medie  $\sigma_m$ , intensitatea tensiunilor  $\sigma_i$ , deviatorul tensiunilor  $S_\theta$ ,  $S_r$ ,  $S_z$  și funcția  $M$ .



Fig. 1 Interfata grafica a aplicatiei

Secvența de program ce automatizează calculele este prezentată mai jos:

```
//marimi adimensionale
alfa=double(R2)/double(R1);
H=double(R2-R1)/double(n);
h=double(H)/double(R1);
//de la p=p_lim_e pana cand test=false
p_lime=double(alfa*alfa-1)/double(sqrt(3*pow(alfa,4)+1));
p=p_lime;
test=true;
contor=1;
treapta_de_incarcare=0;
while (test==true) //calculez marimile pentru fiecare element pana cand sigma_i<=1
{
    treapta_de_incarcare=treapta_de_incarcare+1;
    //starea limita elastica
    ro=1;
    u0=(double(p)/double(h))*(double((1+miu)*pow(alfa,2)+1-miu)/double(pow(alfa,2)-1));
    u_n0=(double(p)/double(h))*(double(2*alfa)/double(pow(alfa,2)-1));
    w0=-(double(2*(miu)*p)/double(pow(alfa,2)-1));

    ro=ro+double(H)/double(2*R1);
    for(i=1;i<=n;i++) //determin marimile, pt nr_elemente=n
    {
        sigma_teta0=(double(p)/(double(pow(alfa,2)-1)))*(1+
            double(pow(alfa,2))/double(pow(ro,2)));
    }
}
```

```

sigma_r0=(double(p)/(double(pow(alfa,2)-1)))*(1-
double(pow(alfa,2))/double(pow(ro,2)));
sigma_z0=0;
//deplasarele initiale
u0=(double(p)/double(h))*(double((1+miu)*pow(alfa,2)+1-miu)/ double(pow(alfa,2)-
1));
u_n0=(double(p)/double(h))*(double(2*alfa)/double(pow(alfa,2)-1));
w0=-((double(2*(miu)*p)/double(pow(alfa,2)-1)));
//tensiunile din centrul elementului
sigma_m=(1/double(3))*double(sigma_teta0+sigma_r0+sigma_z0);
sigma_i= (double(sqrt(2))/double(2))*double(sqrt(pow(sigma_teta0-sigma_r0,2)+
pow(sigma_r0-sigma_z0,2)+pow(sigma_z0-sigma_teta0,2)));
S_teta=sigma_teta0-sigma_m;
S_r=sigma_r0-sigma_m;
S_z=sigma_z0-sigma_m;
if (sigma_i<=1) M=0;
else
if (sigma_i>=1.103) M=185.4;
else M=10.94*10*(sigma_i-1)+145.8*pow(10*(sigma_i-1),6);

//end IF
//maresc pasul ro
ro=ro+double(H)/double(R1);
} //end for

if (sigma_i>1)
test=false;
else {
p=p+0.005;
contor=contor+1;
}
} //end while cand testez ultimul element;daca sigma_i>1 ->stop

```

Datele obținute sunt salvate în fișiere de tip .INI cu următoarea structură:

```

[1]
treapta_de_incarcare=1
element=1
p_lime=0,271260047345055
p=0,271260047345055
sigma_teta0=0,83088818151778
sigma_r0=-0,26576308288225
sigma_z0=0
u0=91,7763160184102
u_n0=79,1175138089743
w0=-0,169537529590659
sigma_m=0,18837503287851
sigma_i=0,990870622765451
S_teta=0,64251314863927
S_r=-0,45413811576076

```

```

S_z=-0,18837503287851
ro=1,005
M=0
[2]
treapta_de_incarcare=1
element=2
p_lime=0,271260047345055
.
.
.
[1720]
treapta_de_incarcare=43
element=40
p_lime=0,271260047345055
p=0,481260047345055
sigma_teta0=1,00622517719399
sigma_r0=-0,00360007855845393
sigma_z0=0
u0=162,82631601841
u_n0=140,367513808974
w0=-0,300787529590659
sigma_m=0,334208366211844
sigma_i=1,00803003798006
S_teta=0,672016810982141
S_r=-0,337808444770298
S_z=-0,334208366211844
ro=1,395
M=0,878525244789321

```

Fiecare secțiune din fișier reprezintă un element pe treapta de încărcare corespunzătoare, iar numele secțiunilor ([1], [2] .... ) reprezintă treapta\_de\_încărcare\*elementul\_curent.

Secvența de scriere într-un fișier de tip .INI:

```

rezultate->WriteInteger(sectiune,"treapta_de_incarcare",treapta_de_incarcare);
rezultate->WriteInteger(sectiune,"element",i);
rezultate->WriteFloat(sectiune, "p_lime", p_lime);
rezultate->WriteFloat(sectiune, "p", p);
rezultate->WriteFloat(sectiune, "sigma_teta0", sigma_teta0);
rezultate->WriteFloat(sectiune, "sigma_r0", sigma_r0);
rezultate->WriteFloat(sectiune, "sigma_z0", sigma_z0);
rezultate->WriteFloat(sectiune, "u0", u0);
rezultate->WriteFloat(sectiune, "u_n0", u_n0);
rezultate->WriteFloat(sectiune, "w0", w0);
rezultate->WriteFloat(sectiune, "sigma_m", sigma_m);
rezultate->WriteFloat(sectiune, "sigma_i", sigma_i);
rezultate->WriteFloat(sectiune, "S_tau", S_tau);
rezultate->WriteFloat(sectiune, "S_r", S_r);
rezultate->WriteFloat(sectiune, "S_z", S_z);

```

```

rezultate->WriteFloat(sectiune, "ro", ro);
rezultate->WriteFloat(sectiune, "M", M);

```

Pentru fiecare variabile de intrare inițiale (proprietățile mecanice specifice materialului și razele tubului) se generează câte un fișier ce poate fi ulterior folosit la reprezentarea variația deplasărilor  $\Delta\mu_{\text{interior}}$ ,  $\Delta\mu_{\text{exterior}}$  în funcție de presiunea de încărcare. Din fișierul INI existent se citesc doar valorile  $u_0$  și  $u_{n0}$  care se vor salva în tablouri

```

try
{
  if(OpenDialog1->Execute()) //se deschide un fișier
  {
    NameOfFile = OpenDialog1->FileName;
    pif = new TIniFile(NameOfFile);
    j=1;
    for(i=1;i<=nr_elem;i++)
    {
      tab_u[i-1]=pif->ReadFloat(j,"u0",0.0); //din fiecare sectiune se citeste
      componenta u0
      tab_u_n0[i-1]=pif->ReadFloat(j,"u_n0",0.0); //se citeste componenta u_n0
      j=j+nr_elem;
    }
  }
}
catch(...){ShowMessage("Eroare la citire");}

```

Variabilele de tip tablou (tab\_u, tab\_u\_n0) constituie serii ale obiectelor de tip Chart.

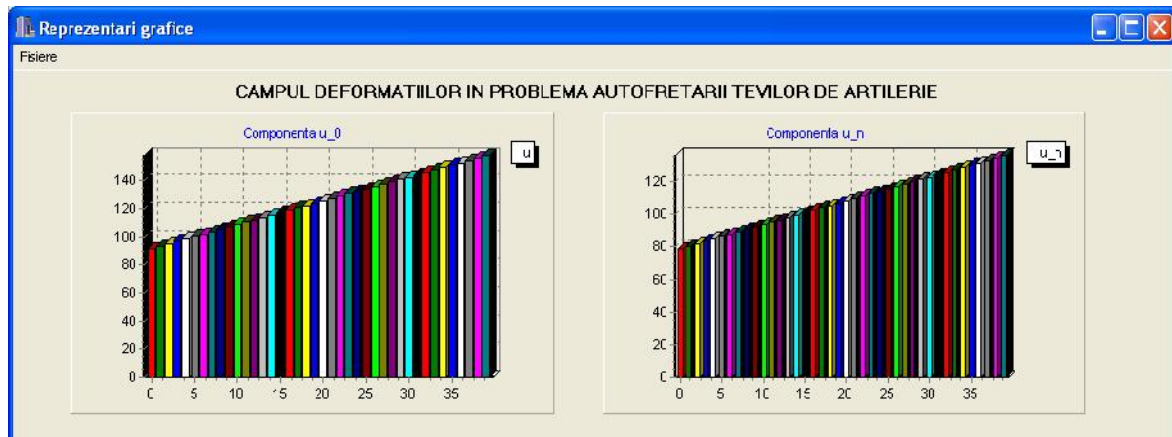


Fig. 2 Variația deplasărilor în interior  $u_0$ , respectiv exterior  $u_n$

Din cauza volumului mare de calcul, timpul de generare a rezultatelor este mare, astfel că s-a adoptat salvarea datelor în fișiere. Odată generate fișierele, acestea pot fi utilizate la reprezentările grafice, direct, fără a mai trece prin etapa de calcul. Cu cât numărul de elemente finite în care este discretizat tubul e mai mare cu atât timpul de obținere a rezultatelor este mai mare.

## BIBLIOGRAFIE

- [1]. Bârsan Ghiță, Giurgiu Luminița , Barbu Mădălin, Lică-Mihăilă Gabriela, *Modelarea procesului de autofretare a tuburilor cu pereți groși utilizând metoda elementelor finite*, Buletinul Academiei Forțelor Terestre, 1(23)/2007, pag.17-31, ISSN 1224/5178;
- [2]. Bârsan Ghiță, Haș Ioan, Lică-Mihăilă Gabriela, *Considerații privind comportarea mecanică a materialelor sub presiune hidrostatică*, Revista Academiei Forțelor Terestre, 2(46)/2007, pag.163-168, ISSN 1582-6384;
- [3]. Bârsan Ghiță, Bechet Paul, Barbu Mădălin, *A Basic Theoretical Model for Elastic-Plastic Stress Analysis of the Thick-Walled Tubes Subjected to an Internal Pressure*, International Conference on Military Technologies, ICMT '07, May 2 – 4, 2007, Brno, Czech Rep. , pag. 65-70, ISBN 978-80-7231-238-2;
- [4]. Bârsan Ghiță, Barbu Mădălin, *About Combined Charges Combustion in Gun Systems*, International Conference on Military Technologies, ICMT '07, May 2 – 4, 2007, Brno, Czech Rep. , pag. 71-78, ISBN 978-80-7231-238-2;
- [5]. Bârsan Ghiță, Giurgiu Luminița, Lică-Mihăilă Gabriela, *Establishing a Model for Non-Linear Environment in the Case of Autofrettaging of the Thick-Walled Tubes*, Proceedings of the 5<sup>th</sup> International Conference New Challenges in the Field of Military Sciences 2007, Zrínyi Miklós National Defence University Bolyai János - Military Technical Faculty, Budapest, 13-15 November 2007;
- [6]. Bârsan Ghiță, Lică-Mihăilă Gabriela, Oancea Romana, *Numerical Solutions in the Case of Autofrettaging of the Thick-Walled Tubes for Different Geometries and Modes of Loading*, Proceedings of the 5<sup>th</sup> International Conference New Challenges in the Field of Military Sciences 2007, Zrínyi Miklós National Defence University Bolyai János - Military Technical Faculty, Budapest, 13-15 november 2007;
- [7]. Bârsan Ghiță, Miclăuș Simona, Căruțașu Vasile, *An Innovative Process for Increasing Mechanical Properties for Gun Barrels*, The 5th International Conference „New Research in Material Science“, ARM 5, ICPE, Sibiu, 5-7 septembrie 2007, vol.3, pag. 890-893.