

CONTRIBUTII LA STABILIREA REGIMULUI DE SALT OPTIM ÎN CAZUL CERNERII MATERIALELOR CU UMDITATE CRITICA

Dinu Ioan STOICOVICI, Mircea HORGOS, Ioana CRACIUN

Universitatea de Nord din Baia Mare, Str. Dr. V. Babes., Nr. 62, Baia Mare, Romania
www.ubm.ro, dinu_stoicovici@yahoo.com

Cuvinte cheie: ciururi vibratoare; materiale cu umiditate critica

Abstract: This paper presents some aspects regarding the choice of throwing coefficient in order to obtain the most favourable vibration operating conditions in the case of screening critical humidity material using some graphs conceived by authors. The critical humidity material has its particles under 10-12mm nominal dimension that have humidity in between 5% - 14%. The results are compared with those obtained by experiments valid for screening building material with critical humidity.

1. VARIATIA REGIMURILOR DE MISCARE A GRANULELOR CU SALT PE SITE

Regimul de miscare al unei granule de material pe o sita vibratoare depinde nu numai de caracteristicile de miscare ale granulei anterioare caderii pe sita, ci si de caracteristicile de miscare ale suportului vibrator al ciurului, în speta de intervalul în care granula este preluata de catre sita vibratoare. Aceasta deoarece, pe parcursul evolutiei pe sita, granula poate fi accelerata sau încetinita, de unde rezulta ca deplasările si vitezele vor crește sau descrește corespunzător.

În practica cernerii materialelor de constructii prezinta interes doar regimurile de functionare în care se obtine un salt al granulei pe sita, iar saltul granulei sa se efectueze în timpul unei singure oscilatii complete a organului de lucru a ciurului ([1], [2], [6], [7]). Deasemenea, nu se pot accepta în cazul cernerii regimuri în care granulele sa alunece sau sa fie aruncate pe sita în sens invers fata de curgerea naturala a acestuia, data de sensul de alimentare a materialului pe ciur si de înclinarea sitei.

Pentru delimitarea acestor regimuri se dau valori ale asa numitului *coeficient de aruncare* – c , definit ca raportul dintre forta de aruncare imprimata granulei de catre ciur si componenta greutatii granulei care se opune acestei forte. Valoarea minima la care granulele încep sa salte pe sita este deci $c \geq 1$. Valoarea maxima pe care o poate avea coeficientul de aruncare se poate determina de exemplu din calculul timpului maxim de salt al granulei si punând conditia ca acest timp sa nu depaseasca timpul în care ciurul efectueaza o oscilatie completa ([2], [3], [4]). Se obtine astfel conditia finala:

$$1 \leq c \leq 3.29 \quad (1)$$

În lucrari de specialitate ([1], [2], [3], [4] si [5]) se dau valori pentru diferite regimuri de functionare ale ciururilor. Pentru calculul acestor valori ale coeficientului de aruncare se considera ipoteza ca socul granulelor pe site este perfect neelastice, caracterizat prin aceea ca granula își pierde complet viteza verticala în urma ciocnirii pe sita. Acesta comportare se poate observa în practica la straturile de material de pe sita ciururilor, atunci când grosimea acestora este suficienta.

Luând în considerare toate aceste aspecte, sunt delimitate doua regimuri de salt al granulelor ([2], [3], [4], [5]):

- Regimul caracterizat prin aceea ca începutul saltului granulei se face la începutul intervalului II, dar saltul se sfârșeste undeva în timpul desfășurării intervalului I. De aceea, de fiecare data particula va rămâne un timp pe sita, pâna se vor îndeplini din nou condițiile dinamice de salt, la începutul intervalului II.

- Regimul caracterizat prin aceea ca începutul saltului granulei se face la începutul intervalului II, dar aruncarea granulelor este suficient de puternică pentru ca granulele să cada din nou pe sita exact la începutul următorului interval II. În acest caz va urma imediat după caderea granulei pe sita o nouă aruncare.

Primul regim descris mai sus este reprezentat grafic în Figura 1:

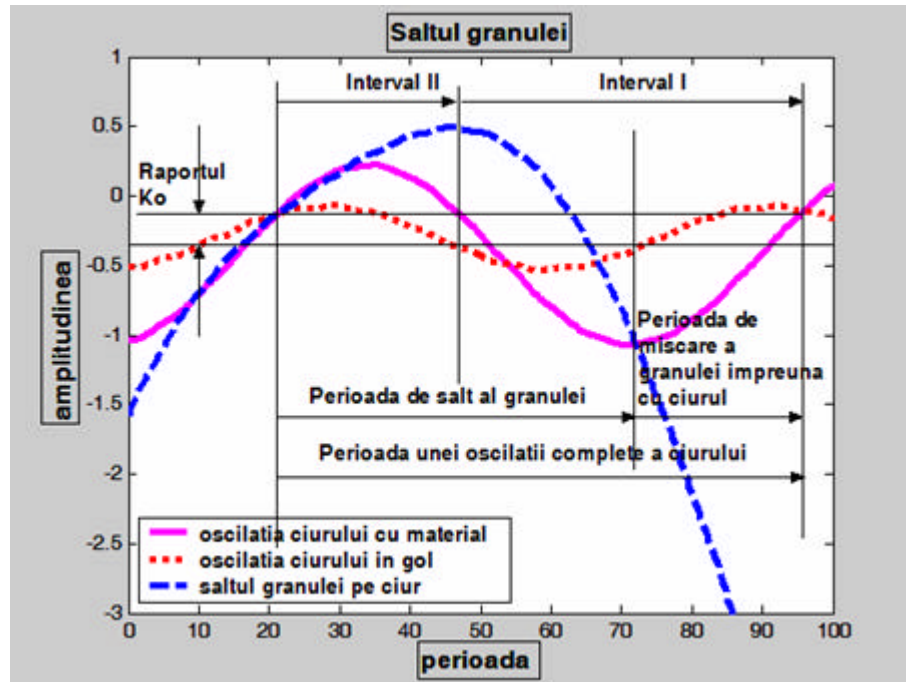


Figura 1: Domeniile regimului de miscare cu salt pe site a granulelor, în care fiecare început de salt al granulei coincide cu începutul intervalului II, dar saltul se sfârșește în intervalul I.

Trebuie subliniat ca regimurile descrise mai sus se stabilesc luând în considerare saltul unei singure granule pe o suprafață rugoasă. Regimul care apare frecvent în practică este primul regim. Cel de-al doilea regim este un regim care nu este unul care poate fi considerat ca existând în mod unic în situația reală de pe sita, datorită existenței unor multitudini de factori perturbatori, cum ar fi ciocnirile și frecările dintre granule, precum și umiditatea materialului pe sita. Acești factori, trebuie luați în considerare deoarece pentru materialele cu umiditate critică aceștia joacă un rol determinant.

Notiunea de *materiale cu umiditate critică* se referă la materialele pulverulente aflate în vrac, având dimensiunile sub 10-12mm și o umiditate între 5-14%. În aceste condiții materialele respective devin extrem de aderente, atât granulele componente între ele, cât și față de materialul suportului (împletitura sitei sau tabla jgheabului).

Se produce în final un amestec între cele două regimuri, în sensul că după o succesiune de salturi corecte din punct de vedere al acestui regim se obține un salt slab, care duce la caderea granulei în interiorul intervalului I. Se preferă astfel utilizarea ecuațiilor unui regim de salt caracterizat printr-un singur salt al granulei la fiecare oscilație completă a ciurului, în care fiecare început de salt al granulei coincide cu începutul intervalului II, dar saltul se sfârșește în intervalul I (conform Figurii 1).

2. STABILIREA REGIMULUI DE SALT OPTIM

Se considera un ciur acționat cu mecanism vibrator de tip inertial, având sitele înclinate cu unghiul α față de orizontala locului, cu axele xO_1y ale sistemului de

coordonate mobil solidar cu sita ciurului (axa Ox orientata în lungul sitei) si cu axele xOh ale sistemului fix de coordonate, ca în Figura 2 de mai jos ([4], [5]):

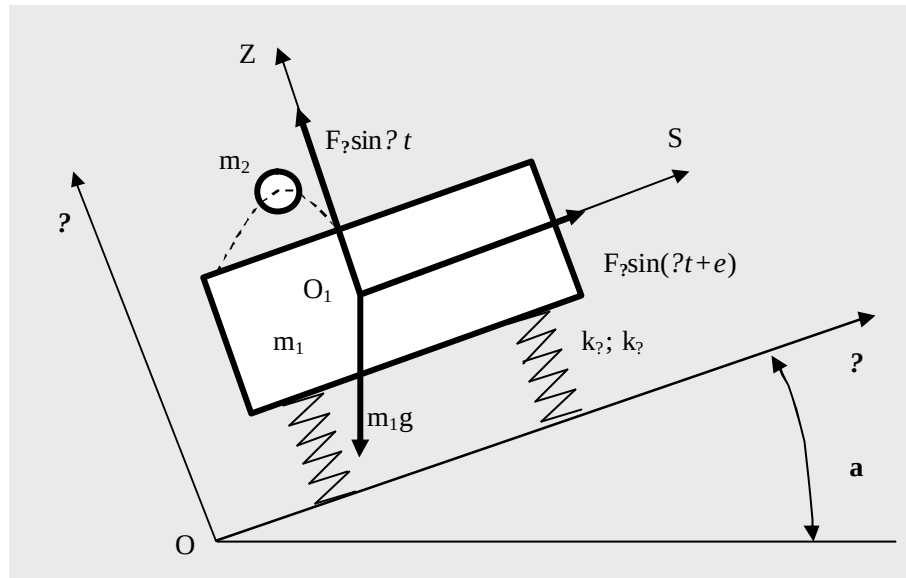


Figura 2: Sistemul fix si mobil de axe de referinta

Consideram saltul din Figura 1, în care în intervalul "I" materialul se afla pe sita si se misca solidar cu aceasta si în intervalul "II" materialul se afla în salt de pe sita.

Astfel, pentru cazul din figura de mai sus vom avea ecuatia diferentiala a miscarii în intervalul I:

$$\ddot{h} \cdot (m_1 + m_2) + k_h \cdot h = F_h \cdot \sin \omega t - g \cdot (m_1 + m_2) \cdot \cos \alpha \quad (2)$$

Unde:

- $\ddot{h}$ – acceleratia miscarii sistemului dupa axa Oh ;
- m_1 – masa cadrului mobil;
- m_2 – masa materialului pe sita;
- k_h – constanta de elasticitate a arcului dupa directia axei Oh ;
- h – elongatia miscarii dupa axa Oh ;
- F_h – forta de excitatie a mecanismului vibrator dupa directia Oh ;
- ω – pulsatia sistemului.

Prin relatia de mai sus se considera ca, pentru a avea un salt al granulei, trebuie ca forta pe care cadrul mobil o imprima granulei, împreuna cu forta elastica a arcurilor, trebuie sa fie egale cu diferenta dintre forta perturbatoare a vibratorului si componenta greutatii.

Se fac urmatoarele notatii care transforma ecuatia într-o forma adimensionala ([4]):

$$z = \frac{m_1 \cdot w_1^2}{F_h} \cdot h ; z' = \frac{dz}{dt} ; t = \omega t ; w_1 = \sqrt{\frac{k_h}{m_1}} ; k_1 = \frac{w_1}{\omega} ; k_m = \frac{m_2}{m_1} ; n_1 = \frac{m_1 \cdot g \cdot \cos \alpha}{F_h} \quad (3)$$

Cu aceste notatii ecuatia de mai sus devine:

$$z'' + \frac{k_1^2}{1 + k_m} \cdot z = \frac{k_1^2}{1 + k_m} \cdot \sin t - k_1^2 \cdot n_1 \quad (4)$$

Solutia acestei ecuatii este de forma:

$$z_I = A_I \cdot \sin\left(\frac{k_1}{\sqrt{1 + k_m}} \cdot t\right) + B_I \cdot \cos\left(\frac{k_1}{\sqrt{1 + k_m}} \cdot t\right) - \frac{k_1^2}{1 + k_m - k_1^2} \cdot \sin t - n_1 \cdot (1 + k_m) \quad (5)$$

Miscarea sitei după desprinderea materialului la momentul t_0 este dată de ecuația:

$$\ddot{h} \cdot m_1 + k_h \cdot h = F_h \cdot \sin \omega t - g \cdot m_1 \cdot \cos \alpha \quad (6)$$

Dacă se adoptă din nou notațiile (3), ecuația de mai sus ia forma adimensională:

$$z'' + k_1^2 \cdot z = k_1^2 \cdot \sin t - k_1^2 \cdot n_1 \quad (7)$$

Soluția acestei ecuații este de forma:

$$z_{II} = A_{II} \cdot \sin(k_1 \cdot t) + B_{II} \cdot \cos(k_1 \cdot t) - \frac{k_1^2}{1 - k_1^2} \cdot \sin t - n_1 \quad (8)$$

Ecuația misării materialului după desprinderea de pe sită, exprimată de asemenea în mărimi adimensionale, este:

$$\begin{aligned} z_S = & A_{II} \cdot k_1 \cdot (t - t_0) \cdot \cos(k_1 \cdot t_0) - B_{II} \cdot k_1 \cdot (t - t_0) \cdot \sin(k_1 \cdot t_0) - \frac{k_1^2}{1 - k_1^2} \cdot (t - t_0) \cdot \cos t_0 \\ & - A_{II} \cdot [\sin(k_1 \cdot t) - \sin(k_1 \cdot t_0)] - B_{II} \cdot [\cos(k_1 \cdot t) - \cos(k_1 \cdot t_0)] + \\ & + \frac{k_1^2}{1 - k_1^2} \cdot (\sin t - \sin t_0) - \frac{k_1^2 \cdot n_1 \cdot (t - t_0)^2}{2} + z'_{s0} \cdot (t - t_0) \end{aligned} \quad (9)$$

unde, prin z'_{s0} s-a notat viteza inițială relativă a granulei față de suportul vibrator în momentul desprinderii. Relația (9) descrie saltul granulei de material până în momentul caderii acesteia înapoi pe sită $t_c = \omega t_c$, moment caracterizat prin cea mai mică rădăcină pozitivă a ecuației $z_S(t) = 0$.

Pentru determinarea celor șase necunoscute din ecuațiile de mai sus (și anume A_{II} , A_{II} , B_{II} , B_{II} , t_0 , t_c) se alcătuieste un sistem de șase ecuații din condițiile inițiale ale mișcării ([4]):

- condiția de continuitate a spațiului în momentul t_0 și în momentul caderii t_c ;
- condiția de continuitate a vitezelor cadrului mobil în momentul t_0 și t_c ;
- condiția de egalitate a accelerațiilor la desprindere;
- condiția de egalitate cu zero pentru saltul granulei în momentul impactului acesteia cu sită.

Pentru că ecuațiile de mai sus sunt de tip transcendent, una din metodele prin care se pot rezolva este cea numită a „falsei poziții”. În lucrarea [5] se prezintă o astfel de metodă originală, metoda care presupune utilizarea metodelor iterative de calcul. O metodă directă pentru determinarea valorilor acestor constante funcție de coeficientul de aruncare este utilizarea nomogramelor propuse în [4].

Pentru determinarea regimului optim de salt s-au vizualizat ecuațiile 5, 8 și 9. Grafice de tipul celui din Figura 3 sunt executate de către autorii prezentei lucrări în programul MatLab, printr-un program original, utilizând subrutine specifice programului MatLab.

Graficul este construit prin suprapunerea curbei generate prin vizualizarea ecuației ce descrie mișcarea cadrului mobil al ciurului cu materialul pe el (ecuația z_1 – linia întreruptă) și a curbei generate prin vizualizarea ecuației ce descrie mișcarea cadrului mobil al ciurului fără material pe el (ecuația z_2 – linia punctată). Locul de intersecție reprezintă chiar momentul desprinderii granulei de pe suprafața sitei ($Y = f(t_0)$ – romb). Prin acest punct s-a trasat curba care reprezintă traseul granulei în salt (ecuația z_S – linia continuă).

Acest tip de grafic sa trasat pentru diferite valori ale coeficientului de aruncare, începând cu $c=2,5$ și continuând cu creșteri de 0,05, până la $c=3,3$. Aceste valori sunt uzuale pentru calculul regimurilor de lucru pentru cernerea materialelor cu umiditate critică.

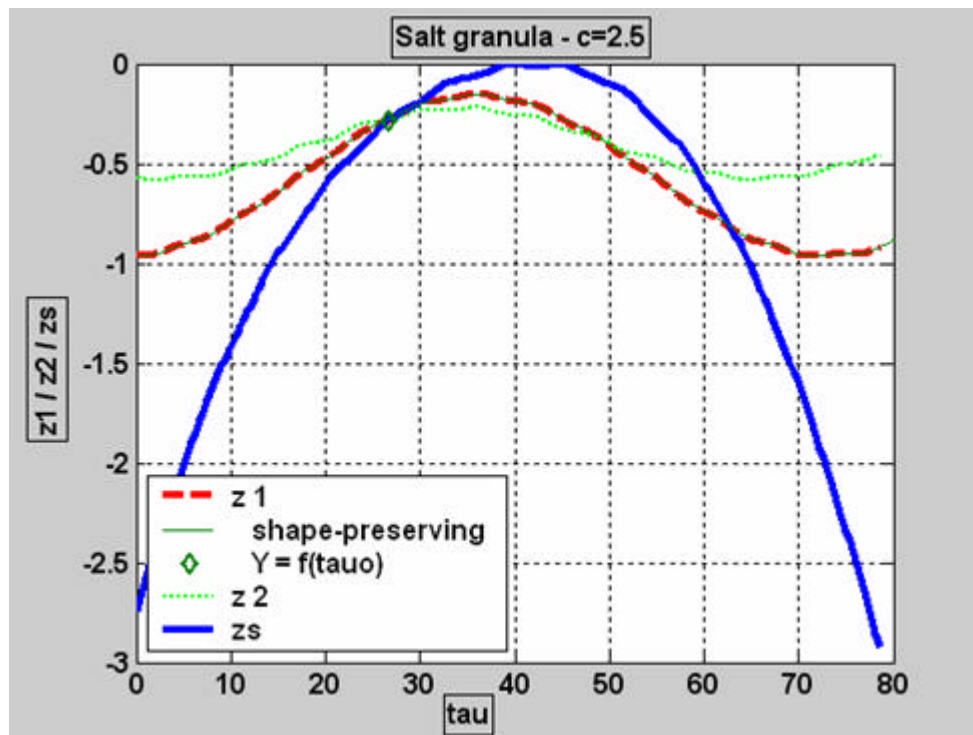


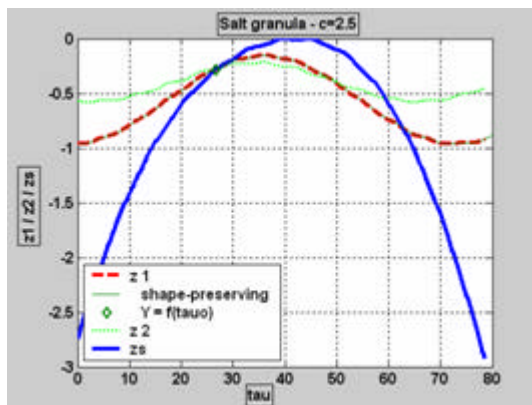
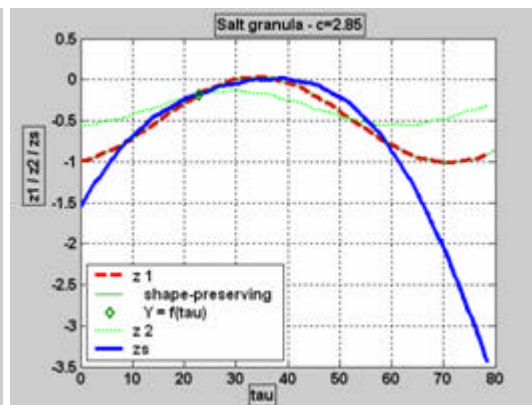
Figura 3: Graficul evoluției funcțiilor z_1 , z_2 , z_s

3. CONCLUZII SI PERSPECTIVE

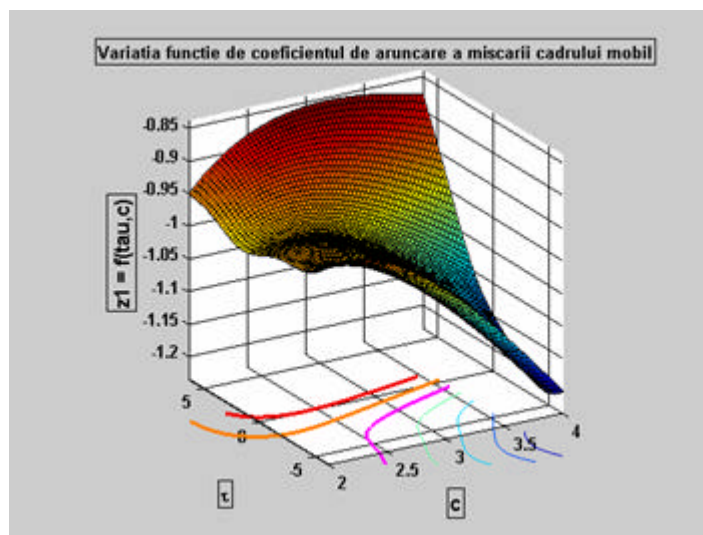
S-au trasat pentru cazul prezentului studiu 18 grafice similare cu cel de mai sus. Graficele au fost analizate ca valori maxime ale saltului. Se dau ca exemple de astfel de grafice cele corespunzatoare unui coeficient de aruncare $c=2,5$ (Figura 4) fata de unul corespunzator unui coeficient de aruncare $c=2,85$ (Figura 5).

Din analiza tuturor acestor grafice s-a observat ca valoarea optima a coeficientului de aruncare pentru cazul prezentului studiu este $c=2,5$. Pentru aceasta valoare se observa pe grafice un salt maxim al granulei, iar granula cade pe sita atunci când cadrul mobil se gaseste în miscare de coborâre. Aceasta permite granulei sa nu ricoseze si deasemenea, sa nu adere la împletitura din sârma ale sitei, ceea ce pentru materialele cu umiditate critica e esential. Pe de alta parte, în momentul saltului granula se desprinde fara a prezenta o miscare prelungita împreuna cu cadrul mobil, ceea ce e în avantajul saltului acesteia.

Pentru ca în realitate pe suprafata de separare se gaseste permanent o anumita cantitate de material de cernut, putem considera ca miscarea cadrului mobil se face în permanenta doar dupa curba „ z_1 ”. De altfel, în activitatea de proiectare la calcularea masei totale în miscare oscilatorie se considera ca doar 20% din totalul materialului care se afla la un moment dat pe sita se gaseste în contact permanent cu aceasta. Pe de alta parte, reamintim ca materialul care se gaseste pe sita la un moment dat nu este admis sa depaseasca 15-20% din masa cadrului mobil în cazul cernerii materialelor cu umiditate critica decât eventual în mod accidental, pentru scurte perioade de timp ([5]).

Figura 4: Saltul granulei pentru $c=2,5$ Figura 5: Saltul granulei pentru $c=2,85$

În Figura 6 se poate observa variatia functiei $z_1 = f(t, c)$, care depinde atât de momentul aruncării granulei cât și de coeficientul de aruncare. Se poate constata că pe un interval $(-2p, 2p)$ funcția prezintă o zonă de maxim începând cu valoarea de $c=2.5$:

Figura 6: Reprezentarea evoluției cadrului mobil (z_1) în funcție de momentul de aruncare și coeficientul de aruncare.

BIBLIOGRAFIE

1. Horgos, M., Stoicovici, D.: Consideratii privind alegerea corecta a parametrilor cinematici si dinamici ai ciururilor vibratoare. Analele Universitatii Oradea. Fascicula mecanica. Sectia mecanisme, organe de masini, tribologie, mecanica fina, roboti. Oradea 1999.
2. Mihailescu St. Masini de constructii si pentru prelucrarea agregatelor. Editura didactica si pedagogica. Bucuresti 1983.
3. Munteanu M.: Introducere în dinamica masinilor vibratoare. Editura Academiei RSR. Bucuresti - 1986.
4. Peicu R.A.: Studiul vibratiilor la ciururi în vederea stabilirii unor metode de calcul si proiectare, în scopul îmbunătățirii coeficientului de calitate a cernerii. Teza de doctorat. Institutul de Constructii Bucuresti. Bucuresti 1975.
5. Stoicovici, D.: Contributii la optimizarea parametrilor dinamici ai ciururilor vibratoare la sortarea materialelor cu umiditate critica. Teza de doctorat. Universitatea Tehnica Cluj Napoca, Iunie 2004.
6. Stoicovici, D., Craciun, Ioana: Noi criterii privind utilizarea diagramelor de proces pentru sortarea materialelor cu umiditate critica pe utilajele vibratoare. Micro-CAD 1999 – International Computer science Conference. Section M: Applied Mechanical Engineering Sciences. Miskoltz, Hungary, 1999.
7. Stoicovici, D., Horgos, M. Utilizarea nomogramelor pentru alegerea parametrilor dinamici de baza ai ciururilor vibratoare. Analele Universitatii Oradea. Fascicula mecanica. Sectia mecanisme, organe de masini, tribologie, mecanica fina, roboti si desen tehnic. Oradea 1999.