

DESPRE VARIAȚIA REGIMURILOR DE MIȘCARE CU SALT PE SITE A GRANULELOR

Mircea HORGOS, Dinu STOICOVICI

Universitatea de Nord Baia Mare, mhorgos@ubm.ro

Key words: grain, jump, electromagnetic sieve

Abstract: A particle on a vibrating tilting base can have three estate possibilities for the grain. The three cases will be the sub-intervalles into which the two particular intervalles will be devided: the first being the situation in which the grain is stationary on the sieve, and the second refers to the jump of the grain.

Pentru a putea stabili regimurile ideale de funcționare ale utilajelor vibrante și pentru a putea evalua efectul interacțiunii mașină-mediul granular, sunt necesare relațiile principale care descriu mișcarea unei particule materiale pe un plan vibrator.

Asupra mișcării materialului granular polidispers pe suprafața sitelor aparținând unor diferite tipuri de ciururi vibratoare s-au făcut unele considerații teoretice care țin, în primul rând, de tipul mișcării suportului vibrator al sitelor [1], [2], [4].

1. MIȘCAREA MATERIALULUI PE CIUR

Se consideră o particulă de material care se află pe suprafața unei site, conform figurii de mai jos (fig. 1). Se consideră sistemul de axe mobil xOy , solidar cu cadrul mobil, având axa Ox orientată în lungul sitei. Se mai consideră un sistem de axe fix $x_1O_1y_1$, având axele paralele cu cele corespunzătoare ale sistemului mobil. Unghiul de înclinare al sitei se consideră față de orizontala locului.

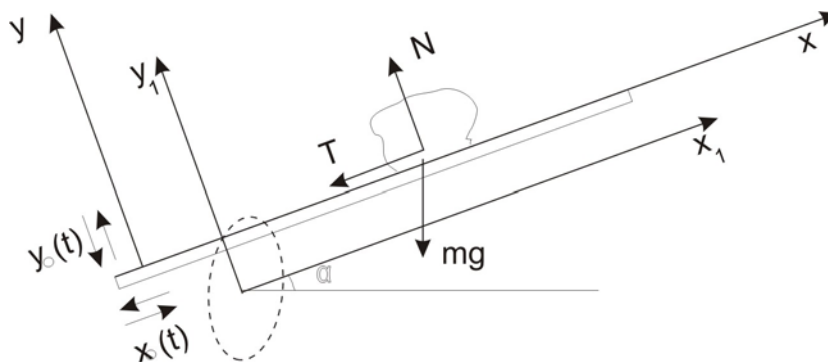


Fig. 1.

Dacă ecuațiile vibrațiilor planului sunt $x_0=x_0(t)$, $y_0=y_0(t)$, ecuațiile mișcării absolute ale particulei sunt [2]:

$$\begin{aligned} x_1 &= x_0 + x, \\ y_1 &= y_0 + y. \end{aligned} \quad (1)$$

Ecuațiile diferențiale ale mișcării particulei sunt:

$$\begin{aligned} m\ddot{x}_1 &= -mg \sin \alpha + T, \\ m\ddot{y}_1 &= -mg \cos \alpha + N. \end{aligned} \quad (2)$$

Înlocuind relațiile (1) în (2), se obțin ecuațiile mișcării în raport cu sistemul de referință mobil:

$$\begin{aligned} m\ddot{x} &= -m\ddot{x}_0(t) - mg \sin \alpha + T, \\ m\ddot{y} &= -m\ddot{y}_0(t) - mg \cos \alpha + N. \end{aligned} \quad (3)$$

Pentru condiția $y=0$, în ultima relație (3), va rezulta expresia forței de reacțiune

$$N = m\ddot{y}_0(t) + mg \cos \alpha. \quad (4)$$

Forța de frecare este

$$T = -\mu N \operatorname{sign} \dot{x}, \quad (5)$$

unde μ este coeficientul de frecare uscată.

Particula se poate afla pe plan și în stare de repaus relativ când $x=0$. Din prima ecuație (3) pentru acest caz se obține

$$T = T_0 = m\ddot{x}_0(t) + mg \sin \alpha. \quad (6)$$

Valoarea forței de frecare statică T_0 este limitată de condiția

$$|T_0| < \mu_1 N, \quad (7)$$

unde μ_1 este coeficientul de frecare statică.

Dacă condiția (7) nu este îndeplinită, corpul începe să alunece.

În concluzie, particula se poate afla în următoarele trei stări de mișcare relativă:

- zborul particulei descris de ecuațiile

$$\begin{aligned} \ddot{x} &= -\ddot{x}_0(t) - g \sin \alpha, \\ \ddot{y} &= -\ddot{y}_0(t) - g \cos \alpha, \end{aligned} \quad (8)$$

- alunecarea relativă a particulei descrisă de ecuația

$$\ddot{x} = -\ddot{x}_0(t) - g \sin \alpha - \mu [\ddot{y}_0(t) + g \cos \alpha] \operatorname{sign} \dot{x}, \quad (9)$$

- starea de echilibru relativ.

Relațiile de mai sus au fost obținute înlocuind relațiile (4) și (5) în prima ecuație (3).

Atâta timp cât granula se află pe suprafața sitei, avem $y = 0$, există trei posibilități de stare a granulei, denumite în continuare subintervale:

A) alunecare a granulei înainte, $\dot{x} > 0$;

B) repaus relativ a granulei pe sită, $\dot{x} = 0$;

C) alunecare a granulei înapoi, $\dot{x} < 0$.

Cele trei cazuri vor fi subintervalele în care se poate împărți primul interval considerat, adică cel de staționare al granulei pe sită, denumit în continuare **intervalul I**. Prin simetrie, referirile la intervalul de salt se vor face cu denumirea de **intervalul II**. De precizat că subintervalele nu caracterizează mișcarea reală a granulei pe planul sitei ci numai condițiile de accelerare, frânare sau oprire a granulei de material față de viteza ei inițială relativă față de planul sitei.

Dacă granula se găsește în repaus ($\dot{x} = 0$ – subintervalul “B”), atunci ea va continua să rămână în repaus relativ, atâta timp cât valoarea forței de frecare necesară $|F_0|$ nu întrece valoarea forței de frecare capabile $|\mu \cdot N|$.

În concluzie, condițiile care limitează subintervalele de staționare, alunecare înainte sau alunecare înapoi se pot exprima din condiția de echilibru a proiecțiilor accelerației gravitaționale, respectiv a accelerațiilor mișcării sitei după un plan înclinat cu un unghi “+ ρ ” pentru alunecarea înainte, respectiv “- ρ ” pentru alunecare înapoi.

Din cele expuse până acum reiese că, în intervalul “I”, o granulă care se află în mișcare de alunecare înainte și se află pe sită în subintervalul de timp “A” își va continua mișcarea de alunecare înainte, fără a se putea opri, iar granula ce se află în starea de repaus relativ va începe să alunece înainte. În subintervalul “B”, granulele ce se află în mișcarea de alunecare înainte sau, respectiv înapoi își vor micșora viteza relativă, iar granulele care se află în starea de repaus relativ vor rămâne în această stare. Continuând raționamentul pentru subintervalul “C” evident că granulele care alunecă înapoi nu se vor putea opri, iar cele aflate în repaus relativ vor începe să alunece înapoi. De asemenea, în cazul când mișcarea cadrului mobil intră în intervalul “II”, granulele, indiferent de starea lor anterioară de mișcare, nu vor putea să mai mențină contactul cu sita și vor fi aruncate de pe suprafața acesteia.

Să presupunem că trecerea de la zbor la alunecarea relativă se face printr-o ciocnire în care valorile scalare ale componentelor normală și tangențială ale vitezei relative se modifică conform relațiilor

$$\begin{aligned}\dot{y}_n' &= -R\dot{y}_n; & 0 \leq R < 1, \\ \dot{x}_n' &= (1-\lambda)\dot{x}_n, & 0 \leq \lambda < 1,\end{aligned}\tag{10}$$

unde R este coeficientul de restituire, iar λ coeficientul de frecare instantaneu la ciocnire [4].

S-a considerat că efectul ciocnirii asupra vibrației planului este neglijabil.

Relațiile (4) – (10) determină complet mișcarea particulei. Anumite relații de condiție între parametrii vibrației, coeficienții de frecare și unghiul α determină regimuri de mișcare stabile independente de condițiile inițiale.

Când mișcarea materialului se face prin salturi cu desprindere de pe organul de lucru, disiparea de energie se produce în urma ciocnirilor mecanice.

În lucrarea [4] s-a arătat că pentru $R=0$ și $1<\lambda<0$ sau $\lambda=0$ pot exista regimuri de mișcare stabile cu salturi continue și regimuri cu salturi alternate cu mișcări de alunecare sau de repaus pe plan. Pentru $0<R<1$ și $1<\lambda<0$ sau $\lambda=0$ s-a arătat că pot exista numai mișcări stabile cu aruncări succesive fără perioade finite de contact între particulă și plan. În lucrare studiul s-a realizat pentru cazul vibrațiilor rectilinii ($\varphi=0$), însă poate fi extins fără dificultate și pentru vibrațiile pe curbe închise.

Am considerat cazul cel mai frecvent întâlnit când mișcarea se realizează prin salturi succesive.

Regimurile de mișcare prin salturi succesive se caracterizează prin momentele de desprindere și cădere ale particulei într-o perioadă sau într-un multiplu al perioadei vibrației planului.

Am considerat că mișcarea organului de lucru este descrisă de ecuațiile

$$\begin{aligned}x_0 &= x_a \cos \omega t, \\ y_0 &= y_a \cos(\omega t - \varphi),\end{aligned}\tag{11}$$

care include în general toate cazurile vibrațiilor armonice.

De exemplu, pentru $\varphi = 0$ se obține o vibrație rectilinie dirijată după direcția $\beta = \arctg \frac{y_a}{x_a}$ față de axa O_1x_1 , cu amplitudinea $a = \sqrt{x_a^2 + y_a^2}$, pentru $\varphi = \frac{\pi}{2}$ se obține o mișcare circulară cu raza $r = x_a = y_a$, iar pentru $0 < \varphi < \frac{\pi}{2}$ se obțin elipse.

2. VARIAȚIA REGIMURILOR DE MIȘCARE CU SALT PE SITE A GRANULELOR

Din cele expuse anterior reiese că regimul de mișcare al unei granule depinde nu numai de caracteristicile de mișcare ale granulei anterioare căderii pe sită ci și de intervalul sau subintervalul în care granula este preluată de către suportul vibrator. Aceasta deoarece am observat că pe parcursul evoluției pe sită granula poate fi accelerată sau încetinită, ceea ce conduce la ideea că deplasările și vitezele vor crește sau descrește corespunzător.

În practica cernerii materialelor prezintă interes doar regimurile de funcționare în care să se obțină un salt al granulei pe sită, iar saltul granulei să se efectueze în timpul unei singure oscilații complete a organului de lucru a ciurului [3]. De asemenea, nu se pot accepta în cazul cernerii, regimuri în care granulele să alunece sau să fie aruncate pe sită în sens invers față de curgerea naturală a acestuia dată de sensul de alimentare a materialului pe ciur și de înclinarea sitei.

Pentru delimitarea acestor regimuri se dau valori ale așa numitului „coeficient de aruncare – c” (denumit în unele lucrări „indice de aruncare”), definit ca [3]:

$$c = \frac{1}{K_0} = \frac{b \cdot \omega^2}{g \cdot \cos \alpha} \quad (12)$$

Pentru a afla valoarea minimă la care granulele încep să salte pe sită este necesar să se îndeplinească condiția :

$$K_0 \leq 1 \Rightarrow c \geq 1 \quad (13)$$

Valoarea maximă pe care o poate avea coeficientul de aruncare se poate determina de exemplu din calculul timpului maxim de salt al granulei și punând condiția ca acest timp să nu depășească timpul în care ciurul efectuează o oscilație completă [4]. Se obține în final:

$$c = \sqrt{1 + \pi^2} = 3.29 \quad (14)$$

Rezultă deci condiția finală:

$$1 \leq c \leq 3.29 \quad (15)$$

În lucrări ca [3], [4], și [5] se dau valori pentru diferite regimuri de funcționare ale ciururilor. Pentru calculul acestor valori ale coeficientului de aruncare se consideră ipoteza că șocul granulelor pe site este perfect neelasic, caracterizat prin aceea că granula își pierde complet viteza verticală în urma ciocnirii e sită. Această comportare se poate observa în practică la straturile de material de pe sita ciururilor, atunci când grosimea este suficientă.

Luând în considerare toate aceste aspecte, se pot distinge două regimuri de salt al granulelor:

- Regimul caracterizat prin aceea că începutul saltului granulei se face la începutul intervalului II, dar saltul se sfârșește undeva în timpul desfășurării intervalului I.

De aceea, de fiecare dată particula va rămâne un timp pe sită, până se vor îndeplini din nou condițiile dinamice de salt, la începutul intervalului II.

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

Primul regim descris mai sus este reprezentat grafic în figura 2, iar cel de-al doilea regim în figura 3. 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 sită, datorită existenței unor numeroși factori perturbatori, cum ar fi ciocnirile și frecările dintre granule, precum și umiditatea materialului pe sită.

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 căderea granulei în interiorul intervalului I.

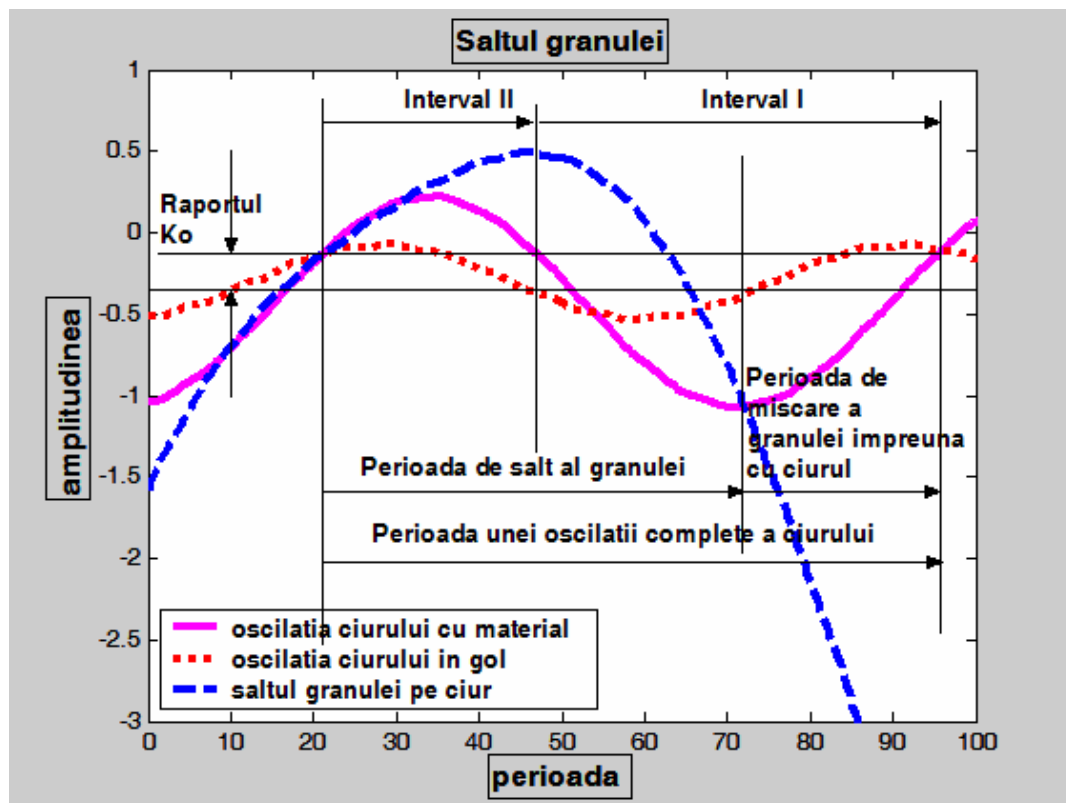


Fig. 2. Domeniile regimului de mișcare cu salt pe site a granulelor, în care fiecare început de salt al granulei coincide cu începutul intervalului II, dar saltul se sfârșește în intervalul I.

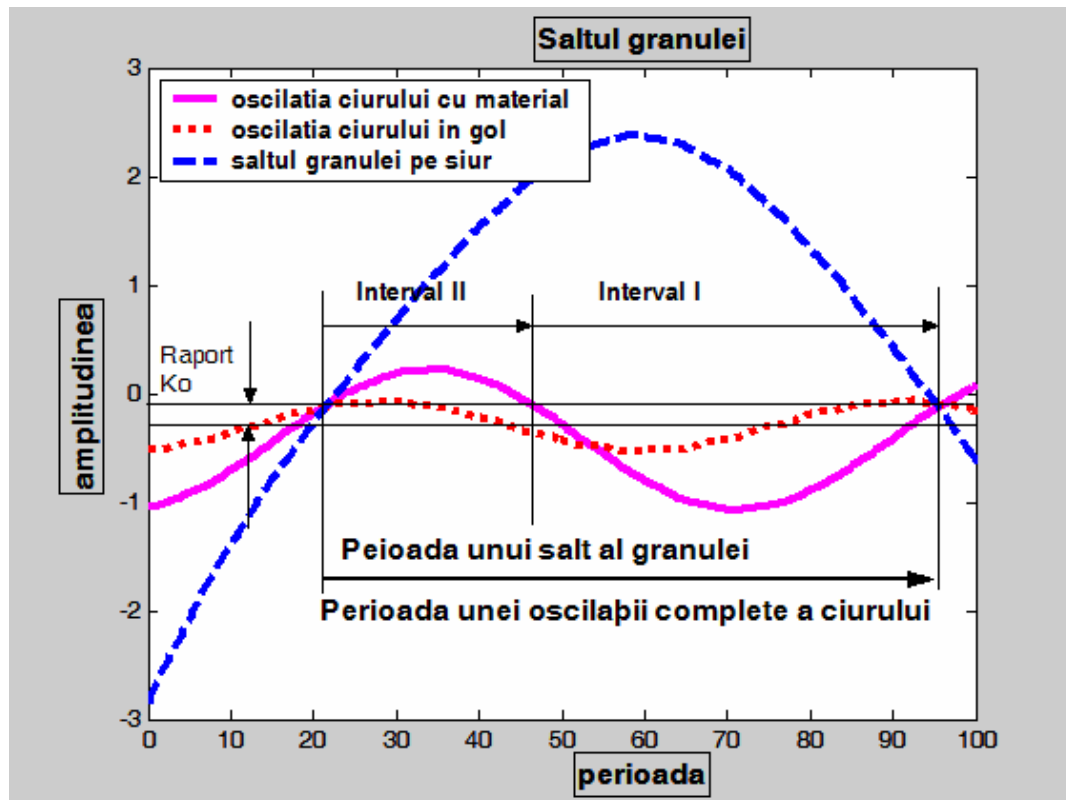


Fig. 3. Domeniul regimului de mișcare cu salt pe site a granulelor , în care fiecare început de salt al granulei coincide cu începutul intervalului II.

BIBLIOGRAFIE

1. Horgos, M., Chiver, O., *Asupra mișcării relative pe plane vibratoare înclinate*, Analele Universității din Oradea, 2004.
2. Munteanu, M., *Introducere în dinamica mașinilor vibratoare*, Editura Academiei RSR, București, 1986.
3. Peicu, R., A., *Mașini din industria materialelor de construcții*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1966.
4. Peicu, R., A., *Studiul vibrațiilor la ciururi în vederea stabilirii unor metode de calcul și proiectare, în scopul îmbunătățirii coeficientului de calitate a cernerii*. Teza de doctorat, Institutul de Construcții București, 1975.
5. Stoicovici, D., I., *Contribuții la optimizarea parametrilor dinamici ai ciururilor vibratoare la sortarea materialelor cu umiditate critică*. Teza de doctorat, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, 2005.