

PARAMETRIZAREA CU MONITORIZARE DIGITALĂ A CIURURILOR VIBRATOARE

DIGITALLY MONITORED PARAMETERIZATION OF VIBRATING SIEVES

Cristina Marilena NIȚU¹

¹Institutul de Mecanica Solidelor al Academiei Române
București, Str. C-tin Mille, nr. 15, sector 1
E-mail: cristina.nitu@imsar.ro

Rezumat. Ciururile vibratoare pentru materiale granulare folosite la prepararea betonului și a amestecurilor asfaltice sunt utilizate în fluxuri tehnologice de concasare-sortare a agregatelor minerale din exploatarea adecvată fie din albia râurilor (balast de râu), fie din cariere de piatră (agregate minerale concasate), caz în care se constituie ca echipamente conducătoare a procesării.

Mașinile vibratoare denumite ciururi vibratoare pot avea cel puțin două site și cel mult patru site pentru procesarea granulometrică a agregatelor minerale de balastieră și carieră. Astfel, stabilirea nivelului de performanță a ciurului vibrator trebuie să fie în corelație cu cerințele esențiale într-un flux tehnologic cu senzorialitate și echiparea digitală pentru integrarea echipamentului într-un proces tehnologic optimizabil.

Cuvinte cheie: sortare; agregate minerale; sita vibranta; vibrații staționare, digitizare

Abstract. Vibrating sieves for granular materials used in the preparation of concrete and asphalt mixtures are used in technological flows of crushing-sorting of mineral aggregates from appropriate exploitations either from riverbeds (river ballast) or from stone quarries (crushed mineral aggregates), in which case they are constituted as processing-leading equipment.

Vibrating machines called vibrating sieves may have at least two sieves and a maximum of four sites for the particle size processing of mineral ballast and quarry aggregates. Thus, the determination of the level of performance of the vibrating sieve must be correlated with the essential requirements in a technological flow with the sensoristics and digital equipment for the integration of the equipment in an optimized technological process.

Key words: sorting; mineral aggregates; vibrating sieve; stationary vibrations, digitization

1. Introducere

Performanțele mașinilor vibratoare de sortare a agregatelor minerale, denumite ciururi vibratoare, reprezintă ansamblul parametrilor funcționali, constructivi și tehnologici, raportați la valorile de referință corespunzătoare stabilite fie pe baza unor documente normative fie pe baza unor documente de referință stabilite de producătorii sau utilizatorii echipamentelor din această clasă de mașini. Nivelul tehnic de performanță se definește prin puterea necesară menținerii regimului de vibrații tehnologice, coeficientul mașinii vibratoare și energia cinetică maximă în regim staționar pentru asigurarea clasării – sortării mecanice potrivit cerințelor tehnice definite. Astfel, vor fi prezentate criteriile de performanță ca mărimi parametrice specifice capabile să încadreze în mod corespunzător oportunitatea și eficiența ciurului vibrator într-o tehnologie avansată de sortare – clasare.

2. Performanțele tehnice

Performanța specifică a mașinilor vibratoare de sortare reprezintă conceptul definitiv pentru realizarea unei comparații obiective între echipamentele similare cu aceeași destinație realizate de firme diferite, în scopul integrării acestora într-un proces tehnologic digitalizat. În acest caz, nivelul tehnic de performanță al ciurului și relațiile de calcul pentru parametrii specifici sunt definiți pentru asigurarea algoritmului esențial în adaptarea optimă a sensoristicii și monitorizării funcționale.

a) Puterea regimului de vibrații

Puterea regimului de vibrare, în regim staționar este dată de

$$N = m_0 r \omega^2, [W] \quad (1)$$

unde

m_0 – este masa corpurilor excentrice care realizează dezechilibrul dinamic, [kg];

r – excentricitatea maselor dezechilibrate, [m];

ω – pulsația vibrațiilor forțate în regim staționar, [s^{-1}]

Factorul dinamic R este dat de relația sub forma

$$R = r \gamma \sin \varphi + \frac{1}{2} (1 + \gamma \cos \varphi) \mu d, [m] \quad (2)$$

în care: $\gamma = \frac{m_0}{m}$ este factorul de masă, (3)

m – masa totală a ciurului vibrator, aflată în mișcare, [kg];

μ – coeficientul de frecare de alunecare în lagărele axului generatorului de vibrații;

d – diametrul suprafeței relative de alunecare a lagărului, [m];

φ – unghiul de defazare a forței perturbatoare față de vibrația forțată, [rad].

b) Coeficientul mașinii vibratoare

Coeficientul ciurului vibrator Γ se calculează cu relația

$$\Gamma = \frac{r \omega^2 \gamma}{g \cos \alpha} \quad (4)$$

unde α este unghiul format de planul sitei ciurului cu planul orizontal;

g - accelerația gravitațională ($g=9,81 \text{ m/s}^2$)

c) Energia cinetică maximă a ciurului vibrator

În regim stabilizat pentru ciurul vibrator energia cinetică este de forma:

$$E_{c \max} = \frac{1}{2} m a^2 \omega^2, [J] \quad (5)$$

unde a este amplitudinea vibrațiilor forțate în regim postrezonanță

3. Performanța măsurabilă

Performanța măsurabilă a ciurului vibrator se exprimă prin ansamblul parametrilor tehnologici în condițiile unei clasări (sortări) eficiente. În acest caz, pot fi definiți parametrii specifici de putere, energie și vibrații pentru ciurul vibrator.

a) Puterea specifică de acționare

Raportul dintre puterea N și momentul m_0 reprezintă puterea specifică dată sub formula:

$$W = \frac{N}{m_0 r} \quad (6)$$

Ținând seama de relațiile (1) și (2) rezultă că se poate scrie relația:

$$W = \omega^3 R, \frac{W}{kg \cdot m} \quad (7)$$

b) Puterea specifică de cernere,

Evaluarea puterii specific referitoare la suprafața de cernere poate fi evaluată astfel:

$$S = \frac{N}{S_a}, \left[\frac{W}{m^2} \right] \quad (8)$$

unde S_a este suprafața activă de cernere a sitei, [m²]

Dacă ținem seama de parametrul $k = \frac{m}{S_a}$ definit ca fiind masa distribuită considerată uniformă, aflată în mișcare, raportată la suprafața activă de cernere S_a , se obține relația:

$$s = k \cdot \gamma \cdot r \cdot \omega^3 \cdot R \quad (9)$$

c) Coeficientul specific de salt

Acesta se definește cu relația:

$$\beta = \frac{\Gamma}{\gamma} \quad (10)$$

sau, dacă se ține seama de relația (4), rezultă:

$$\beta = \frac{r \omega^2}{g \cos \alpha} = \frac{1}{k_0} \quad (11)$$

unde $k_0 = g \cos \alpha$

d) Energia specifică a regimului dinamic

Această noțiune se definește în raport cu masa în mișcare a ciurului astfel:

$$e = \frac{E_{c \max}}{m}, \left[\frac{J}{kg} \right] \quad (12)$$

sau ținând seama de relația de definiție a lui E_{cmax} din relația(5), rezultă:

$$e = \frac{1}{2} a^2 \omega^2 \quad (13)$$

Reprezentarea grafică a relației este dată în figura 1.

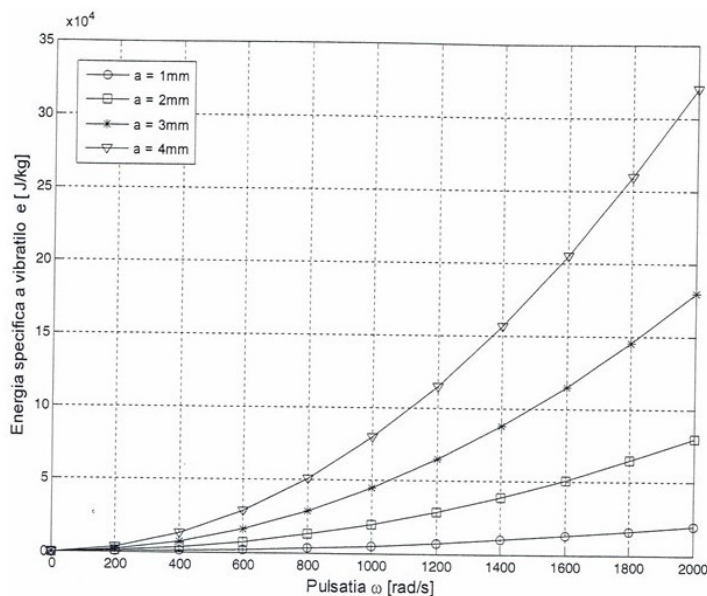


Fig. 1. Variația energiei specifice a vibrațiilor cu pulsația

Din figură se observă faptul că energia specifică a vibrațiilor e depinde în mod direct de pulsația ω a vibrațiilor forțate. Astfel, se remarcă o creștere lentă a valorilor acestui parametru pentru cele patru valori ale amplitudinii ($a = 1; 2; 3; 4$ mm), variația $e = f(\omega)$ pentru amplitudinea $a = 1$ mm fiind aproape liniară. În acest caz, creșterea energiei specifice a vibrațiilor este aproape nesemnificativă. Ca urmare, creșterea frecvenței vibrațiilor pentru valori discrete ale amplitudinii conduce la modificări spectaculoase ale energiei vibrațiilor, acest fapt neavând repercusiuni reprezentative asupra eficienței cernerii.

e) Intensitatea vibrațiilor

Mărimea z se definește ca raportul dintre pătratul accelerației maxime, a_{max} a vibrațiilor și pulsația ω :

$$z = \frac{a_{max}^2}{\omega} = \frac{(a\omega^2)^2}{\omega} = a^2 \omega^2 \quad (14)$$

Dacă luăm în considerație relația (13), se obține:

$$z = 2\omega e, \left[\frac{J}{kg \cdot S} \right] \quad (15)$$

Reprezentarea grafică a relației (15) este dată în figura de mai jos.

Parametrizarea cu monitorizare digitală a ciururilor vibratoare

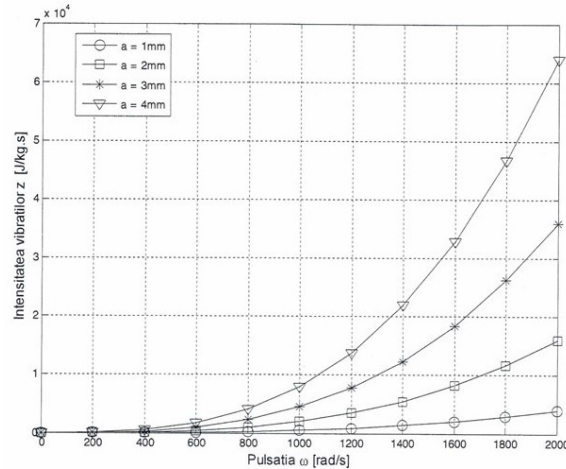


Fig. 2. Variația intensității vibrațiilor cu pulsația

Graficul din figura 2 pune în evidență o creștere foarte rapidă a variației $z = f(\omega)$ pentru cele patru valori ale amplitudinii vibrațiilor comparativ cu alura graficului precedent (fig 1).

f) Eficacitatea vibrațiilor

Se definește ca fiind produsul dintre intensitatea vibrațiilor z și perioada T a vibrațiilor de regim:

$$E = zT \quad (16)$$

sau ținând seama de (14) și de

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \quad (17)$$

se obține:

$$E = a^2 \omega^3 \cdot \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi a^2 \omega^2 \quad (18)$$

Dacă ținem seama de relația (13) atunci avem:

$$E = 4\pi e, \left[\frac{J}{kg} \right] \quad (19)$$

Reprezentarea grafică a relației (19) este dată în figura 3.

Se observă astfel că eficacitatea vibrațiilor E are o evoluție lentă odată cu creșterea valorilor pulsației, pentru aceleași patru valori ale amplitudinii, creșterea fiind totuși mai accentuată decât în cazul energiei specifice (fig.1).

De remarcat faptul că, pentru valorile $a=2$ mm și $a=3$ mm ale amplitudinii, curbele de variație sunt foarte apropiate, diferențele fiind nesemnificative.

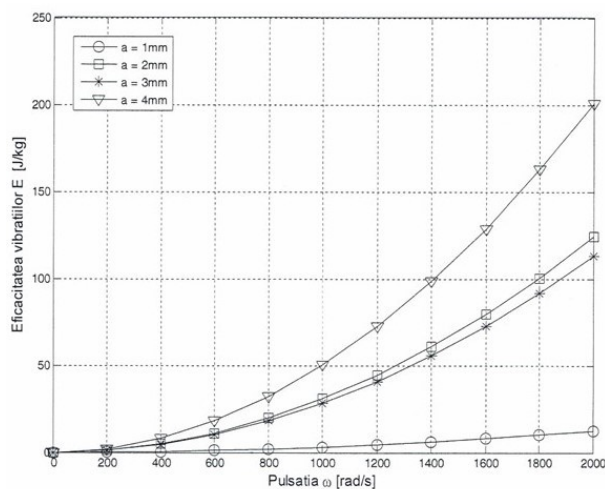


Fig. 3. Variația eficacității vibrațiilor cu pulsația

g) *Densitatea superficială a energiei vibrațiilor,*

Această mărime se definește ca raportul dintre energia cinetică maximă și suprafața totală a sitei de cernere:

$$\delta_V = \frac{E_{c \max}}{S}, \left[\frac{J}{m^2} \right] \quad (20)$$

Ținându-se seama de relațiile (15) și (9) rezultă:

$$\delta_V = \frac{1}{2} \frac{ma^2 \omega^2}{m} k \quad (21)$$

dacă se ține cont de relația de definiție a lui e din relația (13) avem:

$$\delta_V = ke \quad (22)$$

Reprezentarea grafică a relației (22) este dată în figura 4.

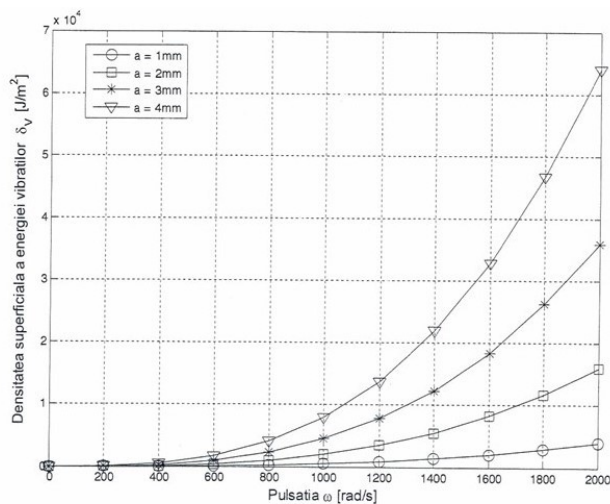


Fig. 4. Variația densității superficiale a vibrațiilor cu pulsația

Ca și în cazul intensității z , și în acest grafic de variație se remarcă o creștere rapidă a parametrului δ_V odată cu creșterea pulsației, curbele de variație ale celor doi parametrii având o alură identică pentru valoarea coeficientului $k=1$ (relația 22).

4. Concluzii

Față de cele de mai sus, pot fi sintetizate următoarele concluzii:

a) Amplitudinea are influențe directe asupra intensității specifice a vibrațiilor asupra evoluției eficacității vibrațiilor și asupra energiei specifice.

b) Corelația amplitudine – frecvență cu sita ciurului se stabilește astfel și anume:

*dimensiunea de ochi de sită d_s redusă (1.7mm) impune o amplitudine mică a vibrațiilor și o frecvență ridicată

**dimensiunea mare a ochiului sitei cere o amplitudine mare și o frecvență redusă.

Acest fapt duce la concluzia că, o creștere substanțială a intensității, respectiv a densității superficiale a vibrațiilor, influențează în mod semnificativ eficiența sortării, respectiv calitatea produselor sortate pe clase granulometrice;

c) Criteriile care pot sta la baza unor comparații pertinente și de evaluare a ciurului vibrator din această clasă de echipamente, potrivit datelor din figura 5, se bazează pe relațiile din lucrare.

În mod decisiv, pentru optimizarea procesului de sortare trebuie stabilite corelații parametrice ale vibrațiilor de lucru cu datele constructive de sortare ale sitelor, dimensiuni parametrice, mărimea ochiurilor și sistemul de prindere la rama ciurului.

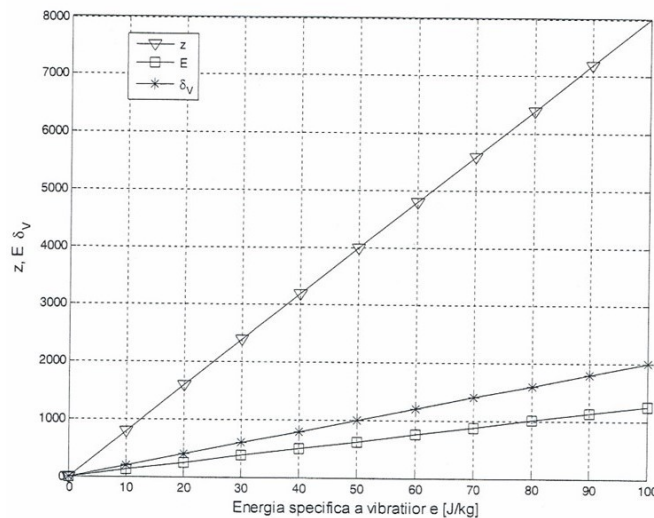


Fig. 5. Evoluția comparată a unor criterii anterior prezentate

d) Variația liniară a criteriilor z , E și δ_V depinde de variația energiei specifice a vibrațiilor e . Din punctul de vedere al capacității de evaluare a influenței vibrațiilor asupra procesului de cernere, se remarcă faptul că eficacitatea vibrațiilor E și densitatea vibrațiilor δ_V sunt două criterii cu același grad de similaritate.

e) Se remarcă faptul că, intensitatea vibrațiilor și energia specifică e sunt proporționale, ambele depinzând de viteza unghiulară ω . Rezultă că utilizarea intensității vibrațiilor drept criteriu al nivelului de performanță a ciururilor vibratoare, duce la o mai fină analiză a performanțelor ciururilor și a optimizării acestora în raport cu eficiența sortării e .

f) Prin captarea și măsurarea parametrilor de vibrații și a utilizării blocurilor informatice de operare cu sisteme analog – digital, pe baza senzoricității specifice toate datele pot fi măsurabile, afișate și monitorizate într-o dinamică adecvată pe platforme digitalizate.

Referințe

- [1] Bratu P., Stuparu A., Popa S., Voicu O., Iacob N., Spânu G., The Dynamic Isolation Performances Analysis of the vibrating equipment with elastic links to a fixed base, *ACTA NAPOCENSIS - Applied Mathematics, mechanics and engineering*, vol. 61, nr. 1, 2018
- [2] Bratu P., *Hysteretic Loops in Correlation with the maximum dissipated energy, for linear dynamic systems* by Symmetry 2019, 11(3), 315; <http://doi.org/10.3390/sym11030315-02.03.2019>
- [3] Bratu P., Dobrescu C., *Dynamic Response of Zener-Modelled Linearly Viscoelastic Systems under Harmonic Excitation* by Symmetry 2019, 11(8), 1050; <http://doi.org/10.3390/sym1108105-15.08.2019>
- [4] Bratu P., Buruga A., Chilari O., Ciocodeiu A. I., Oprea I., Evaluation of the linear viscoelastic force for a dynamic system (m, c, k) excited with a rotating force, *RJAV, Romanian Journal of Acoustics and Vibration* 39-46, vol.16, no. 1, 2019
- [5] Bratu P., The innovative impact on acoustics, vibrations and system dynamics, *RJAV, Romanian Journal of Acoustics and Vibration* 39-46, vol.16, no. 1, 2019
- [6] Bratu P., Dobrescu C., Evaluation of the Dissipated Energy in Vicinity of the Resonance, depending on the Nature of Dynamic Excitation, *RJAV, Romanian Journal of Acoustics and Vibration*, vol 16 issue 1, ISSN 1584-7284, 2019, pp.66-71
- [7] Bratu P., *Vibrațiile sistemelor elastice*, 600 pag., Editura Tehnică, București, 2000
- [8] Bratu P., *Mecanica teoretică*, 860 pag., Editura Impuls, ISBN 973-8132-57-6, București, 2006
- [9] Bratu P., *Analiza structurilor elastice Comportarea la acțiuni statice și dinamice*, Editura IMPULS, pag 713, ISBN 978-973-8132-73-3, București, 2011
- [10] Bratu P., *Sisteme elastice de rezemare pentru mașini și utilaje*, Editura Tehnică, București, 1990
- [10] Bratu P., *Izolarea dinamică*, Editura Impuls, București, 2021
- [11] Amelitta L., Bratu P., *Criterion for performance level of vibrating quarry's screens*, International Conference Heavy Machinery HM'96 Kraljevo, Yugoslavia, 28-30 june 1996
- [12] Stamatiaide C., *The influences upon the quality of the mineral aggregates induced by technological vibrations during teh sorting process*, RJAV, vol VI, NO.1/2009