

ASPECTE PRIVIND CERNEREA MATERIALELOR PE CIURURILE VIBRATOARE II

Corelarea parametrilor tehnologici și funcționali ai ciururilor vibratoare

ASPECTS OF SCREENING MATERIALS ON THE VIBRATING SCREENS II

Correlation between technological and functional parameters of vibrating screens

Prof. univ. dr. ing. Gheorghe ENE¹, Conf. univ. dr. ing. Teodor SIMA¹

¹Departamentul Echipamente pentru Procese Industriale
Universitatea "Politehnica" Bucuresti

Rezumat: În lucrare se stabilesc o serie de corelații între coeficientul de aruncare (principalul parametru tehnologic al procesului de cernere) și parametrii care caracterizează regimul vibrator al ciurului (amplitudinea, pulsația, frecvența și accelerația vibrațiilor), înclinarea sitei în raport cu orizontala, intensitatea cernerii și puterea necesară pentru producerea vibrațiilor ciurului.

Pe baza acestor corelații se pot stabili parametrii regimului vibrator al ciurului astfel încât acesta să realizeze o cernere de calitate.

Cuvinte cheie: ciur vibrator, regim vibrator, cernere

Abstract: The paper established some correlations between the throw coefficient (the main technological parameters of the screening process) and parameters characterizing the screen's vibratory regime (amplitude, pulsation, vibration frequency and acceleration), inclination of the sieve, the intensity of shaking, power required to produce vibrations.

Based on these correlations can set the parameters of the screen's vibratory regime so that it achieve quality screening.

Keywords: vibrating screen, vibratory regime, screening

1. GENERALITĂȚI

Eficiența cernerii și debitul ciurului vibrator depind de un număr mare de factori: frecvența și amplitudinea vibrațiilor, traiectoria acestora, lungimea și înclinare a sitei față de orizontală, regimul de mișcare al materialului pe suprafața sitei, energia necesară pentru menținerea regimului vibrator etc.

Pentru a realiza o cernere de calitate, trebuie ca parametrii vibrațiilor sitei (amplitudine și frecvență) să fie corelați cu ceilalți parametri, astfel încât să se realizeze simultan valorile necesare pentru înălțimea și lungimea saltului granulelor de material pe sită.

Pentru realizarea unei cernerii de calitate trebuie să se asigure:

- o anumită valoare a coeficientului de aruncare, pentru a realiza regimul de mișcare cu salturi a materialului pe sită;
- o anumită valoare a accelerației maxime după direcția normală pe sită, pentru desprinderea granulelor înțepenite în ochiurile sitei;
- o înălțime suficientă a saltului granulei, pentru a permite trecerea acesteia peste sârma dintre două ochiuri consecutive;
- o lungime suficientă a saltului granulei, pentru a permite trecerea acesteia în ochiul următor;

- un unghi de cădere al granulei pe sită cât mai apropiat de normala la aceasta, pentru a asigura probabilitatea cea mai mare de trecere prin sită.

2. CORELAȚII ÎNTRE COEFICIENTUL DE ARUNCARE ȘI PARAMETRII REGIMULUI VIBRATOR AL CIURULUI

Parametrul tehnologic principal al procesului de cernere care corelează parametrii vibrațiilor sitei (amplitudinea, frecvența și accelerația) cu înclinarea acesteia și determină regimul de mișcare al materialului pe suprafața sitei este *coeficientul de aruncare* C . Pentru a realiza o cernere de calitate, între coeficientul de aruncare și parametrii regimului vibrator al ciurului (amplitudinea, pulsația, frecvența, accelerația), intensitatea cernerii și puterea de acționare a ciurului trebuie să existe corelațiile prezentate în cele ce urmează.

2.1. CORELAȚIA DINTRE COEFICIENTUL DE ARUNCARE C , AMPLITUDINEA a A VIBRAȚIILOR ȘI TURAȚIA n A GENERATORULUI DE VIBRAȚII

Pentru *ciurul vibrator inerțial, orizontal*, cu vibrații circulare, coeficientul de aruncare este definit de raportul accelerațiilor după direcția normală la sită [1-5]:

$$C = \frac{a \cdot \omega^2}{g} \quad (1)$$

unde $a \cdot \omega^2$ este accelerația vibrațiilor (a – amplitudinea vibrațiilor; ω – pulsația acestora); g - accelerația gravitației.

Ținând seama de pulsația vibrației:

$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30}$, s^{-1} (n – turația arborelui generatorului de vibrații, *rot/min*) și de accelerația gravitației $g = 9,81 \text{ m/s}^2$, expresia coeficientului de aruncare capătă forma:

$$C = \frac{a \cdot \pi^2 \cdot n^2}{9,81 \cdot 30^2} \approx \frac{a \cdot n^2}{9000} \quad (2)$$

Forța perturbatoare produsă prin rotirea maselor excentrice (contragreutăților) ale generatorului de vibrații, care determină vibrația cadrului mobil al ciurului, are expresia:

$$F = m_{cg} \cdot r \cdot \omega^2 = \frac{G_{cg}}{g} \cdot r \cdot \omega^2 \quad (3)$$

unde m_{cg} este masa contragreutăților (G_{cg} – greutatea acestora); r – distanța dintre centrul de masă al contragreutăților și axa în jurul căreia acestea se rotesc.

Ținând seama de expresia momentului static al contragreutăților, este determinat de expresia:

$$M_{cg} = m_{cg} \cdot r, \quad (4)$$

relația (3) devine:

$$F = m_{cg} \cdot r \cdot \omega^2 = M_{cg} \cdot \omega^2 = M_{cg} \cdot \left(\frac{\pi \cdot n}{30}\right)^2 = \frac{M_{cg} \cdot n^2}{90}. \quad (5)$$

Amplitudinea vibrației se determină din condiția de echilibru dintre momentul static a părții vibratoare a ciurului și cel al contragreutăților generatorului de vibrații:

$$m_v \cdot a = m_{cg} \cdot r \quad (6)$$

unde:

$$m_v = m_a + m_c \quad (7)$$

(m_v este masa părții vibratoare a ciurului, inclusiv a materialului aflat pe sită; $G_v = m_v \cdot g$ - greutatea acesteia; m_c - masa părții vibratoare a ciurului, fără materialul aflat pe sită; m_a - masa materialului aflat pe sită).

Utilizând relația (4) se determină pentru momentul static al contragreutăților expresia:

$$m_{cg} = \frac{M_{cg}}{r} \quad (8)$$

Ținând seama de expresia (8), relația (6) devine:

$$m_v \cdot a = m_{cg} \cdot r = \frac{M_{cg}}{r} \cdot r = M_{cg} \quad (9)$$

din care rezultă amplitudinea vibrației carcsei sitei:

$$a = \frac{M_{cg}}{m_v} = \frac{M_{cg}}{\frac{G_v}{g}}. \quad (10)$$

Amplitudinea vibrațiilor ciururilor are valorile: $a = 1 \dots 10 \text{ mm}$.

Utilizând relația (10), expresia (2) a coeficientului de aruncare capătă forma:

$$C = \frac{a \cdot n^2}{9000} = \frac{M_{cg}}{m_v} \cdot \frac{n^2}{9000}. \quad (11)$$

2.2. CORELAȚIA DINTRE COEFICIENTUL DE ARUNCARE C ȘI PULSAȚIA ω A VIBRAȚIILOR CIURULUI

Expresia forței perturbatoare poate fi pusă sub forma:

$$F = a \cdot \omega^2 \cdot m_v = a \cdot \omega^2 \cdot \frac{G_v}{g}. \quad (12)$$

Între forța perturbatoare F și greutatea G_v a părții vibratoare a ciurului trebuie să existe raportul:

$$\eta_f = \frac{F}{G_v} \quad (13)$$

care are valori $\eta_f \leq 10$.

Din relația (13), cu considerarea expresiei (12), rezultă o relație directă între forța perturbatoare, greutatea părții vibratoare a ciurului și coeficientul de aruncare:

$$\eta_f = \frac{F}{G_v} = \frac{a \cdot \omega^2}{g} = C. \quad (14)$$

Valori prea mari ale forței perturbatoare (accelezații prea mari ale sitei pe care se găsește materialul supus cernerii) ($C > 7,3$) conduc la o cernere necorespunzătoare a materialului.

În cazul în care forța perturbatoare are valori este prea mici, efectul de cernere scade datorită amplitudinilor foarte reduse a vibrațiilor sitei. Adoptarea în mod corect a valorii forței perturbatoare se realizează utilizând corelația dintre coeficientul de aruncare, momentul static al maselor excentrice ale generatorului de vibrații și amplitudinea vibrațiilor (relația (14)):

$$C = \frac{F}{G_v} = \frac{F}{\frac{M_{cg} \cdot g}{a}} = \frac{F \cdot a}{M_{cg} \cdot g}. \quad (15)$$

Corelația dintre pulsația vibrațiilor și momentul static al maselor excentrice, respectiv coeficientul de aruncare, în cazul ciurului vibrator inerțial orizontal, este determinată de relațiile:

$$F = m_{cg} \cdot r \cdot \omega^2 = M_{cg} \cdot \omega^2; \quad (16)$$

$$C = \frac{a \omega^2}{g}. \quad (17)$$

Pulsația forței perturbatoare (viteza unghiulară a generatorului de vibrații) se determină utilizând relațiile (16) și (17). Rezultă, respectiv:

$$\omega = \sqrt{\frac{F}{M_{cg}}}; \quad (18)$$

$$\omega = \sqrt{\frac{C \cdot g}{a}}. \quad (19)$$

Turația generatorului de vibrații este determinată de relația:

$$n = \frac{30 \cdot \omega}{\pi} \quad \text{rot/min}, \quad (20)$$

iar frecvența vibrațiilor cu relația:

$$f = \frac{\omega}{2\pi} \quad \text{Hz}. \quad (21)$$

În cazul ciururilor *vibratoare inerțiale înclinate* cu unghiul α față de planul orizontal, coeficientul de aruncare are expresia:

$$C = \frac{a \cdot \omega^2}{g \cdot \cos \alpha}, \quad (22)$$

din care rezultă pulsația forței perturbatoare:

$$\omega = \sqrt{\frac{C \cdot g \cdot \cos \alpha}{a}} \quad (23)$$

și turația generatorului de vibrații:

$$n = \frac{30}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{C \cdot g \cdot \cos \alpha}{a}} = 30 \cdot \sqrt{\frac{C \cdot \cos \alpha}{a}}. \quad (24)$$

2.3. CORELAȚIA DINTRE COEFICIENTUL DE ARUNCARE C ȘI ACCELERAȚIA $a \cdot \omega^2$ A VIBRAȚIILOR

În cazul *ciurului vibrator inerțial înclinat* cu unghiul α față de planul orizontal, cu vibrații circulare, parametrul vibrației – *acelerația* – prin componenta sa după normala la suprafața sitei se corelează cu parametrul tehnologic – *coeficientul de aruncare* C . Coeficientul de aruncare C este definit prin raportul accelerațiilor după direcția normală la sită [1-5]:

$$C = \frac{a \cdot \omega^2}{g \cdot \cos \alpha} \quad (25)$$

unde a este amplitudinea vibrației după normala la sită; ω – pulsația; g – accelerația gravitației; α – unghiul de înclinare al sitei față de planul orizontal.

Valorile coeficientului de aruncare C caracterizează regimul de mișcare al granulelor pe sita vibratoare. Studiarea mecanicii regimului de mișcare al granulei pe suprafața sitei arată că, în funcție de valorile coeficientului de aruncare, sunt posibile următoarele situații:

$C < 1$ – granula se mișcă împreună cu sita, fără să se desprindă de acesta;

$C = 1$ – granula se desprinde pe suprafața sitei;

$C > 1$ – granula se mișcă cu salturi pe sită.

Pentru a realiza un regim stabil de mișcare prin salturi a granulelor pe suprafața sitei trebuie ca [1-5]:

$$C = \sqrt{1 + p^2 \cdot \pi^2} \quad (26)$$

în care:

$$p = \frac{T_s}{T} \quad (T_s - \text{durata saltului granulei, } T = 2\pi/\omega - \text{perioada oscilației sitei}) \text{ este}$$

numărul de perioade ale oscilației sitei după care are loc o nouă aruncare a granulei.

Valorile coeficient de aruncare determină durata saltului:

- Pentru $C = \sqrt{1 + \pi^2} \approx 3,3$ durata saltului granulei este egală cu durata unei rotații complete a arborelui generatorului de vibrații (perioada vibrației, $T = \frac{1}{f} = \frac{2\pi}{\omega}$ s) (rezonanța statistică);

- Pentru $C = \sqrt{1 + 2^2 \cdot \pi^2} \approx 6,36$ durata saltului granulei este egală cu de două ori durata unei rotații complete a arborelui generatorului de vibrații (dublul perioadei vibrației, $2 \cdot T$) etc.

Din studiile efectuate au rezultat următoarele intervale de valori pentru coeficientul de aruncare [4, 5]:

$C \leq 1$ – granula nu se desprinde de pe sită;

$1 < C < 3,29$ – granula realizează câte un salt la fiecare oscilație a sitei urmat de o perioadă de mișcare împreună cu sita (repaus relativ pe sită);

$3,29 < C < 3,724$ – granula realizează salturi succesive – câte un salt de lungime aproximativ constantă la fiecare oscilație;

$3,724 < C < 4,603$ – granula realizează la fiecare oscilație a sitei un salt mare urmat de un salt mic și de o perioadă de repaus relativ pe sită.

Regimurile de mișcare ale granulelor pe sita cu vibrații armonice și traiectoriile mișcării relative ale granulei în timpul saltului sunt determinate de valorile coeficientului de aruncare. Literatura de specialitate [1-5] recomandă pentru ciururile vibratoare valori $C = a\omega^2/g \cos \alpha = 1,5 \dots 8$. Pentru aceste valori ale coeficientului de aruncare salturile granulelor sunt suficient de mari pentru a asigura cernerea în condiții optime a materialului, iar accelerațiile diferitelor componente ale ciurului se păstrează în limite acceptabile din punctul de vedere al forțelor dinamice.

În figura 1 sunt prezentate traiectoriile mișcării relative ale granulei față de sită în timpul saltului pentru diferite valori ale coeficientului de aruncare determinate pentru un ciur vibrator cu oscilații circulare cu unghiul de înclinare al sitei față de planul orizontal $\alpha = 12^\circ$ [5].

Analizând traiectoriile din figura 1 se constată că sunt de preferat regimurile de mișcare ale granulelor pe sită pentru care $2,5 \leq C \leq 4,2$ și $5,7 \leq C \leq 7,3$ deoarece, pentru aceste intervale de valori, se creează cele mai bune condiții pentru cernerea materialului (salturile granulelor sunt suficient de înalte și lungi, iar căderea lor pe sită are loc aproximativ după normala la acesta, condiții care favorizează trecerea granulelor prin ochiurile sitei).

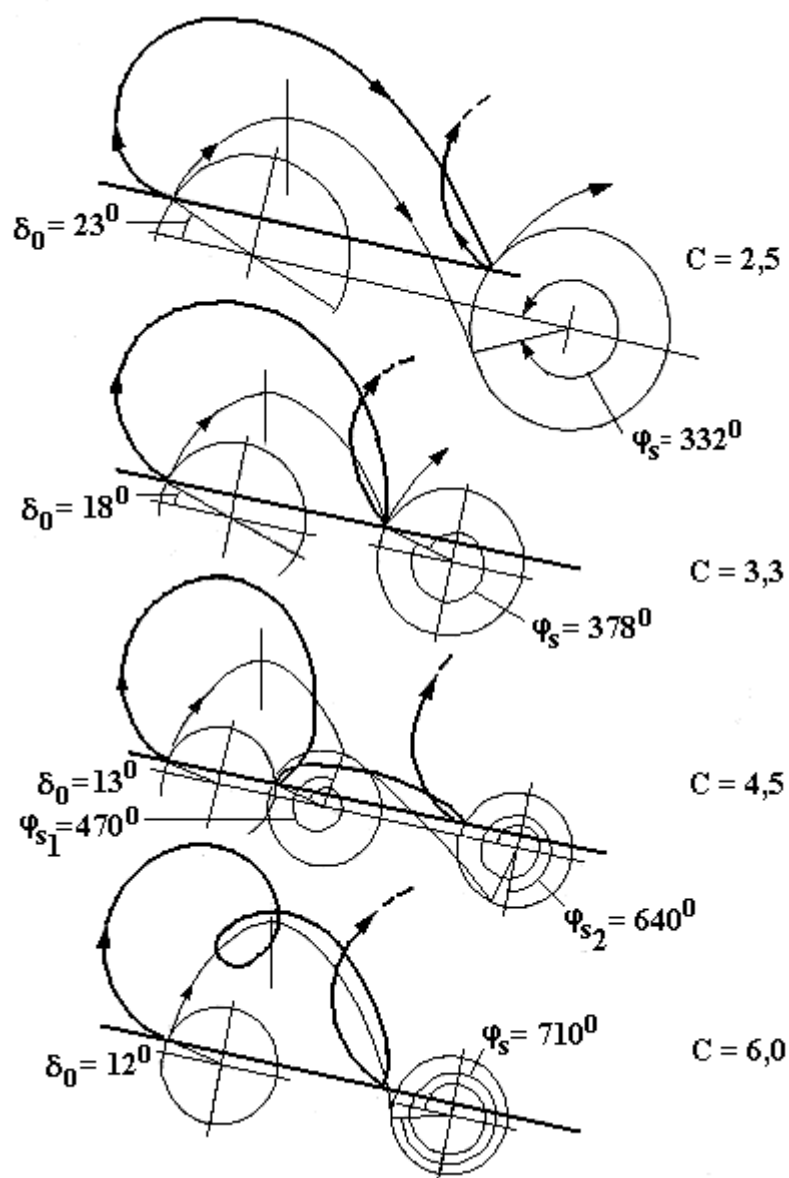


Fig. 1. Traectoria mișcării relative a granulei față de sită în timpul saltului (ciur vibrator cu oscilații circulare, unghiul de înclinare al sitei față de planul orizontal $\alpha = 12^\circ$) [5].

3. CORELAȚIA DINTRE COEFICIENTUL DE ARUNCARE C ȘI INTENSITATEA I A CERNERII

Un parametru tehnologic important, determinat de influența granulozității materialului alimentat, îl reprezintă *intensitatea cernerii*.

Intensitatea cernerii se definește ca fiind masa de granule fine care trec prin suprafața de cernere într-un anumit interval de timp [4]:

$$I = \frac{m_i}{S_{ed} \cdot t_i} \text{ kg/m}^2\text{s} \quad (27)$$

unde m_i este masa părții fine care trece prin sită la încercarea i , kg ; S_{ef} – aria efectivă a sitei, m^2 ; t_i – intervalul de timp în care se măsoară intensitatea cernerii, s .

Modul în care decurge procesul de cernere este influențat de coeficientul de aruncare și este definit de următoarele faze caracteristice:

1. Cernere de *intensitate moderată*, la care sita în mișcare de vibrație imprimă materialului granular accelerații reduse. Cernerea moderată are loc atunci când coeficientul de aruncare are valori $C = 1,6 \dots 1,9$;

2. Cernere *intensivă*, la care accelerația atingând valori maxime provoacă afânarea puternică a materialului. Cernerea intensivă are loc atunci pentru valori ale coeficientului de aruncare $C = 3,0 \dots 3,5$ (adică pentru regimul de mișcare cu saltul granulei la fiecare oscilație a sitei (durata saltului fiind egală cu perioada oscilației sitei) $C = 3,296$);

3. Ciuruire *necorespunzătoare*, la care viteza relativă a granulelor față de sită se micșorează. Datorită accelerațiilor mari ale carcusei aflată în mișcare de vibrație, ciurul este puternic solicitat. Durata saltului granulelor este mai mare decât perioada de oscilație a sitei, ceea ce are ca urmare utilizarea incompletă a oscilației următoare. Această situație corespunde valorilor: $4,2 < C < 5,7$ și $C > 7,3$ (v. fig. 1).

Cele prezentate arată că valoarea coeficientului de aruncare C determină intensitatea procesului de cernere și are o influență hotărâtoare asupra producției ciurului vibrator și asupra eficienței cernerii.

4. CORELAȚIA DINTRE PUTEREA TOTALĂ N_T , NECESARĂ ANTRENĂRII CIURULUI VIBRATOR, ȘI MASA m_V A PĂRȚII VIBRATOARE A CIURULUI

Puterea necesară motorului electric pentru antrenarea generatorului de vibrații al ciurului, la funcționarea în regim staționar al acestuia, are două componente:

- Puterea N_s necesară pentru întreținerea mișcării vibratorii;
- Puterea N_f necesară învingerii frecărilor în lagăre, reazeme, articulații etc.

Energia consumată de motorul electric la pornirea ciurului vibrator (regim tranzitoriu) se determină separat.

Prima componentă a puterii absorbite (N_s) este comună tuturor tipurilor constructive de ciururi vibratoare. Cea de-a doua componentă (N_f) este specifică tipului constructiv al ciurului vibrator adoptat și depinde de numărul de lagăre, reazeme, articulații etc. din construcția acestuia.

4.1. PUTEREA NECESARĂ ANTRENĂRII CIURULUI VIBRATOR INERȚIAL

Puterea absorbită de motorul electric pentru cernerea materialului

Această componentă corespunde energiei consumate pentru producerea forței perturbatoare generată de vibratorul inerțial cu mase excentrice în mișcare de rotație.

Puterea necesară producerii vibrațiilor pentru antrenarea carcusei sitelor depinde de modulul forței perturbatoare (F_0), pulsația vibrației (ω), amplitudinea vibrației (a), raza

contragreutăților (distanța dintre centrul de masă al acestora și axa de rotație) (r) și de unghiul de defazaj între forța perturbatoare și deplasare ($\theta = 12^\circ \dots 15^\circ$). Prin urmare, această componentă a puterii necesare se determină cu relația:

$$N_s = F_0 \cdot a \cdot \omega \cdot \sin \theta = m_{cg} \cdot \omega^2 \cdot r \cdot a \cdot \omega \cdot \sin \theta \quad (27)$$

care are forma finală:

$$N_s = m_{cg} \cdot r \cdot \omega^3 \cdot a \cdot \sin \theta \quad \text{W} . \quad (28)$$

Puterea absorbită de motorul electric pentru învingerea rezistențelor în lagăre

Această componentă corespunde forțelor de inerție generate de masa în vibrație (m_v), care este alcătuită din masa carcusei mobile a sitelor (m_c) și din masa materialului aflat pe site (m_a):

$$m_v = m_c + m_a$$

Ciururile vibratoare inerțiale cu vibrații circulare funcționează în regim supracritic. La funcționarea în gol forța de inerție a ciurului în mișcarea vibratoare este echilibrată de forța centrifugă dată de contragreutăți.

La funcționarea în sarcină, dat fiind faptul că materialul aflat pe ciur nu depășește de obicei 20...30% din masa carcusei ciurului, decalajul de fază între cele două forțe de inerție amintite este apropiat de 180°. Având în vedere și faptul că valoarea amplitudinii este foarte mică în raport cu cea a razei contragreutăților, se poate considera că:

$$m_{cg} \cdot r \approx m_v \cdot a$$

Puterea necesară învingerii rezistențelor din lagărele ciurului este funcție de modulul forței de inerție a ciurului în mișcarea vibratorie (F_v), pulsația vibrației (ω), raza lagărelor (r_l) și de coeficientul de frecare ($\mu = 0,005 \dots 0,001$, pentru lagăre cu rulmenți):

$$N_f = \mu \cdot F_v \cdot \omega \cdot r_l = \mu \cdot m_v \cdot \omega^2 a \cdot \omega \cdot r_l \quad (29)$$

unde r_l este raza lagărului.

Relația (29) are forma finală:

$$N_f = \mu \cdot m_v \cdot r_l \cdot \omega^3 a \quad \text{W} . \quad (30)$$

Puterea totală absorbită de motorul electric

Puterea totală necesară motorului electric care acționează vibratorul ciurului se determină ținând seama de randamentul transmisiei mișcării de la motor la vibrator ($\eta_{tr} = 0,7 \dots 0,85$) și de un coeficient de rezervă de putere ($K_N = 1,15 \dots 1,20$):

$$N_t = K_N \cdot \frac{N_s + N_f}{1000 \cdot \eta_{tr}} \quad \text{kW} . \quad (31)$$

Dacă se ține seama de expresiile (29) și (30), relația (31) capătă forma:

$$N_t = K_N \cdot \frac{(m_{cg} \cdot r \cdot \sin \theta + \mu \cdot m_v \cdot r_l) \omega^3 a}{1000 \cdot \eta_{tr}} . \quad (31)$$

4.2. PUTEREA ABSORBITĂ DE MOTORUL ELECTRIC LA PORNIREA CIURULUI VIBRATOR

Motorul electric trebuie să asigure pornirea ciurului vibrator într-un interval de timp mai mic ($t \leq 5$ s).

Puterea absorbită la pornirea ciurului vibrator (N_p) este dată de expresia:

$$N_p = \frac{\left(J_{rm} + \frac{J_{vg} + J_{cv}}{i^2} \right)}{1000 \cdot k_m \cdot t} \cdot \omega^2 \cdot \text{kW} \quad (32)$$

unde J_{rm} este momentul de inerție al rotorului motorului electric, $kg \cdot m^2$; J_{vg} – momentul de inerție al maselor rotitoare, excentrice, ale generatorului de vibrații, $kg \cdot m^2$; J_{cv} – momentul de inerție al carcasei sitei ciurului, $kg \cdot m^2$, i – raportul de transmitere al transmisiei; ω – pulsația forței perturbatoare (viteza unghiulară a generatorului de vibrații), rad/s ; k_m – coeficient de supraîncărcare, la pornire, a motorului electric de acționare (din fișa tehnică a motorului); t – timpul de pornire (demarare) a motorului electric, s.

4.3. ALTE RELAȚII UTILIZATE PENTRU CALCUL PUTERII MOTORULUI ACȚIONARE A CIURURILOR VIBRATOARE

Puterea motorului corespunzătoare energiei consumate pentru deplasarea materialului în lungul sitei și trecerea granulelor prin ochiurile acesteia poate fi determinată cu relația Bauman [4]:

$$N_s = 2,3 \cdot L \cdot \frac{Q \left(C_g + \frac{C_f}{2} \right) \cdot \rho}{v \cdot \varepsilon} \quad \text{kW} \quad (33)$$

unde L este lungimea sitei ciurului, m; Q – debitul de material alimentat pe ciur, m^3/s ; C_g – conținutul fracțiunii grosiere în materialul alimentat, %; C_f – conținutul fracțiunii fine în materialul alimentat, %; v – viteza de deplasare a materialului în lungul sitei, m/s ; ε – eficiența cernerii, %; ρ – densitatea în vrac a materialului alimentat pe ciur, kg/m^3 .

Pentru determinarea aproximativă a puterii totale a motorului ciurului vibrator inerțial, înclinat, se poate utiliza relația empirică, stabilită pe baza analizei caracteristicilor constructive ale unor tipuri de ciururi vibratoare utilizate în practică:

$$N_t = K_{sp} \cdot m_v \quad kW \quad (34)$$

unde K_{sp} este un coeficient specific de putere care are valoarea $K_{sp} = 5...7$; $m_v = m_c + m_a$ masa părții vibratoare a ciurului, inclusiv a materialului aflat pe sită, t .

Pentru ciururi orizontale cu funcționare la rezonanță: $K_{sp} = 3...5$.

Greutatea materialului aflat pe sita ciurului vibrator se poate determina cu relația Martînov [4]:

$$G_a = \frac{1,6 \cdot L \cdot Q_{max} \cdot C_g}{(v - 0,23) \cdot \varepsilon} \quad N \quad (35)$$

unde Q_{max} este debitul maxim al materialului alimentat pe ciur, kg/s ; L – lungimea sitei ciurului, m ; C_g – conținutul fracțiunii grosiere în materialul alimentat pe ciur, %; ε – eficiența cernerii, %; v – viteza de deplasare a materialului în lungul sitei, m/s .

Încărcarea sitei vibratoare cu materialul alimentat pe acesta (m_a) determină mărimea masei părții vibratoare a ciurului (m_v), mărime care intervine în relația de calcul a puterii de frecare (N_f). Masa materialului alimentat pe ciurul inerțial influențează, de asemenea, amplitudinea și frecvența vibrațiilor ciurului.

Orientativ, masa materialului aflat pe sita ciurului la funcționarea în sarcină a acestuia nu depășește 20...30% din masa părții vibratoare (carcasa sitelor ciurului).

5. DETERMINAREA PARAMETRILOR TEHNOLOGICI AI PROCESULUI DE CERNERE ȘI AI PARAMETRILOR CONSTRUCTIVI ȘI FUNCȚIONALI AI CIURULUI VIBRATOR INERȚIAL

Pentru determinarea parametrilor tehnologici ai procesului de cernere și ai parametrilor constructivi și funcționali ai ciurului vibrator se parcurg următoarele etape:

- se stabilesc granulometria materialului supus cernerii și sorturile care urmează a fie obținute prin cernerea materialului.

- se adoptă valoarea coeficientului de aruncare. Coeficientul de aruncare trebuie să aibă valoarea cuprinsă în intervalele în care cernerea este eficientă: $2,5 \leq C \leq 4,2$ și $5,7 \leq C \leq 7,3$.

- după ce se adoptă sita, cunoscând mărimea ochiului d_s și diametrul δ al sârmei din care aceasta este confecționată, se determină:

- înălțimea saltului granulei pe sită: $h_s \cong 0,5 (d_s + \delta)$;

- lungimea saltului granulei: $l_s \cong 0,8 (d_s + \delta)$.

- se adoptă tipul vibrațiilor (circulare, eliptice, unidirecționale) și unghiul de înclinare al sitei ciurului față de planul orizontal. La majoritatea ciururilor vibratoare inerțiale aflate în exploatare unghiul de înclinare al sitei ciurului are valori $\alpha = 10...15^\circ$.

- utilizând diagrama din figura 2 se adoptă amplitudinea vibrației în funcție de coeficientul de aruncare C (mărimea din abscisă) și de înălțimea saltului granulei (mărimea din ordonată): $a = f(C, h_s)$.

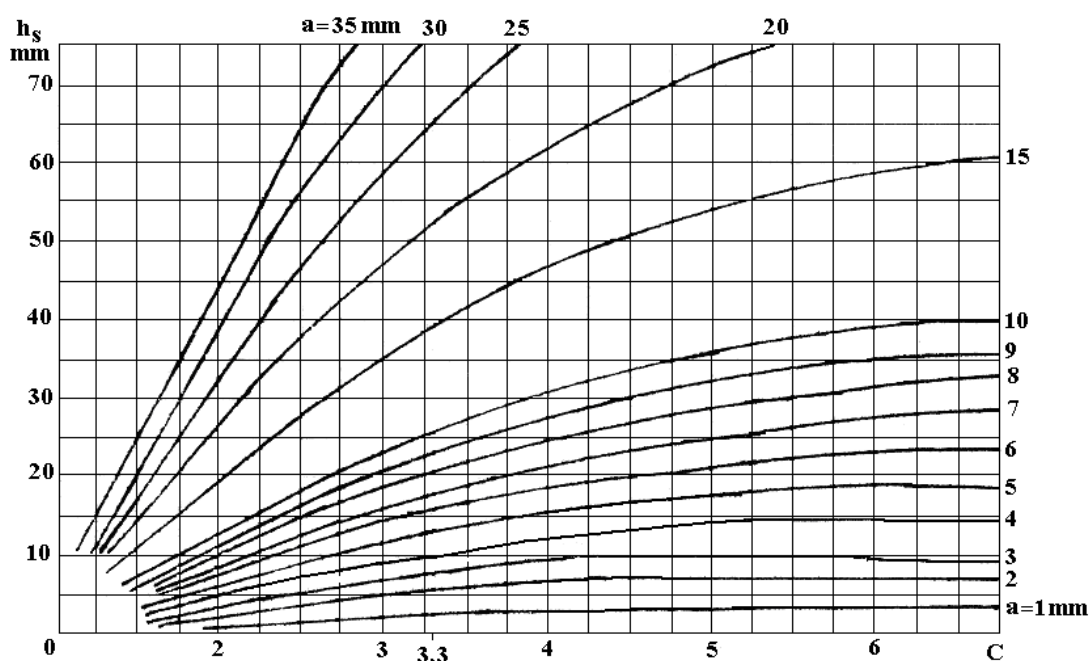


Fig. 2. Dependența $a = f(C, h_s)$ dintre amplitudinea vibrației a , coeficientul de aruncare C și de înălțimea h_s a saltului granulei [4].

- Cunoscând valoarea coeficientului de aruncare determină pulsația forței perturbatoare, utilizând relația:

$$\omega = \sqrt{\frac{C \cdot g \cdot \cos \alpha}{a}} \quad \text{rad/s.} \quad (36)$$

- se determină turația generatorului de vibrații cu una din relațiile:

$$n = \frac{30}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{C \cdot g \cdot \cos \alpha}{a}} = 30 \cdot \sqrt{\frac{C \cdot \cos \alpha}{a}} \quad \text{rot/min;} \quad (37)$$

$$n = 30 \omega / \pi \quad (38)$$

- se determină frecvența vibrațiilor din relația:

$$f = \frac{\omega}{2\pi} \quad \text{Hz.} \quad (39)$$

6. EXEMPLU DE CALCUL

Pentru exemplificare, se determină principalii parametri tehnologici ai procesului de cernere și constructivi pentru ciurul vibrator inerțial caracterizat prin:

- coeficientul de aruncare: $C = 3,3$;
- înclinarea sitei față de planul orizontal: $\alpha = 12^\circ$.

Aspecte privind cernerea materialelor pe ciururile vibratoare II

Calculul se realizează în trei situații, când ciurul este echipat cu site având dimensiunea ochiurilor de: 30, 16 și 6 mm.

Calculul se desfășoară în modul următor:

- Se determină înălțimea minimă necesară a saltului granulei cu relația:

$$h_s \cong 0,5 (d_s + \delta);$$

- Cu valorile cunoscute ale coeficientului de aruncare C și ale înălțimii h_s a saltului granulei, utilizând diagrama din figura 2 se determină amplitudinea a a vibrației;

- Se determină turația generatorului de vibrații cu relația:

$$n = 30 \cdot \sqrt{\frac{C \cdot \cos \alpha}{a}};$$

- Se determină frecvența vibrației cu relația:

$$f = \frac{n}{60}.$$

Datele obținute din calcul sunt prezentate în tabelul 1.

Tabelul 1.

Date rezultate din calcul.			
Mărimi cunoscute			
Dimensiunea ochiului sitei d_s, mm	30	16	6
Diametrul sârmei ochiului, δ, mm	5,5	4,5	3,5
Coeficientul de aruncare C	3,3	3,3	3,3
Înclinarea sitei $\alpha, grade$	12	12	12
Înălțimea saltului granulei, h_s, mm	17,75	10,25	4,75
Mărimi determinate			
Amplitudinea vibrației a, mm	6	4	1,5
Turația vibrogeneratorului $n, rot/min$	696	852	1392
Pulsația vibrației ω, s^{-1}	72,9	89,2	145,8
Frecvența vibrației f, Hz	11,6	14,2	23,2

Analizând datele din tabelul 1 se observă că pentru același ciur vibrator inerțial, cu aceeași înclinare a sitei și aceeași valoare a coeficientul de aruncare rezultă valori diferite ale parametrilor amintiți: amplitudinea a , pulsația ω și frecvența f a vibrațiilor; înălțimea h_s saltului granulei; turația n a arborelui generatorului de vibrații.

Se observă, de asemenea, că pentru dimensiunea ochiurilor sitei $d_s = 31 mm$, rezultă o amplitudine mare $a = 6 mm$ și o frecvență mică $f = 11,6 Hz$ ($n = 696 rot/min$), iar pentru dimensiunea $d_s = 7 mm$ rezultă o amplitudine mică $a = 1,5 mm$ și o frecvență ridicată $f = 23,2 Hz$ ($n = 1392 rot/min$).

Parametrilor regimului vibrator (amplitudine și frecvență) au valori foarte apropiate de cele prezentate în lucrarea [1].

7. CONCLUZII

Principalul parametru tehnologic al ciururilor vibratoare, care corelează parametrii regimului vibrator (amplitudinea și pulsația vibrațiilor) și înclinarea sitei în raport cu orizontala și care are o influență determinantă asupra procesului de cernere este coeficientul de aruncare C . O cernere de calitate eficientă se poate realiza numai pentru regimurile de funcționare ale ciurului corespunzătoare unor anumite valori ale coeficientului de aruncare: $2,5 \leq C \leq 4,2$ și $5,7 \leq C \leq 7,3$. Pentru aceste intervale de valori, se creează cele mai bune condiții pentru cernerea materialului (salturile granulelor sunt suficient de înalte și lungi, iar căderea lor pe sită are loc aproximativ după normala la acesta, condiții care favorizează trecerea granulelor prin ochiurile sitei).

Bibliografie

1. **Ene, Gh.** - *Echipamente pentru clasarea și sortarea materialelor solide polidisperse*, Editura Matrix Rom, București, 2005.
2. **Ene, Gh., Marin, C.** - *Calculul și construcția mașinilor vibratoare*, Editura Printech, București, 2009.
3. **Ene, Gh.** - *Revista de Chimie*, 52, nr. 7 - 8, 2001, p. 420 - 425.
4. **Stamatiade, C.** - *Analiza performanței parametrice a procesului de sortare prin vibrație a agregatelor minerale*, pentru asigurarea calității betonului, Universitatea „DUNĂREA DE JOS” Galați, 2009.
5. **Peicu, R. A.** - *Studiul vibrațiilor la ciururi în vederea stabilirii unor metode de calcul și proiectare, în scopul îmbunătățirii coeficientului de calitate al cernerii*. Teză de doctorat, Institutul de Construcții București, 1975.