

**Н.Г. ЕМЕЛЬЯНЕНКО**, канд. техн. наук,

**Н.Д. БАЛЕРА**, канд. техн. наук, **А.Т. ГОРДИЕНКО**, канд. техн. наук,

**Л.В. САЕНКО**, канд. техн. наук, ХГТУСА

## АНАЛИТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВИБРОГРОХОЧЕНИЯ ДИСПЕРСНЫХ МАТЕРИАЛОВ

У статті наведені результати аналітичного дослідження процесу класифікації дисперсних матеріалів на вібраційних грохотах, що дозволяють удосконалити методику розрахунку вібраційного грохоту шляхом комплексного вв'язування характеристик просіваємого матеріалу, що, і параметрів вібраційного процесу. Отримані залежності дозволяють розраховувати більше раціональні параметри вібраційних грохотів.

In the article outcomes of analytical probe of process of grading of particulates on the reciprocating screens are resulted, allowing to develop a design procedure of a reciprocating screen by complex linkage of characteristics of a sifted stuff and arguments of vibrational process. The received relations allow to calculate more rationalised arguments of reciprocating screens.

При конструировании грохотов возникают проблемы, связанные с выбором отверстий сит для выделения требуемых фракций материала. Чтобы материал проходил сквозь сито, он должен иметь размеры частиц, не превышающие размеры отверстий (рис. 1), перемещаться по сити со скоростью, учитывающей угол наклона и параметры вибрации (рис. 2).

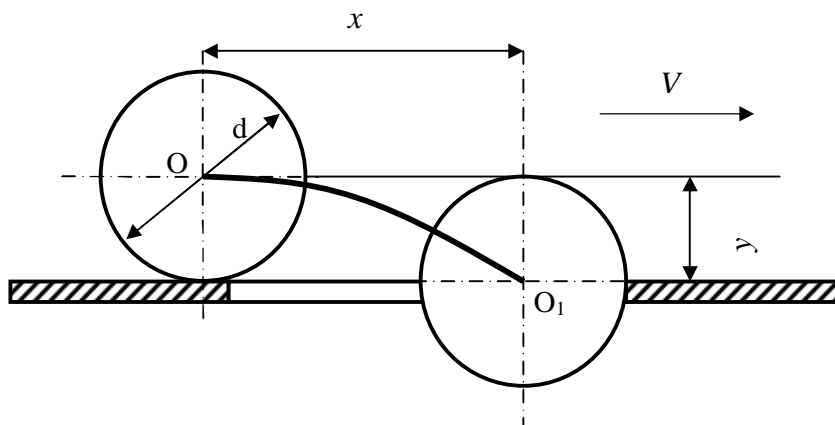


Рис. 1. Схема к определению скорости частицы на сите

Для горизонтального сита, эта скорость определяется по известной зависимости [1, 2]

$$V = 0,75\sqrt{g \cdot d},$$

где  $V$ ,  $g$ ,  $d$  – скорость частицы, размер отверстия и её диаметр (нужно, чтобы  $d \leq 0,8D$ ).

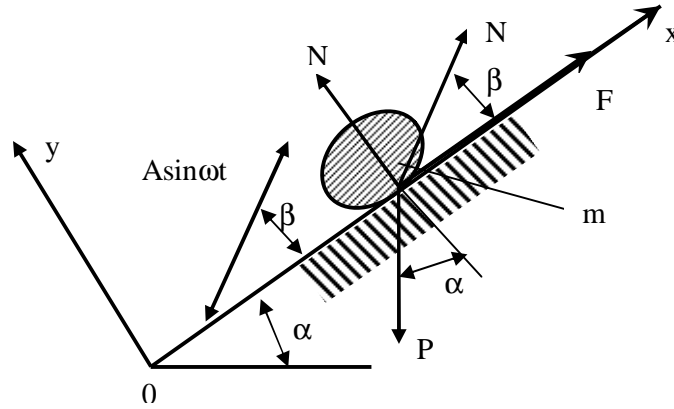


Рис. 2. Схема действующих на частицу сил

Для наклонного сита наибольший размер проходящей в отверстие частицы равен:  $d = D \cos \alpha - e \sin \alpha$ , где  $e$  и  $a$  – толщина листа (проволоки) и угол наклона решета (сита) соответственно.

Принимая  $e \approx 0,625D$ , записываем:

$$d = D \cos \alpha - 0,625D \sin \alpha = D(\cos \alpha - 0,625 \sin \alpha)$$

откуда находим требуемый размер отверстия (рис. 3):

$$D \geq \frac{d}{\cos \alpha - 0,625 \sin \alpha}$$

Критическая скорость для сферической частицы при равномерном движении над прямоугольным отверстием в горизонтальном сите [1, 2]:

$$V_k = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\frac{g}{d}} \cdot \frac{2D \cdot \sqrt{1+R} - d}{1+R + \sqrt{R(1+R)}},$$

где  $R$  – коэффициент восстановления нормальной скорости частиц при ударе о кромку отверстия.

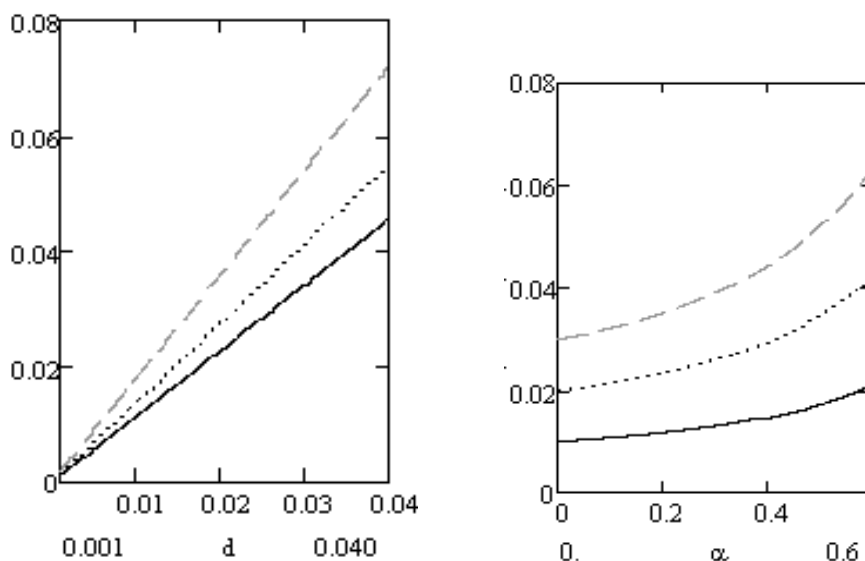


Рис. 3. Зависимости требуемого размера отверстия сита (в метрах) от диаметра частиц (слева: при углах наклона сита  $10^\circ$ ;  $20^\circ$  и  $30^\circ$ ) и от угла наклона в радианах (справа: для диаметров частиц 10; 20 и 30 мм).

Для  $R = 0,2$ ;  $D = 0,04$  М график для критической скорости имеет вид, изображенный на рис. 4.

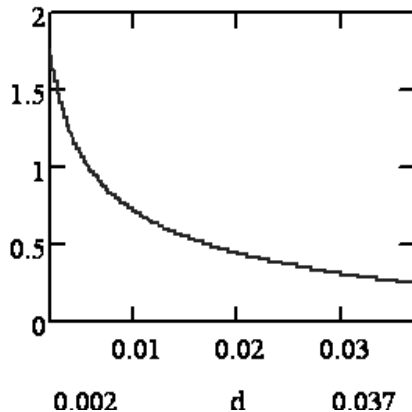


Рис. 4. Зависимость критической скорости от диаметра частиц.

При определении условий движения, а также отрыва, частиц или слоя просеиваемого материала относительно вибрирующего решета (сита) необходимо учитывать скорость транспортирования, а также приведенный коэффициент трения скольжения, которые зависят от параметров вибрации (частота, амплитуда) и толщины слоя материала.

Так, если  $f$  – коэффициент трения материала по сити при отсутствии

вибрации, то при перпендикулярной вибрации сита по закону  $A \sin \omega t$  для частицы массой  $m$ , прижатой силой  $N$ , кажущийся коэффициент трения составляет:

$$f_1 = f \left( 1 - \frac{m A \omega^2}{N} \right)$$

Подбирая параметры вибрации определённым образом, можно как усиливать, так и ослаблять действие не вибрационных сил с помощью вибрационных, т.е. замедлять, или интенсифицировать технологические процессы.

Уравнения движения частицы без подбрасывания ( $N > 0$ ) записывают для наклонного сита (рис. 2) в виде [1]:

$$\begin{cases} m \ddot{x} = m A \omega^2 \cdot \cos b \cdot \sin \omega t - mg \cdot \sin a + F; \\ m \ddot{y} = m A \omega^2 \cdot \sin b \cdot \sin \omega t - mg \cdot \cos a + N; \end{cases}$$

при параметре перегрузки:

$$w = \frac{A \omega^2}{g} \cdot \frac{\sin b}{\cos a} \leq 1$$

где  $m$  – масса частицы материала;  $A, \omega$  амплитуда и частота колебаний сита;  $\alpha$  – угол наклона сита к горизонту;  $b$  – угол направления вибрационного воздействия;  $N$  – нормальная реакция;  $F$  – сила сухого трения (Кулона) ( $F = -f \times N$  при  $\dot{x} > 0$ , и  $F = f \times N$  при  $\dot{x} < 0$ ).

При  $y > 0$ ,  $N = F = 0$  частица находится в полёте. При соударении частицы с поверхностью сита проекции скорости частицы определяют в соответствии с гипотезой Ньютона [1, 2]:

$$-\frac{\dot{y}_+}{\dot{y}_-} = R, \quad (0 \leq R \leq 1)$$

$$\dot{x}_+ = (1 - I) \dot{x}_- \quad \text{при} \quad |\dot{x}_-| < \left| \frac{f(\dot{y}_+ - \dot{y}_-)}{I} \right|, \quad (0 \leq I \leq 1);$$

$$\dot{y}_+ = \dot{y}_- - f^* (\dot{y}_+ - \dot{y}_-) \operatorname{sgn} \dot{y}_- \quad \text{при} \quad |\dot{y}_-| > \left| \frac{f(\dot{y}_+ - \dot{y}_-)}{l} \right|,$$

где  $f^* \gg f$  – коэффициент ударного трения;  $\lambda$  – коэффициент мгновенного трения (иногда берут  $\lambda = f$ )

В режимах с непрерывным подбрасыванием при интенсивности подбрасывания, отвечающей значениям параметра нагрузки:

$$w > 3,5 \frac{1 + R^2}{(1 + R)^2},$$

средняя скорость движения частиц материала по ситам в соответствии с погрешностью до 15% определяется из зависимости:

$$V \approx Aw \left( \cos b - \frac{1 + R}{1 - R} \cdot \frac{2 - l}{l} \cdot \sin b \cdot \operatorname{tg} a \right)$$

Если приравнять эту и полученную ранее зависимость для средней скорости движения частиц, то получим:

$$Aw \left\{ \cos b - \frac{(1 + R) \cdot (2 - l) \cdot \sin b \cdot \operatorname{tg} a}{(1 - R) \cdot l} \right\} = 0,75 \sqrt{gd},$$

откуда для амплитуды требуемой виброскорости сита получаем зависимость:

$$Aw = \frac{0,75 \sqrt{gd}}{\cos b - \frac{(1 + R) \cdot (2 - l)}{(1 - R) \cdot l} \cdot \sin b \cdot \operatorname{tg} a}$$

Для амплитуды колебаний сита виброгрохота соответственно:

$$A = \frac{0,75 \sqrt{gd}}{w \cdot \left( \cos b - \frac{(1 + R) \cdot (2 - l)}{(1 - R) \cdot l} \cdot \sin b \cdot \operatorname{tg} a \right)}$$

При  $R = 0,2$ ;  $\lambda = 0,7$ ;  $\alpha = 15^\circ$ ;  $\beta = 45^\circ$  получен график (рис. 5).

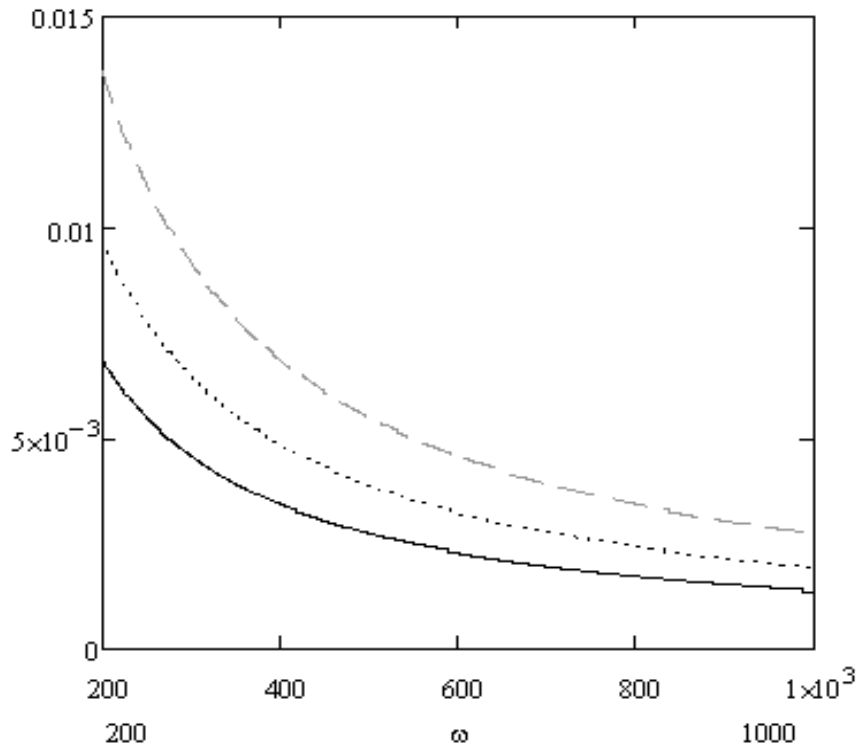


Рис. 5. Зависимость требуемой амплитуды колебаний сита от частоты колебаний при  $d = 0,01; 0,02; 0,04$  М

Толщина слоя материала на сите изменяется и на расстоянии  $x$  от места загрузки может быть приблизительно равна:

$$H_x = \frac{Q_0 - Q_x}{B \cdot V \cdot r}$$

где  $Q_0, Q_x$  – массовая производительность по исходному материалу и количество прохода на участке от 0 до  $x$ ;  $B, V, r$  – ширина короба грохота, средняя скорость по сечению потока и средняя плотность движущегося сыпучего материала.

Мгновенную массу материала на сите определяем следующим образом:

$$M_M = (Q_0 - 0,5Q_L) \cdot \frac{L}{V},$$

где  $Q_L$  – массовая производительность по проходу на длине  $L$  короба сита.

Массу вибрирующих частей системы записываем в виде:

$$M_{\dot{a}\ddot{\delta}} = M_{\dot{j}} + M_{\ddot{a}\ddot{\delta}} = (Q_0 - 0,5Q_L) \cdot \frac{L}{V} + M_{\ddot{a}\ddot{\delta}},$$

где  $M_{cp}$  – масса вибрирующих частей грохота.

Определяем затраты мощности на трение в подшипниках опор грохота:

$$N_f = M_{\dot{a}\ddot{\delta}} \cdot w^2 \cdot A \cdot m \cdot \frac{d_{\ddot{\delta}}}{2} \cdot w$$

или

$$N_f = 0,5 \left[ (Q_0 - 0,5Q_L) \cdot \frac{L}{V} + M_{\ddot{a}\ddot{\delta}} \right] \cdot w^2 \cdot m \cdot d_{\ddot{\delta}} \cdot \frac{0,75\sqrt{gd}}{\cos b - \frac{(1+R) \cdot (2-I)}{(1-R)} \cdot \sin b \cdot \operatorname{tg} a}$$

Находим затраты мощности на перемещение материала по сити:

$$N_s = M_{\dot{a}\ddot{\delta}} \cdot g \cdot v$$

или

$$N_s = \left[ (Q_0 - 0,5Q_L) \cdot \left(\frac{L}{V}\right) + M_{\ddot{a}\ddot{\delta}} \right] \cdot g \cdot Aw \cdot \left\{ \cos b - \frac{(1+R) \cdot (2-I) \cdot \sin b \cdot \operatorname{tg} a}{(1-R) \cdot I} \right\}.$$

Требуемая мощность привода грохота:

$$N = \frac{(N_f + N_s)}{h}$$

где  $h$  – коэффициент полезного действия привода виброгрохота.

После подстановок и преобразований получаем:

$$N = \frac{Aw}{h} \cdot \left[ (Q_0 - 0,5Q_L) \cdot \frac{L}{V} + M_{\ddot{a}\ddot{\delta}} \right] \cdot \left[ 0,5w^2 \cdot m \cdot d_{\ddot{\delta}} + g \left( \cos b - \frac{(1+R) \cdot (2-I) \cdot \sin b \cdot \operatorname{tg} a}{(1-R) \cdot I} \right) \right]$$