

Франчук В. П.
Куница В. Ф.

Национальный
горный
университет

УДК 531.3:621

ОСОБЕННОСТИ ДВИЖЕНИЯ МАТЕРИАЛА ПО РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ГРОХОТА С ПРОСТРАНСТВЕННЫМИ КОЛЕБАНИЯМИ

В статті приведені розрахункова схема та аналітичні залежності для визначення характеру руху матеріалу по робочій поверхні грохоту з просторовими коливаннями.

The article deals settlement scheme and analytical dependences for definition of character of movement of a material on a working surface of screen with spatial fluctuations.

Вибрационное грохочение является одной из основных операций при переработке минерального сырья, в химическом производстве, сельском хозяйстве и пищевой промышленности. В процессе транспортирования материалов по сити осуществляется сегрегация частиц в слое по крупности, т.е. прохождение мелких частиц через вибрирующий слой к сити и последующее просеивание их через отверстия. Однако при классификации тонкодисперсных материалов сегрегация не успевает проявиться из-за большой поверхностной активности частиц и сравнительно толстого слоя (в соотношении с размерами частиц), что приводит к значительному снижению эффективности технологического процесса.

Для решения этой проблемы предложен грохот с пространственными колебаниями рабочей поверхности. Он состоит из короба 1 (рис. 1), который установлен на амортизаторах 2 и одновалного инерционного вибровозбудителя 3. Особенностью данной конструкции грохота является то, что ось вибровозбудителя располагается в вертикальной плоскости. Благодаря этому короб совершает пространственные колебания, которые получаются путем сложения возвратно-поступательных колебаний в вертикальной плоскости и поворотных колебаний вокруг продольной и вертикальной осей. Это обеспечивает, наряду с транспортированием, интенсивное перемешивание материала и обновление поверхности контакта.

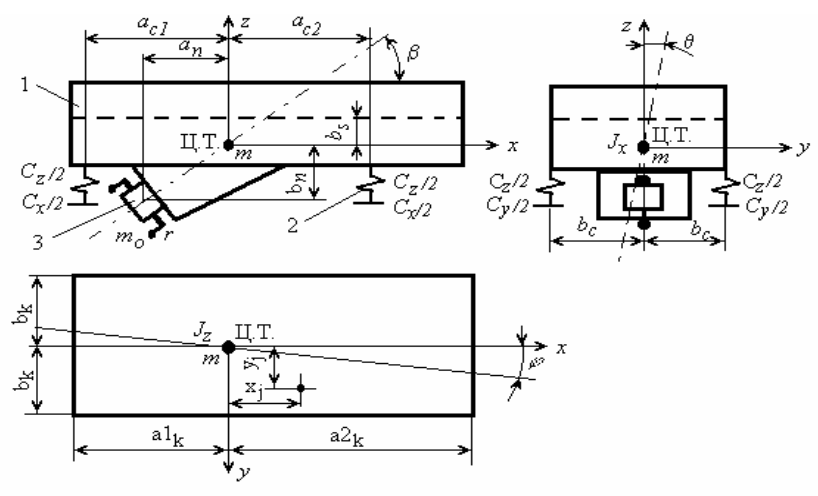
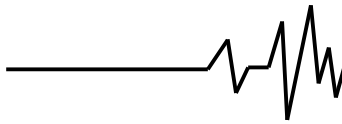


Рис. 1. Расчетная динамическая схема грохота



Основы динамического расчета такого грохота были приведены в работе [1].

Как известно, вибрационное грохочение сопровождается перемещением материала по его рабочей поверхности. Поэтому в расчете за основу была взята схема движения материальной частицы по вибрирующей шероховатой поверхности, наклоненной к горизонту под углом α и совершающая прямолинейные колебания в направлении, образующем угол β с плоскостью (рис. 2). На частицу действуют сила тяжести G , сила трения $F_{тр}$, нормальная реакция N и сила инерции F^u . Уравнение движения частицы для этой схемы имеет вид [2]:

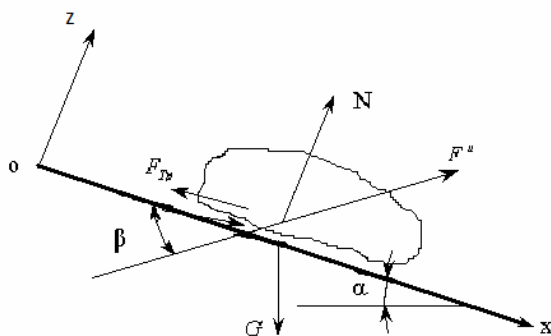


Рис. 2. Схема сил при виброперемещении материальной частицы

$$\begin{cases} m\ddot{x} = F^u \cos \beta + G \sin \alpha + P \cos(\gamma) \text{sign}(v) - F_{тр} \\ m\ddot{z} = F^u \sin \beta - G \cos \alpha + P \sin(\gamma) \text{sign}(v) + N \end{cases}$$

В отличие от приведенной схемы, в предлагаемом грохоте материал по рабочей поверхности перемещается как в продольном, так и в поперечном направлениях.

Для исследований принимается режим движения материала с непрерывным подбрасыванием, что приводит к повышению эффективности классификации.

Параметры движения материала по рабочей поверхности определяется коэффициентом вибротранспортирования Γ [3]. Для рассматриваемого случая движений рабочей поверхности с поворотом вокруг оси x , выражение для коэффициента режима колебаний будет иметь вид

$$\Gamma = \frac{(A \cdot \sin \beta - \Theta \cdot y_j) \cdot \omega^2}{g \cdot \cos \alpha}$$

где

A и Θ – амплитуды возвратно-поступательных и поворотных колебаний рабочей поверхности, м;

ω – частота колебаний, с^{-1} ;

β – угол направления вибрации, град;

α – угол наклона просеивающей поверхности к горизонту, град;

g – ускорение силы тяжести;

y_j – координата положения частицы по ширине грохота.

При выполнении условия $\Gamma > 1$, материал, находящийся на рабочей поверхности грохота будет двигаться с подбрасыванием.

При рассматриваемом режиме работы грохота коэффициент вибротранспортирования Γ изменяется по ширине просеивающей поверхности как показано на рис. 3. Из графика видно, что минимальное значение Γ находится по правому борту рабочей поверхности грохота ($\Gamma=2,5$), а максимальное – по левому борту ($\Gamma=3,5$). При изменении направления вращения вибровозбудителя график зависимости будет зеркальным.

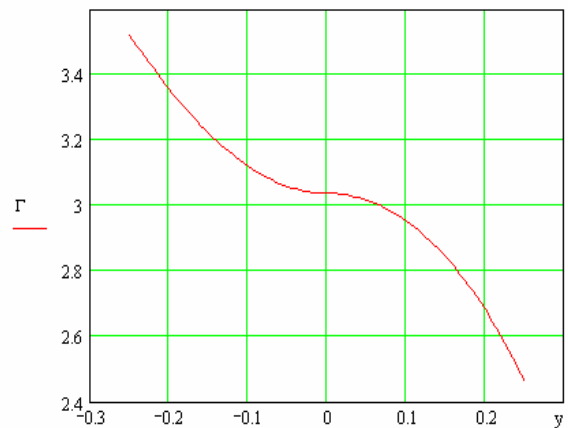


Рис. 3. Изменение коэффициента вибротранспортирования по ширине грохота

Уравнения, описывающие движение материала с подбрасыванием от рабочей поверхности после преобразования будет иметь вид:

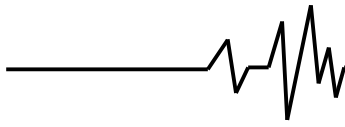
$$\ddot{x} = A \cdot \omega^2 \cdot \cos \psi + g \cdot \sin \alpha$$

$$\ddot{z} = A \cdot \omega^2 \cdot \sin \psi - g \cdot \cos \alpha \quad (1)$$

где

$\psi = \omega \cdot t$ – фазный угол движения рабочей поверхности.

Обозначая через ψ_o и ψ_s фазные углы отрыва и встречи материала с рабочей



поверхностью, дважды интегрируя уравнения (1) при граничных условиях:

$$x = 0; \dot{x} = 0; z = 0; \dot{z} = 0; \ddot{z} = 0 \text{ при } \psi = \psi_0, z = 0 \text{ при } \psi = \psi_6,$$

получим выражение для определения величины перемещения материала в направлении осей x и y за один цикл колебаний исполнительного органа

$$\Delta S_x = A \cdot \cos \beta \cdot [\cos \psi_0 - \cos \psi_6 + \frac{(\psi_6 - \psi_0)^2}{2 \cdot \Gamma} \times \times \operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \beta + (\psi_6 - \psi_0) \cdot \sin \psi_0]$$

$$\Delta S_y = (YM(\omega) - \Phi M(\omega) \cdot x) \cdot [\cos \psi_0 - - \cos \psi_6 + (\psi_6 - \psi_0) \cdot \sin \psi_0]$$

Здесь

ψ_0 - фазный угол отрыва материала от рабочей поверхности

$$\psi_0 = \arcsin \frac{1}{\xi \cdot \Gamma}$$

ξ - коэффициент, учитывающий упруго-диссипативные свойства транспортируемого материала, обеспечивающие запаздывание его отрыва от рабочей поверхности.

ψ_6 - фазный угол встречи материала с рабочей поверхностью.

Фазный угол встречи материала с рабочей поверхностью определяется из условия $z=0$ при $\psi=\psi_6$

$$A \cdot \sin \beta \cdot [\sin \psi_0 - \sin \psi_6 - \frac{(\psi_6 - \psi_0)^2}{2 \cdot \Gamma} + (\psi_6 - \psi_0) \cdot \cos \psi_0] = 0 \quad (2)$$

Уравнение (2) является трансцендентным, что приводит к сложностям при проведении инженерных расчетов. При интенсивном режиме виброперемещения, который имеет место в выбранном диапазоне изменения Γ , фазный угол встречи материала будет не на много отличаться от 2π , т.е. $\psi_6 = 2\pi - \Delta\psi_6$. Учитывая малость $\Delta\psi_6$, и принимая $\sin \Delta\psi_6 = \Delta\psi_6$, после упрощений [4] получим уравнения для фазного угла встречи материала с рабочей поверхностью в явном виде

$$\psi_6 = 2 \cdot \pi - b_k + \sqrt{b_k^2 - c_k}$$

где

$$b_k = 2 \cdot \pi \cdot \Gamma - \psi_0 - \Gamma \cdot \cos \psi_0$$

$$c_k = (2 \cdot \pi - \psi_0)^2 - 2 \cdot \Gamma \cdot \sin \psi_0 - - 2 \cdot \Gamma \cdot (2 \cdot \pi - \psi_0) \cdot \cos \psi_0$$

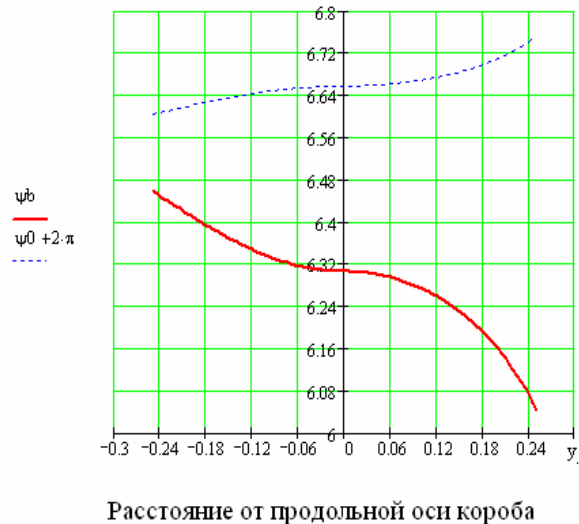


Рис. 4. Углы отрыва и встречи материала

Из рис. 4 видно, что при выбранном режиме колебаний рабочей поверхности встреча материала происходит раньше, чем он успеет от нее оторваться (для наглядности угол отрыва принят $\psi_0+2\pi$).

При экспериментальных исследованиях лабораторного образца грохота [5] было замечено, что материал по плоской рабочей поверхности перемещается с отклонением от точки погрузки, при этом большая часть поверхности оказывается нерабочей. Было принято решение разделить просеивающую поверхность продольными перегородками на отдельные зоны. На рис. 5 показана траектория движения материала по просеивающей поверхности при длине грохота 1 м.

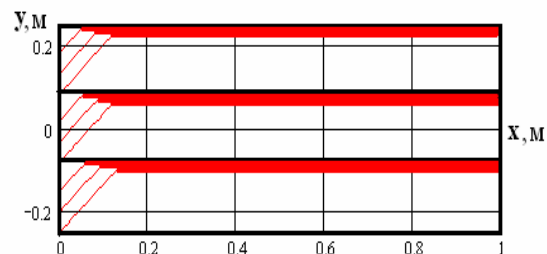
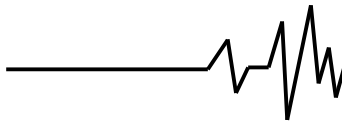


Рис. 5. Траектория движения материала по рабочей поверхности при длине грохота 1 м



Материал смещается к краю дорожки и там вращаясь по циклоиде перемещается к разгрузке. Такой режим движения способствует перемешиванию материала и тем самым обеспечивать очистку просеивающей поверхности. Это дает возможность на данном грохоте производить классификацию не только тонкодисперсных материалов, а и материалов, склонных к залипанию.

Выбором конструктивных и динамических параметров грохота можно изменить траекторию движения материала по рабочей поверхности. Например, при увеличении длины грохота до 3 м траектория движения материала по рабочей поверхности будет иметь вид представленный на рис. 6

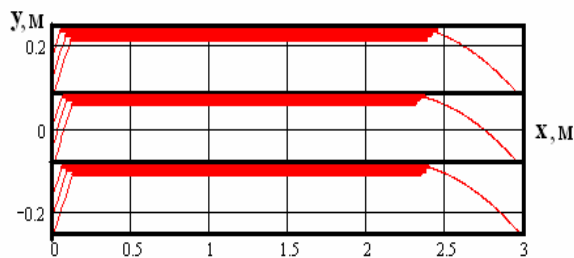


Рис. 6 Траектория движения материала по рабочей поверхности при длине грохота 3 м

На рис. 6 видно, что материал в начале движения имеет более крутой угол смещения к краю дорожки, а после 2 м он начинает расслаиваться, обеспечивая более качественную классификацию при малой толщине слоя.

В целом, анализ полученных зависимостей показывает, что при исследовании параметров работы грохота, обеспечивающих движение с непрерывным подбрасыванием для мелкодисперсных материалов путем соответствующего выбора динамических и конструктивных параметров можно обеспечить интенсивное перемешивание материала при основной классификации с последующим расслоением его на конечном этапе (участке доводки).

Литература

1. Франчук В.П., Федоскин В.А., Егурнов А.И. Особенности работы грохота со сложным движением рабочей поверхности // Збагачення корисних копалин. Наук.-техн. зб. – 2000. - вип. 9 (50). – с. 107 – 113.
2. Блехман И.И., Джанелидзе Г.Ю. Вибрационное перемещение. – М.: «Наука» - 1964 – 320 с.
3. Гончаревич И.Ф. Динамика вибрационного транспортирования. – М.: «Наука» - 1972 – 244 с.
4. Франчук В.П., Надутый В.П., Егурнов А.И. Выбор параметров движения рабочих поверхностей грохотов с учетом крупности разделения // Збагачення корисних копалин. Наук.-техн. зб. – 2008. - вип.33(74). – с. 44 – 52.
5. Франчук В.П., Федоскин В.А., Куница В.Ф. Лабораторные испытания грохота с пространственными колебаниями // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2008. – Вип 33(74). - с. 61 – 65.

Рекомендовано до публікації
д.т.н. В. П. Надутим 05.10.09 р.