

А.В. АНЦИФЕРОВ, канд. техн. наук
(Украина, Днепропетровск, Национальный горный университет)

РАЦИОНАЛЬНЫЙ РЕЖИМ РАБОТЫ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ВИБРАЦИОННОЙ МЕЛЬНИЦЫ

Рациональным режимом работы для вертикальных вибрационных мельниц (МВВ) является виброударный. Это объясняется конструктивным расположением помольной камеры, ось которой имеет вертикальную ориентацию. При этом кроме эффективного процесса измельчения попутно происходит механоактивация материала. Технологическими параметрами МВВ, определяющими область существования виброударного режима являются амплитуда a , частота ω и зазор Δ внутри помольной камеры между загрузкой и крышкой в состоянии покоя. Так как амплитуда и частота обычно известны, то задача состоит в определении величины Δ , при которой имеет место виброударный режим работы мельницы. Здесь возможны два подхода для динамического расчета МВВ.

В первом внутрикамерная загрузка рассматривается как единичная масса с упруго-вязкими элементами по краям. Этот метод позволяет построить амплитудно-частотную характеристику машины [1].

Второй подход основан на теории виброударных систем [2]. При этом пренебрегается временем удара, что при наличии в камере у дна большого слоя виброожиженного материала может оказаться грубым допущением.

В [3] предложено учесть наличие измельчаемого порошка упругими элементами между соударяемыми телами. Но технологическая загрузка здесь считается единичной массой. Рационально внутреннюю загрузку камеры составлять из двух – трех слоев шаров. Целью данной работы является развитие подхода [3] с учетом наличия двух масс с упругими элементами, которые взаимодействуют с ударником.

Математическая модель. Для решения задачи используем классическую теорию последовательной передачи удара [4]. Рассмотрим ударную систему, состоящую из трех абсолютно жестких элементов, разделенных двумя пружинами. На рис. 1 показано положение тел перед ударом. Масса m_2 отвечает одному шару из нижнего слоя, а m_3 – результирующая масса шаров верхнего слоя, приходящаяся на m_2 . Соответственно m_1 – масса камеры. Камера совершает гармонические колебания с амплитудой a и частотой ω . Массы m_2 и m_3 неподвижны, а масса m_1 движется со скоростью v_0 – результирующая скорость встречи загрузки с дном камеры. Жесткости пружин c_1 и c_2 характеризуют наличие виброожиженного слоя порошка в камере. Плотность его уменьшается по высоте, поэтому $c_1 > c_2$.

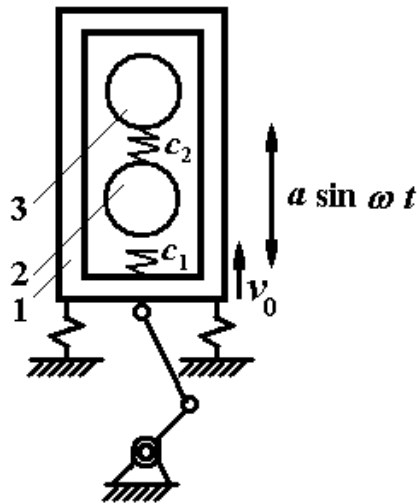


Рис. 1. Модель системи

Во время удара камеры по массе m_2 между ними возникает сила ударного взаимодействия N_1 , а между массами m_2 и m_3 – сила N_2 . Положительное направление скорости ударника v_0 принимаем вверх. Дифференциальные уравнения движения соударяющихся тел имеют вид

$$m_1 \frac{dv_1}{dt} = -N_1, \quad m_2 \frac{dv_2}{dt} = N_1 - N_2, \quad m_3 \frac{dv_3}{dt} = N_2. \quad (1)$$

Законы сжатия упругих элементов

$$N_1 = f_1(\alpha_1) = f_1(x_1 - x_2), \quad N_2 = f_2(\alpha_2) = f_2(x_2 - x_3), \quad (2)$$

где α_i – сжатия упругих элементов; x_i – перемещения масс во время удара.

Из (2) для перемещений масс можно записать

$$x_1 = x_2 + \alpha_1, \quad x_3 = x_2 - \alpha_2. \quad (3)$$

Закон сохранения количества движения для нашей системы с учетом (3)

$$m_1 v_0 = m_1 \dot{x}_1 + m_2 \dot{x}_2 + m_3 \dot{x}_3 = m_1 (\dot{x}_2 + \dot{\alpha}_1) + m_2 \dot{x}_2 + m_3 (\dot{x}_2 - \dot{\alpha}_2). \quad (4)$$

Из (4) можно получить выражения для скорости второй массы и далее после дифференцирования (3) выражения для мгновенных скоростей для масс m_1 и m_3 . Дифференцируя их еще раз по времени находим ускорения тел во время удара

$$\begin{aligned} \ddot{x}_1 &= [(m_2 + m_3)\ddot{\alpha}_1 + m_3\ddot{\alpha}_2] / M, \\ \ddot{x}_2 &= [-m_1\ddot{\alpha}_1 + m_3\ddot{\alpha}_2] / M, \end{aligned} \quad (5)$$

$$\ddot{x}_3 = -[m_1\ddot{\alpha}_1 + (m_1 + m_2)\ddot{\alpha}_2]/M,$$

где M – общая масса системы.

Подставим (5) в первое и третье уравнения (1) и с учетом (2) получим

$$\begin{aligned} \frac{m_1(m_2 + m_3)}{M}\ddot{\alpha}_1 + \frac{m_1m_3}{M}\ddot{\alpha}_2 &= -f_1(\alpha_1), \\ \frac{m_1m_2}{M}\ddot{\alpha}_1 + \frac{m_3(m_1 + m_2)}{M}\ddot{\alpha}_2 &= -f_2(\alpha_2). \end{aligned} \quad (6)$$

Начальные условия для системы (6) при $t = 0$

$$x_1 = x_2 = x_3 = \dot{x}_2 = \dot{x}_3 = \alpha_1 = \alpha_2 = \dot{\alpha}_2 = 0, \quad \dot{x}_1 = \dot{\alpha}_1 = v_0. \quad (7)$$

Решение уравнений (6) зависит от вида силовой функции упругих элементов. Наиболее простым является случай, когда зависимости носят линейный характер $N_1 = c_1\alpha_1$ и $N_2 = c_2\alpha_2$. Тогда система (6) с учетом (2) преобразуется к виду

$$\begin{aligned} A\ddot{\alpha}_1 + B\ddot{\alpha}_2 &= -\alpha_1, \\ B\ddot{\alpha}_1 + \Gamma\ddot{\alpha}_2 &= -\alpha_2, \end{aligned} \quad (8)$$

где $A = \frac{m_1(m_2 + m_3)}{c_1M}$, $B = \frac{m_1m_3}{c_1M}$, $B = \frac{m_1m_2}{c_2M}$, $\Gamma = \frac{m_3(m_1 + m_2)}{c_2M}$.

Решение системы (8) ищем в виде

$$\alpha_1 = g_1 \sin(\omega t + \beta), \quad \alpha_2 = g_2 \sin(\omega t + \beta) \quad (9)$$

Дифференцируя (9) и подставив в (8) получаем систему алгебраических уравнений из решения которой получаем два соотношения

$$g_2/g_1 = B\omega^2/(1 - \Gamma\omega^2) = (1 - A\omega^2)/B\omega^2. \quad (10)$$

Приравнявая эти выражения после преобразований получим частотное уравнение

$$\omega_{1,2}^2 = \frac{c_1c_2M}{2m_1m_2m_3} \left[(A + \Gamma) \pm \sqrt{(A - \Gamma)^2 + 4BB} \right]. \quad (11)$$

Эти два значения частоты отвечают соответственно двум значениям отношений амплитуд

Підготовчі процеси збагачення

$$\mu_1 = g_{21}/g_{11}, \quad \mu_2 = g_{22}/g_{12}. \quad (10)$$

Полученные решения для α_1 и α_2 в (9) являются частными. Общими решениями являются выражения

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= g_{11} \sin(\omega_1 t + \beta_1) + g_{12} \sin(\omega_2 t + \beta_2), \\ \alpha_2 &= g_{21} \sin(\omega_1 t + \beta_1) + g_{22} \sin(\omega_2 t + \beta_2). \end{aligned} \quad (11)$$

Неизвестные $g_{11}, g_{12}, \beta_1, \beta_2$ находим из начальных условий (7).

После их подстановки в (11) получаем

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= \frac{v_0}{\mu_2 - \mu_1} \left(\frac{\mu_2}{\omega_1} \sin \omega_1 t - \frac{\mu_1}{\omega_2} \sin \omega_2 t \right), \\ \alpha_2 &= \frac{\mu_1 \mu_2 v_0}{\mu_2 - \mu_1} (\cos \omega_1 t - \cos \omega_2 t). \end{aligned} \quad (12)$$

Производные от этих выражений дают скорости изменения сжатия упругих элементов. Тогда из (4) получим выражение для скорости второй массы и подставив в (3) после их дифференцирования получим выражения для скоростей масс m_1 и m_3 .

Перемещения тел во время удара определяются из выражений

$$x_i = \int_0^t \dot{x}_i dt. \quad (13)$$

В момент окончания удара, так же как и в момент начала, сила и сжатие упругого элемента равна нулю. После подстановки в первое уравнение (12) t_1 , а во второе – t_2 и приравняв их нулю, получим тригонометрические выражения для их определения. После подстановки найденных значений времени в выражения скорости и перемещения тел найдем скорости тел после удара и их перемещения за время удара.

Вторая фаза расчета заключается в использовании методики расчета [2, 3] по теории виброударных систем, но с учетом времени взаимодействия элементов. При этом $t_1 > t_2$ (из принятого условия $c_1 > c_2$), поэтому в расчетах учитываем только t_1 . Кроме того при движении от днища к крышке, удар о крышку и движении обратно две массы уже рассматриваются как единичная. Временем удара о крышку пренебрегаем.

Расчетная схема представлена на рис. 2. Координаты средних точек камеры и массы Y и y соответственно. Отсчет ведем от среднего положения камеры. Начало отсчета времени принимаем в точке 0, в момент соударения загрузки с днищем камеры. Зазор между загрузкой и крышкой камеры в статическом положении $2S$. Задачу решаем в безразмерных величинах, для чего принимаем следующие обозначения

$$y = \frac{\omega^2}{g} y^*, Y = \frac{\omega^2}{g} Y^*, \Gamma = \frac{a\omega^2}{g}, \tau = \omega t, \sigma = \frac{\omega^2}{g} S. \quad (14)$$

Звездочки при величинах показывают то, что они размерные.

Пример расчета. Рассмотрим один период движения камеры и массы при следующих параметрах: $R_d = 0,6$; $R_k = 0,35$; $\Gamma = 7$. Для различных значений фазового угла ϕ определялись значения σ и результирующая скорость удара $v_{уд}$ о днище. Данные представлены на рис. 3.

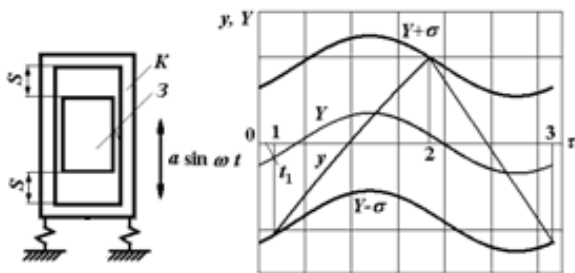


Рис. 2. Расчетная схема

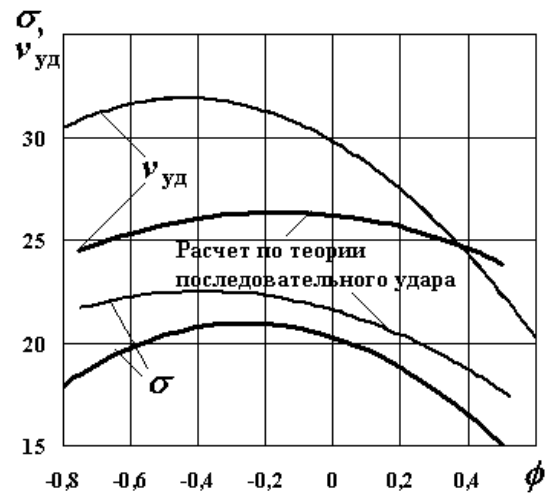


Рис. 3. Результаты расчета

Выводы. Использование теории последовательной передачи удара дает уточнение в определении зазора до 5% и в определении скорости удара до 15%. При этом диапазон существования виброударного режима сузился, а экстремум полученных кривых получился не ярко выраженным.

В качестве дальнейших задач исследования необходимо продолжить экспериментальные исследования по подтверждению полученных зависимостей. В теоретическом плане необходимо рассмотреть трехмассную систему и влияние ее на время ударного взаимодействия.

Список литературы

1. Франчук В.П. Конструкция и динамический расчет вибрационных мельниц // Техника и технология обогащения руд. – М.: Недра, 1995. – С. 143-160.
2. Анциферов А.В., Драбан Д.И. Расчет технологических режимов вертикальной вибрационной мельницы // Вибрации в технике и технологиях. – 2011. – № 2(62). – С. 59-60.
3. Александров Е.В., Соколинский В.Б. Прикладная теория и расчеты ударных систем. – М.: Наука, 1969. – 197 с.
4. Анциферов А.В., Комарова И.В. Экспериментальное исследование соударения тел через слой порошкового материала // Вісник Національного технічного університету "ХПІ": Зб. наук. праць. – 2010. – № 66. – С. 58-63.

© Анциферов А.В., 2013

Надійшла до редколегії 14.03.2013 р.

Рекомендовано до публікації д.т.н. В.П. Франчуком

УДК 622.74: 621.928.235

В.П. ФРАНЧУК, д-р техн. наук

(Україна, Днепропетровск, Национальний горний університет),

В.П. НАДУТЫЙ, д-р техн. наук,

П.В. ЛЕВЧЕНКО

(Україна, Днепропетровск, Інститут геотехнічної механіки ім. Н.С. Полякова НАН України)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРАЕКТОРИИ ДВИЖЕНИЯ МАТЕРИАЛЬНОЙ ЧАСТИЦЫ ПО СИТУ ВЕРТИКАЛЬНОГО ВИБРАЦИОННОГО ГРОХОТА

Введение. При переработке и обогащении минерального сырья неотъемлемой частью цикла является отбор готового класса крупности – грохочение, для снижения энергозатрат дробильного и измельчительного оборудования. В связи с все большим вниманием к переработке техногенных отходов – шламов, хвостохранилищ и терриконов, машины данной технологической операции должны иметь высокие технологические показатели извлечения тонких и особо тонких классов крупности, так как именно тонкодисперсные материалы имеют максимальное процентное содержание полезного компонента.

Для решения данной проблемы в Институте геотехнической механики НАН Украины разработана конструкция вертикального вибрационного грохота (ВВГ) [1, 2]. При габаритных размерах $1,4 \times 1,4 \times 1,9$ м машина имеет массу 1,3 т, площадь просеивающей поверхности – $3,2 \text{ м}^2$ и мощность привода – 0,74 кВт, что на порядок меньше, чем у аналогичных по колеблющейся массе грохотов, серийно выпускаемых, как в Украине, так и за рубежом. Рабочий орган грохота представляет собой нисходящую наклонную галерею в виде рам резонирующих ленточно-струнных сит (РЛСС). Преимуществом данного вида просеивающей поверхности является ее высокая долговечность и динамическая активность при работе в резонансном режиме с виброприводом. При этом амплитуда колебаний лент-струн, относительно короба грохота, повышается в несколько раз без дополнительного подведения мощности.

Грохот (рис. 1) приводится в движение диагонально расположенными вибровозбудителями, которые реализуют винтовые колебания грохота относительно его вертикальной оси. Кроме этого, дополнительная пространственная составляющая колебаний рабочего органа способствует наилучшему распределению материала по ширине сита, что особенно важно при неравномерном по ширине сита питании.

Выполнен комплекс экспериментальных исследований [3-7] по установле-

нию зависимости технологических показателей грохота – производительности (Q , т/ч) и эффективности классификации (E , %) от конструктивных, режимных параметров машины и характеристик перерабатываемой горной массы. Результаты исследований показали, что пространственные колебания рабочего органа позволяют интенсифицировать движения материала по просеивающей поверхности в продольном и поперечном направлениях. При этом повышаются технологические показатели процесса классификации за счет увеличения пути движения надрешетного продукта, так как материал движется по волнообразным траекториям вдоль просеивающей поверхности. Увеличение пути движения частиц снижает производительность грохота. Этот эффект компенсируется увеличением угла наклона карт просеивающей поверхности и использованием динамически активных РЛСС.

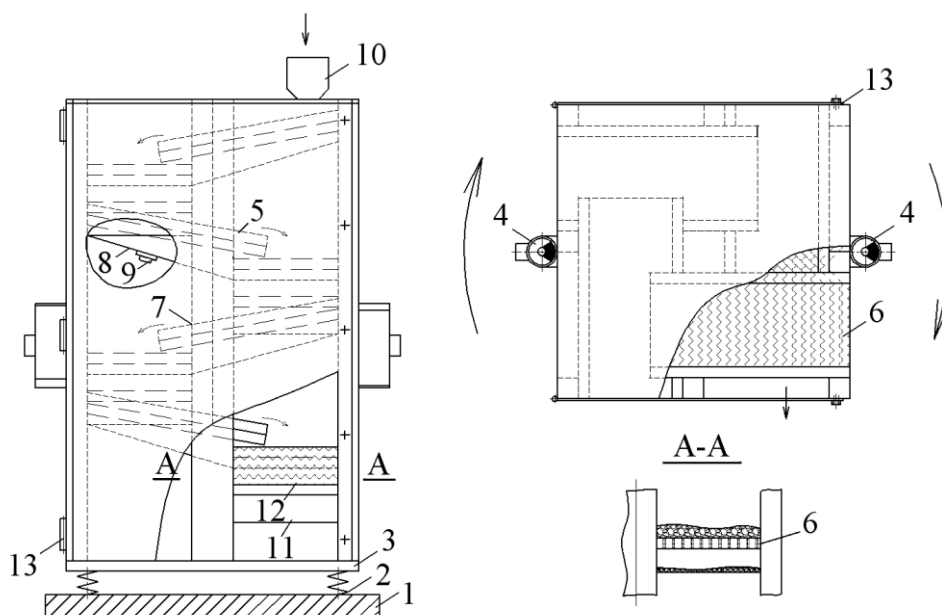


Рис. 1. Конструктивная схема вертикального вибрационного грохота:
 1 – рама; 2 – амортизаторы; 3 – несущая колонна; 4 – вибровозбудитель;
 5 – рабочий орган; 6 – карта РЛСС; 7 – механизм изменения угла наклона карт;
 8 – желоб; 9 – шибберная задвижка; 10 – приемный бункер;
 11, 12 – разгрузочная течка подрешетного и надрешетного продуктов; 13 – кожух

Целью работы является определение траектории движения материальной частицы по сити вертикального вибрационного грохота в поле пространственных колебаний.

Динамическая схема вибропривода вертикального вибрационного грохота состоит из двух дебалансных вибровозбудителей с вращающимся вектором ускорений, расположенных по бортам на расстоянии a от центра масс машины. Схема действия возмущающих сил представлена на рис.2. Плоскости вращения дебалансных масс вибровозбудителей наклонены в противоположные стороны под изменяющимся углом β к плоскости просеивающей поверхности.

При противофазном вращении валов вибровозбудителей, дебалансы пово-

Підготовчі процеси збагачення

рачиваются на соответствующие фазные углы $\varphi_1 = \omega \cdot t$ и $\varphi_2 = \pi - \omega \cdot t$, и при равенстве их неуравновешенных масс развивают равные центробежные силы инерции P_0 . Проекции центробежных сил $P_0 \cdot \cos(\omega \cdot t)$ взаимно уравновешиваются, а проекции $P_0 \cdot \sin(\omega \cdot t)$ при разложении на вертикальные P_z и горизонтальные составляющие P_y образуют гармоническую возмущающую силу $2 \cdot P_0 \cdot \sin(\omega \cdot t) \cdot \cos(\beta)$ и момент $2 \cdot P_0 \cdot \sin(\omega \cdot t) \cdot \sin(\beta) \cdot a$, направленные соответственно вдоль и вокруг оси Oz . Таким образом, создаются поступательные поворотные колебания грохота вдоль вертикальной оси.

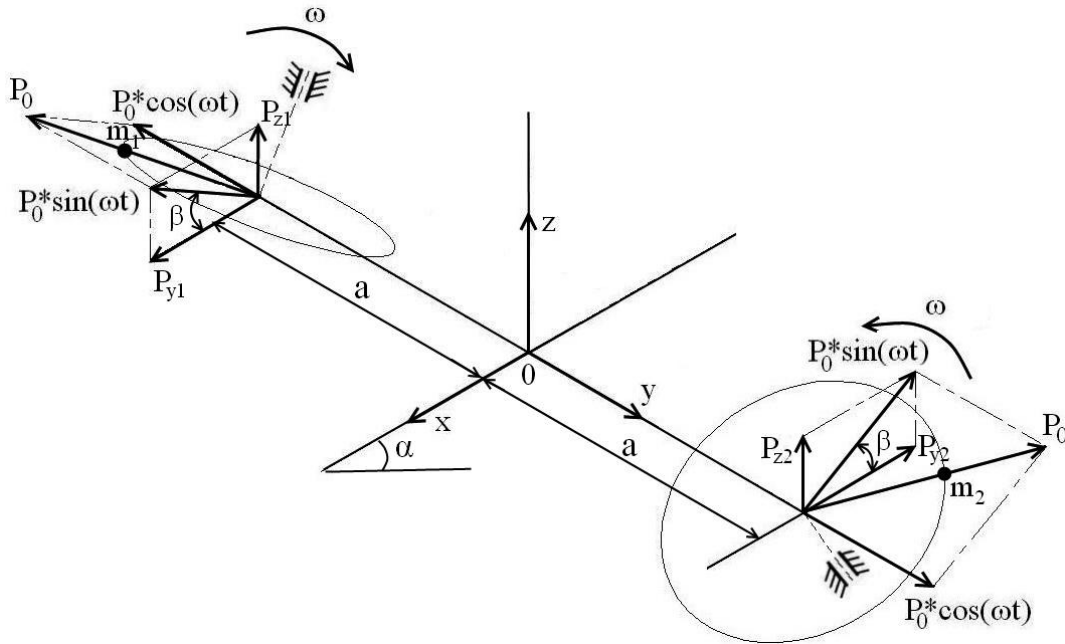


Рис. 2. Схема действия возмущающих сил вертикального вибрационного грохота

Исходя из траектории колебаний короба грохота, определим траекторию движения материальной частицы массой m по просеивающей поверхности грохота.

Амплитуда поворотных колебаний короба:

$$A_\varphi = \frac{A_a}{R},$$

где A_a – амплитуда горизонтальных колебаний на контуре короба, мм; $R = a$ – радиус контура короба, мм.

Результирующая амплитуда колебаний в точке нахождения частицы:

$$A = \sqrt{A_a^2 + (r \cdot A_\varphi)^2},$$

где r – радиус расположения материальной частицы, мм; A_e – амплитуда вертикальных колебаний на контуре короба, мм

Коэффициент режима виброперемещения в точке нахождения частицы:

$$\tilde{A} = \frac{A \cdot \omega^2 \cdot \sin \beta}{g \cdot \cos \alpha}. \quad (1)$$

Уравнение движения материальной частицы относительно просеивающей поверхности:

$$m \cdot \ddot{z} = -m \cdot g \cdot \cos \alpha + m \cdot A \cdot \omega^2 \cdot \sin \beta \cdot \sin \omega \cdot t, \quad (2)$$

$$m \cdot \ddot{x} = m \cdot g \cdot \sin \alpha + m \cdot A \cdot \omega^2 \cdot \cos \beta \cdot \sin \omega \cdot t. \quad (3)$$

Решим уравнение (2) из условия отрыва материала от рабочей поверхности $z = 0; \dot{z} = 0; \ddot{z} = 0$ при $t = t_0$ ($\psi = \psi_0$):

$$\dot{z} = -g \cdot t \cdot \cos \alpha - A \cdot \omega \cdot \sin \beta \cdot \cos \omega \cdot t + C_1, \quad (4)$$

$$z = -\frac{g \cdot t^2}{2} \cdot \cos \alpha - A \cdot \sin \beta \cdot \sin \omega \cdot t + C_1 \cdot t + C_2. \quad (5)$$

Из (4) и (5) определим коэффициенты C_1 и C_2 :

$$C_1 = -\frac{g \cdot \psi_0}{\omega} \cdot \sin \alpha + A \cdot \omega \cdot \cos \beta \cdot \cos \psi_0, \quad (6)$$

$$C_2 = \frac{g \cdot \psi_0^2}{2\omega^2} \cdot \sin \alpha + A \cdot \cos \beta \cdot \cos \psi_0 \cdot (1 - \psi_0). \quad (7)$$

Подставив (6) и (7) в (5) получим:

$$z = -\frac{g \cdot \psi^2 \cdot \cos \alpha}{2\omega^2} \cdot \cos \alpha - A \cdot \sin \beta \cdot \sin \psi + \frac{g \cdot \psi_0 \cdot \psi}{\omega^2} \cdot \cos \alpha +$$

$$+ A \cdot \psi \cdot \sin \beta \cdot \cos \psi_0 - \frac{g \cdot \psi_0^2}{2\omega^2} \cdot \cos \alpha + A \cdot \sin \beta \cdot \sin \psi_0 - A \cdot \psi_0 \cdot \sin \beta \cdot \cos \psi_0. \quad (8)$$

Граничные условия: $z = 0$ при $\psi = \psi_a$. Преобразуем уравнение (8):

$$z = -\frac{g \cdot (\psi - \psi_0)^2}{2\omega^2} \cdot \cos \alpha - A \cdot \sin \beta \cdot (\sin \psi_0 - \sin \psi) + A \cdot \sin \beta \cdot \cos \psi_0 \cdot (\psi - \psi_0).$$

Подставим граничные условия и разделим на $A \cdot \sin \beta$ с учетом (1):

$$-\frac{(\psi_{\hat{a}} - \psi_0)^2}{2 \cdot \tilde{A}} + (\sin \psi_0 - \sin \psi_{\hat{a}}) + \cos \psi_0 \cdot (\psi_{\hat{a}} - \psi_0) = 0. \quad (9)$$

Из уравнения (9) определим фазный угол встречи частицы с поверхностью. Уравнение трансцендентное. Учитывая, что частица движется с непрерывным подбрасыванием, считаем, что $\psi_{\hat{a}}$ близок к 2π . В таком случае $\psi_{\hat{a}} = 2\pi + \Delta\psi_{\hat{a}}$.

Выражение (9) преобразуется к виду:

$$\sin \psi_0 - \sin(2\pi + \Delta\psi_{\hat{a}}) - \frac{(2\pi + \Delta\psi_{\hat{a}} - \psi_0)^2}{2 \cdot \tilde{A}} + \cos \psi_0 \cdot (2\pi + \Delta\psi_{\hat{a}} - \psi_0) = 0. \quad (10)$$

Отсюда, учитывая, что при малых значениях $\Delta\psi_{\hat{a}}$ $\sin \Delta\psi_{\hat{a}} = \Delta\psi_{\hat{a}}$, получим:

$$\Delta\psi_{\hat{a}} = -\frac{1}{2} \cdot b + \sqrt{\left(\frac{1}{2} \cdot b\right)^2 - c}, \quad (11)$$

где

$$b = 4\pi - 2 \cdot \psi_0 + 2 \cdot \tilde{A} \cdot (1 - \cos \psi_0),$$

$$c = 4\pi^2 + \psi_0^2 - 4\pi \cdot \psi_0 - 2 \cdot \tilde{A} \cdot [\sin \psi_0 + (2\pi - \psi_0) \cdot \cos \psi_0].$$

Аналогичные преобразования совершаем для продольных перемещений частицы (3), в результате чего получим:

$$x = \frac{g \cdot \psi^2}{2 \cdot \omega^2} \cdot \sin \alpha - A \cdot \cos \beta \cdot \cos \psi - \frac{g \cdot \psi_0 \cdot \psi}{\omega^2} \cdot \sin \alpha + A \cdot \psi \cdot \cos \beta \cdot \cos \psi_0 + \\ + \frac{g \cdot \psi_0^2}{2\omega^2} \cdot \sin \alpha + A \cdot \cos \beta \cdot \cos \psi_0 \cdot (1 - \psi_0)$$

Разделив на $A \cdot \cos \beta$ уравнение будет иметь следующий вид:

$$x = A \cdot \cos \beta \cdot \left[\frac{g \cdot (\psi - \psi_0)^2}{2 \cdot A \cdot \omega^2 \cdot \cos \beta} \cdot \sin \alpha - (\cos \psi - \cos \psi_0) + (\psi - \psi_0) \cdot \cos \psi_0 \right]. \quad (12)$$

Из уравнения (12) найдем величину перемещения частицы за одно колебание ($\psi_{\hat{a}} = 2\pi + \Delta\psi_{\hat{a}}$):

$$\Delta x = A \cdot \cos \beta \cdot \left[\frac{(\psi_{\hat{a}} - \psi_0)^2}{2 \cdot \tilde{A}} \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \beta - (\cos \psi_{\hat{a}} - \cos \psi_0) + (\psi_{\hat{a}} - \psi_0) \cdot \cos \psi_0 \right].$$

За один бросок частица переместится на Δx или по контуру на угол $\Delta \varphi = \frac{\Delta x}{r}$. При этом, она сместится по радиусу r на величину $\Delta x \cdot \sin(\Delta \varphi)$ и новый радиус (начало следующего броска) будет:

$$r_{i+1} = r_i + \Delta x \cdot \sin(\Delta \varphi). \quad (13)$$

Средняя скорость виброперемещения частицы:

$$v_{\text{вд}} = \frac{\Delta x \cdot \omega}{2\pi}.$$

При помощи полученных уравнений составлен алгоритм расчета траектории движения материальной частицы по просеивающей поверхности вертикального вибрационного грохота в среде MathCAD. На рис. 3 для примера представлена траектория движения частицы по сити вертикального вибрационного грохота при начальных условиях $r = 400$ мм; $A = 2,002$ мм; $\alpha = 8$ град.; $\beta = 45$ град.; $\omega = 24$ Гц; $\Gamma = 2,04$. Частица движется с постоянным приращением радиуса r согласно (13).

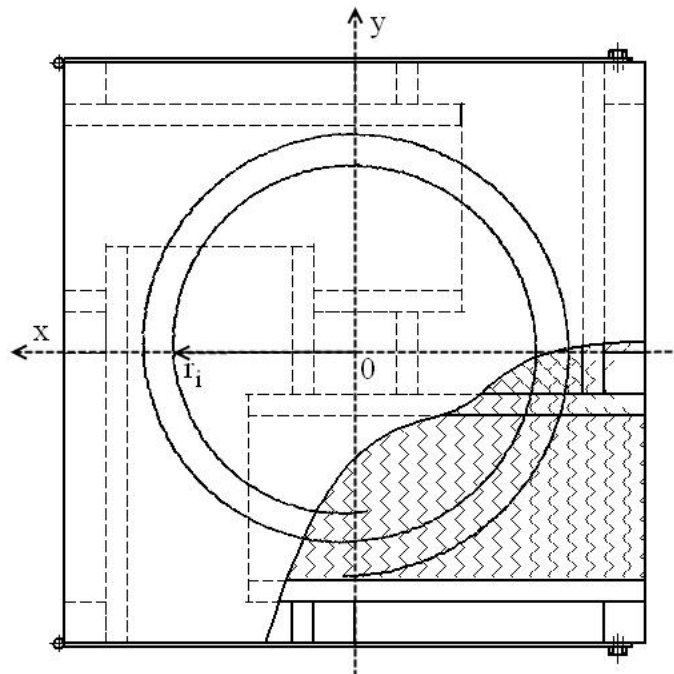


Рис. 3. Траектория движения материальной частицы по сити ВВГ

Таким образом, представленные аналитические выражения для определения траектории движения частицы горной массы на просеивающей поверхно-

Підготовчі процеси збагачення

сти вертикального вібраційного грохота дозволяють дослідити шлях переміщення частинок матеріалу різної маси і густоти.

Висновки. Прийнята в конструкції вертикального вібраційного грохота компоновка приводу забезпечує реалізацію додаткових к продольним регульованих поперечних коливань просіваючої поверхні. Таким чином характер коливань призводить до траєкторій переміщення частинок гірної маси по спіралі. При цьому збільшується довжина шляху переміщення матеріалу і за рахунок цього підвищується ефективність його просіювання.

Список літератури

1. Пат. № 53632 UA, МПК⁸ В 07 В 1/40 (2006.01). Вертикальний вібраційний грохот / Надутий В.П., Левченко П.В., Кіжло Л.А.; заявник і патентовласник ІГТМ НАНУ; Заявл. 26.04.2010; Опубл. 11.10.2010, Бюл. № 19. – 3 с.
2. Пат. № 62641 UA, МПК⁸ В 07 В 1/40 (2006.01). Вертикальний вібраційний грохот-сушарка / Надутий В.П., Левченко П.В.; заявник і патентовласник ІГТМ НАНУ; Заявл. 24.01.2011; Опубл. 12.09.2011, Бюл. № 17. – 4 с.
3. Надутый В.П., Левченко П.В. Определение зависимости эффективности грохочения от конструктивных параметров вертикального вибрационного грохота // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2011. – Вип. 45(86). – С. 43-48.
4. Франчук В.П., Надутый В.П., Левченко П.В. Определение зависимости эффективности грохочения от режимных параметров вертикального вибрационного грохота // Вібрації в техніці та технологіях: Всеукр. наук.-техн. журнал. – 2011. – Вип. 2(62). – С. 73-76.
5. Надутый В.П., Левченко П.В. Результаты экспериментальных исследований зависимости производительности вертикального вибрационного грохота от его конструктивных параметров // Автоматизація виробничих процесів у машинобудуванні та приладобудуванні: Укр. міжвід. наук.-техн. зб. держ. ун-ту "Львівська політехніка". – 2011. – Вип. 45. – С.24-27.
6. Надутый В.П., Левченко П.В. Влияние характеристик горной массы на эффективность классификации вертикального вибрационного грохота // Геотехнічна механіка: Міжвід. зб. наук. праць ІГТМ НАН України. – 2011. – Вип. 93. – С. 81-86.
7. Надутый В.П., Левченко П.В., Хмеленко И.П. Влияние свойств горной массы на производительность вертикального вибрационного грохота // Геотехнічна механіка: Міжвід. зб. наук. праць ІГТМ НАН України. – 2011. – Вип. 94. – С. 23-29.

© Франчук В.П., Надутый В.П., Левченко П.В., 2013

*Надійшла до редколегії 17.04.2013 р.
Рекомендовано до публікації д.т.н. Блюссом Б.О.*