

В.П. ФРАНЧУК, д-р техн. наук, проф., НГУ, Днепропетровск,
В.П. НАДУТЫЙ, д-р техн. наук, проф., НГУ, Днепропетровск,
П.В. ЛЕВЧЕНКО, асп., ИГТМ НАН Украины, Днепропетровск

ПОВЫШЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВИБРОГРОХОТОВ ПУТЕМ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКОЙ СХЕМЫ

В статье приведены теоретические и экспериментальные исследования по разработке динамической схемы вибрационного грохота, которая позволяет повысить технологические показатели процесса классификации существующих и проектных конструкций. Представлены сравнительные зависимости эффективности грохочения и продуктивности предложенной конструкции с инерционным грохотом.

Вибрационная классификация горной массы по крупности является одной из основных операций при переработке минерального сырья. Данная операция получила широкое распространение в различных отраслях промышленности, таких как горная, строительная, металлургическая, химическая, пищевая, а также при переработке техногенного сырья. На всех этих предприятиях эксплуатируется более тысячи различных типоразмеров вибрационных грохотов, отличающиеся как конструктивно, так режимами их работы.

Дальнейшее совершенствование конструкций грохотов является очень актуальной задачей, особенно при классификации горной массы мелких и тонких крупностей. Кроме этого, предъявляются особенные требования к новым конструкциям виброгрохотов в условиях современного рынка горных машин, такие как высокие технологические показатели, низкая энерго- и металлоемкость, а также высокая износостойкость. В такие рамки производство грохотов ставится в обстановке повышающихся требований к качеству производимого сырья и промежуточных продуктов, увеличения переработки низкосортного сырья, а также роста цен на электроэнергию и расходные материалы.

Существенный научный и практический интерес представляют исследования, направленные на изучение возможности использования с целью повышения технологических показателей грохота с пространственным возбуж-

дением просеивающей поверхности. Использование вибрационного дебалансного самосинхронизирующегося привода позволяет создать достаточно простую конструкцию вибромашины, обладающую целым рядом преимуществ: малой энергоемкостью, сложным характером движения рабочего органа, способствующим интенсификации процесса самоочистки сита при классификации трудногрохотимых материалов путем применением в качестве вибрационного привода простых в использовании мотор-вибраторов.

Важным и необходимым условием эффективности процесса классификации является достаточное разрыхление просеиваемого материала. Благодаря вибрационному возбуждению просеивающей поверхности можно уменьшить длину пути частицы внутри слоя материала к поверхности сита, учитывая место их контакта, силу сцепления (адгезия) и внутреннего трения между частицами. При этом процесс вибрационного грохочения включает в себя постоянный обмен импульсами между ситом (поверхностью разделения) и перерабатываемым сырьем. Таким образом, характер вибраций сита имеет большое значение при определении величины дискретного импульса энергии передаваемого отдельной частице материала.

Целью данной работы является разработка динамической схемы виброгрохота с высокими технологическими показателями.

Основным требованием к динамической схеме грохота является обеспечение необходимого, выбранного, из условий оптимального протекания технологических процессов, закона колебаний одной из масс, являющейся ее рабочим органом. При этом динамическая схема должна обеспечить и требуемый уровень основных эксплуатационных свойств вибрационного грохота: стабильность, уравновешенность и коэффициент усиления вынуждающей силы.

На вибрационных грохотах с круговой или эллиптической траекторией колебания вращающийся вектор ускорения просеивающей поверхности оказывает незначительное влияние на транспортирование материала, которое в основном осуществляется под действием силы тяжести. Поэтому данные грохота требуют большого угла наклона сита и как следствие – увеличение габаритных размеров.

Средним звеном между пропускной способностью классификаторов с круговой и эллиптической траекторией колебаний являются вибрационные грохота с направленной траекторией колебаний рабочего органа. Неоспоримыми преимуществами данных машин является однородное по площа-

ди просеивающей поверхности поле колебаний и горизонтальное расположение короба, а для повышения возмущающего усилия привода рационально применение двух и более самосинхронизирующихся вибровозбудителей.

Для повышения технологических показателей на горизонтальных и слабонаклонных грохотах может послужить реализация предлагаемой авторами схемы размещения инерционных самосинхронизирующихся вибровозбудителей (рис. 1), при которой создаются пространственные колебания короба грохота. Динамическая схема состоит из двух дебалансных вибровозбудителей с вращающимся вектором ускорений, расположенных по бортам на расстоянии a от центра масс системы перпендикулярно поперечной оси короба машины. Плоскости вращения дебалансных масс наклонены в противоположные стороны под некоторым углом β к плоскости просеивающей поверхности.

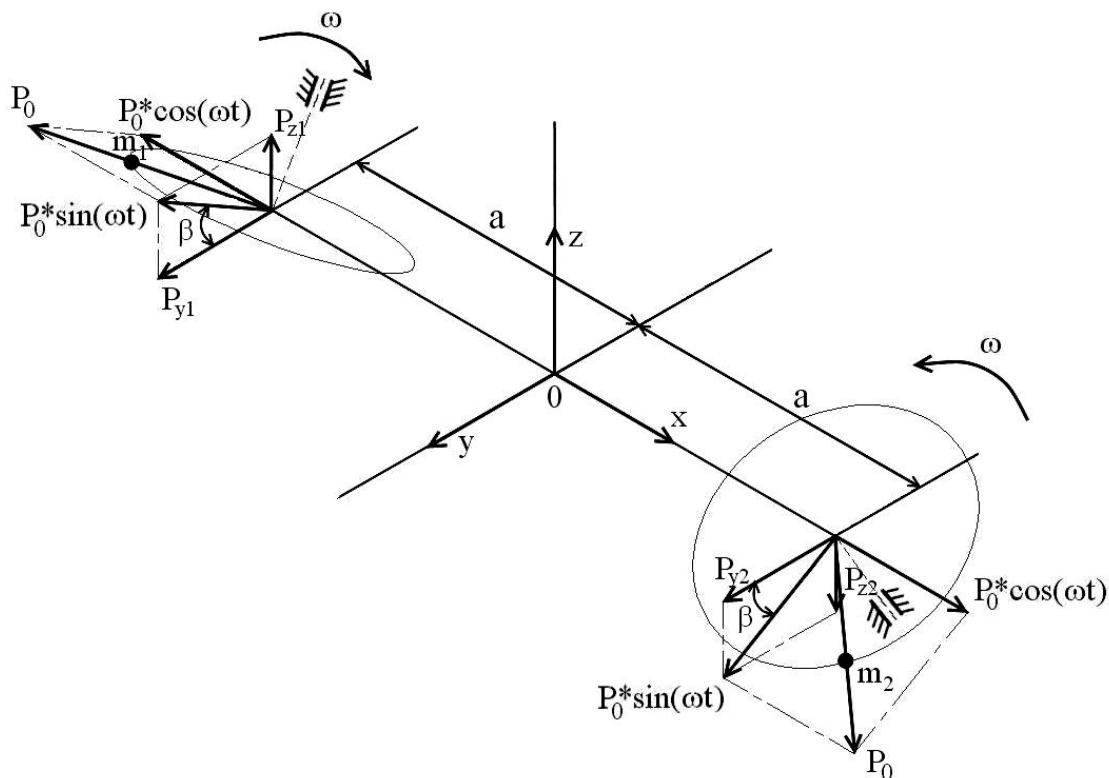


Рис. 1 – Динамическая схема грохота с двумя дебалансными вибровозбудителями

При противофазном вращении валов вибровозбудителей, дебалансы поворачиваются на соответствующие фазные углы $\varphi_1 = \omega \cdot t$ и $\varphi_2 = \pi - \omega \cdot t$, и при равенстве их неуравновешенных масс ($m_1 = m_2$) развивают равные центробежные силы инерции P_0 [1]. Проекции равнодействующих на оси Ox , Oy и Oz будут равны:

$$P_{x1} = P_0 \cdot \cos(\omega \cdot t) \text{ и } P_{x2} = P_0 \cdot \cos(\pi - \omega \cdot t); \quad (1)$$

$$P_{y1} = P_0 \cdot \sin(\omega \cdot t) \cdot \cos(\beta) \text{ и } P_{y2} = P_0 \cdot \sin(\pi - \omega \cdot t) \cdot \cos(-\beta); \quad (2)$$

$$P_{z1} = P_0 \cdot \sin(\omega \cdot t) \cdot \sin(\beta) \text{ и } P_{z2} = P_0 \cdot \sin(\pi - \omega \cdot t) \cdot \sin(-\beta). \quad (3)$$

Суммы проекций всех сил на каждую из трех координатных осей и сумма их моментов относительно центра (точка O), лежащего в плоскости действия сил представлены системами уравнений:

$$\begin{cases} \sum X = P_{x1} + P_{x2} = P_0 \cdot \cos(\omega \cdot t) + P_0 \cdot \cos(\pi - \omega \cdot t) = 0 \\ \sum Y = P_{y1} + P_{y2} = P_0 \cdot \sin(\omega \cdot t) \cdot \cos(\beta) + P_0 \cdot \sin(\pi - \omega \cdot t) \cdot \cos(-\beta) = \\ = 2 \cdot P_0 \cdot \sin(\omega \cdot t) \cdot \cos(\beta) \\ \sum Z = P_{z1} + P_{z2} = P_0 \cdot \sin(\omega \cdot t) \cdot \sin(\beta) + P_0 \cdot \sin(\pi - \omega \cdot t) \cdot \sin(-\beta) = 0 \end{cases} \quad (4)$$

$$\begin{cases} \sum M_x = 0 \\ \sum M_y = P_{z1} \cdot a + P_{z2} \cdot a = P_0 \cdot \sin(\omega \cdot t) \cdot \sin(\beta) \cdot a + \\ + P_0 \cdot \sin(\pi - \omega \cdot t) \cdot \sin(-\beta) \cdot a = 2 \cdot P_0 \cdot \sin(\omega \cdot t) \cdot \sin(\beta) \cdot a \\ \sum M_z = P_{y1} \cdot a + P_{y2} \cdot a = P_0 \cdot \sin(\omega \cdot t) \cdot \cos(\beta) \cdot a + \\ + P_0 \cdot \sin(\pi - \omega \cdot t) \cdot \cos(-\beta) \cdot a = 2 \cdot P_0 \cdot \sin(\omega \cdot t) \cdot \cos(\beta) \cdot a \end{cases} \quad (5)$$

Для упрощения анализа основных закономерностей движения просеивающей поверхности примем допущение – короб грохота является абсолютно жестким телом. Таким образом, действием изгибающего момента $2 \cdot P_0 \cdot \sin(\omega \cdot t) \cdot \cos(\beta) \cdot a$ относительно оси Oz системы уравнений (2) можно пренебречь.

Следует отметить, что момент пары сил $2 \cdot P_0 \cdot \sin(\omega \cdot t) \cdot \sin(\beta) \cdot a$ равный по модулю произведению модуля одной из сил на плечо пары ($2 \cdot a$) [2].

Из систем уравнений (4) и (5) следует, что при работе вибропривода на короб грохота действует гармоническая возмущающая сила $2 \cdot P_0 \cdot \sin(\omega \cdot t) \cdot \cos(\beta)$ и момент $2 \cdot P_0 \cdot \sin(\omega \cdot t) \cdot \sin(\beta) \cdot a$, направленные соответственно вдоль и вокруг оси Oy , создающие поступательные поворотные колебания грохота вдоль продольной плоскости.

Следующим этапом исследований являлось проведение сравнительных испытаний технологических показателей виброгрохота с круговой траекто-

рией колебаний и с предложенной динамической схемой. Экспериментальный стенд-грохот, представленный на рис. 2, состоит из установленного на опорной раме 1 через упругие амортизаторы 2 короба 3 с просеивающей поверхностью 4. Смонтированный вибропривод 5 предназначен для создания пространственных колебаний короба, а вибровозбудитель 6 – для круговых. В качестве виброприводов как первой, так и второй схемы применялись ЭВ 634УЗ ($P_{ном} = 0,12кВт$, $\omega_{ном} = 1500 об/мин$).

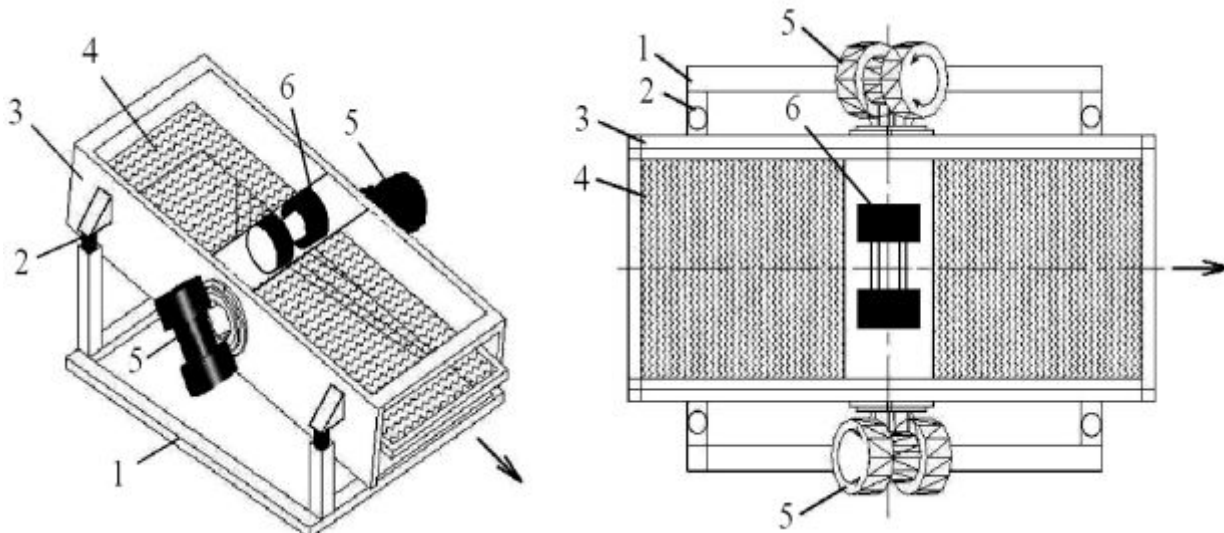


Рис. 2 – Конструкция экспериментального стенда-грохота: 1– рама; 2 – амортизаторы; 3 – короб; 4 – просеивающая поверхность; 5 – вибропривод (усовершенствованный); 6 – инерционный вибровозбудитель.

Результаты сравнительных испытаний при разделении гранитного отсева (класс -10 мм) массой 50кг представлены в виде графиков зависимости технологических показателей процесса – производительности грохота по исходному питанию и эффективности процесса классификации с пространственной (Q_n и E_n) и вращательной (Q_v и E_v) траекторией колебаний рабочего органа.

Зависимость технологических показателей процесса классификации от частоты вращения вала вибровозбудителя ω (об/мин) представлена на рис. 3, из которого видно, что характер зависимости, как при круговых, так и при пространственных колебаниях короба, одинаков. Следует отметить, что эффективность грохочения гранитного отсева на всем исследуемом диапазоне ω при работе грохота с предложенной динамической схемой на 7 – 10 % выше, при большей на 2 – 3 % производительности по исходному питанию (в пределах частот $1300 \leq \omega \leq 1800 об/мин$).

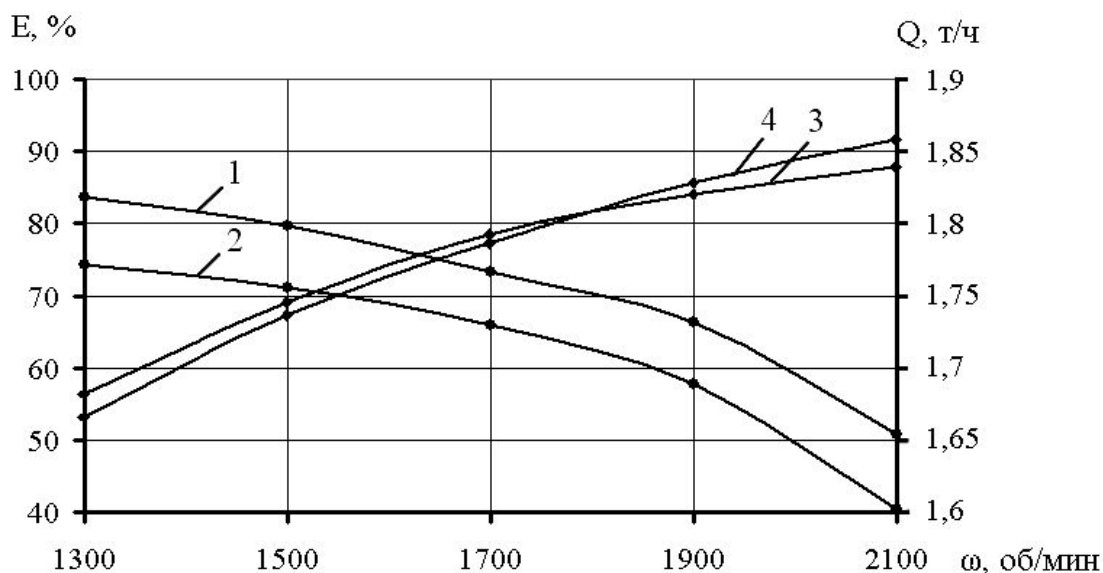


Рис. 3 – Зависимость технологических показателей от частоты вращения вала вибро-возбудителя: 1 – $E_n(\omega)$; 2 – $E_e(\omega)$; 3 – $Q_n(\omega)$; 4 – $Q_e(\omega)$

На рис. 4 показана экспериментальная зависимость технологических показателей процесса грохочения от влажности разделяемого материала.

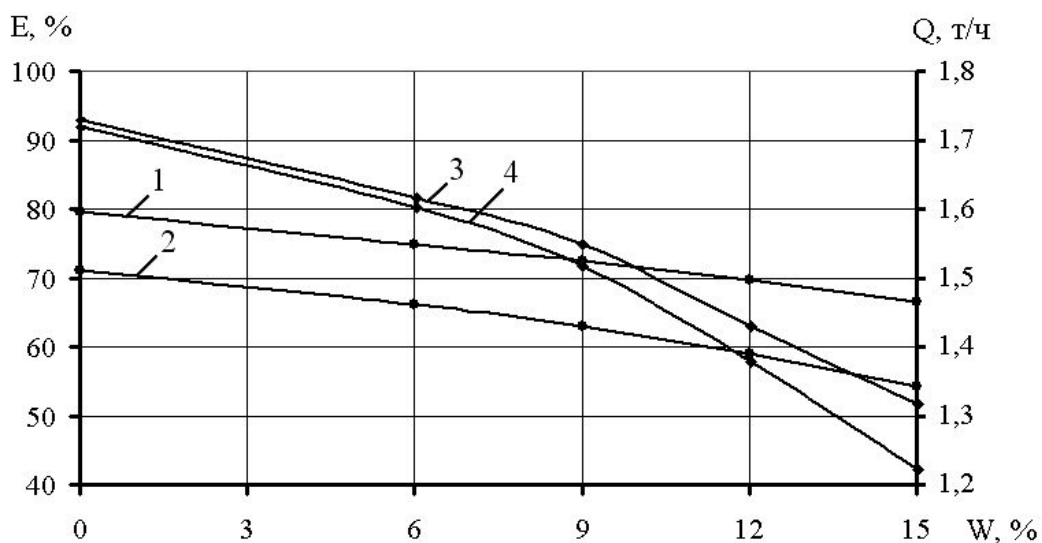


Рис. 4 – Зависимость технологических показателей от влажности грохотимого материала: 1 – $E_n(W)$; 2 – $E_e(W)$; 3 – $Q_n(W)$; 4 – $Q_e(W)$

Как и на предыдущем графике, зависимость эффективности классификации у схемы грохота с пространственными колебаниями просеивающей поверхности выше, чем с круговыми. Существенное отличие данного показателя (10 – 12 %) отмечается при разделении материала с содержанием влаги свыше 9 %. При этом наблюдается значительное повышение разницы между

производительностями исследуемых динамических схем, которая достигает отметки в 8 % при грохочении гранитного отсева с влажностью ≈ 15 %.

Выводы.

Предлагаемая динамическая схема грохота с двумя самосинхронизирующимися инерционными вибровозбудителями работающие в противофазном режиме, позволяет создать поступательные поворотные колебания короба грохота вдоль своей продольной плоскости.

Интенсификация движения зерен по просеивающей поверхности в продольном и поперечном направлениях, то есть движение зерен по зигзагообразным траекториям, позволяет увеличить длину пути прохождения зерен по просеивающей поверхности и более эффективно использовать площадь сита по его длине. При этом повышаются технологические показатели процесса классификации.

Список литературы: 1. Вибрации в технике: справочник / [Под ред. Э.Э. Лавендела]. – М.: Машиностроение, 1981. – Т. 4: Вибрационные процессы и машины. – 1981. – 509 с. 2. Бухгольц Н.Н. Основы курса теоретической механики. / Н.Н. Бухгольц. – М., Наука, 1969. – Часть 1: Кинематика, статика, динамика материальной точки. – 1969. – 468 с.

Поступила в редколлегию 20.08.12

УДК 622.74: 621.928.235

Повышение технологических показателей виброгрохотов путем совершенствования динамической схемы / В.П. ФРАНЧУК, В.П. НАДУТЫЙ, П.В. ЛЕВЧЕНКО // Вісник НТУ «ХПІ». – 2012. – № 59 (965). – (Серія: Хімія, хімічна технологія та екологія). – С. 132 – 138. – Бібліогр.: 2 назв.

В статті представлені теоретичні та експериментальні дослідження з розробки динамічної схеми вібраційного грохота, яка дозволяє підвищити технологічні показники процесу класифікації існуючих та проєктованих конструкцій. Представлені порівняльні залежності ефективності грохочення та продуктивності запропонованої конструкції з інерційним грохотом.

In the articles presented theoretical and experimental researches are from development of dynamic chart of screen oscillation that allows promoting the technological parameter of classification process of existent and designed constructions. The presented comparative dependences of screening efficiency and productivity of the offered construction are with an inertia screen.