

3. А.С. № 806870 СССР, Е 21 D 13/02. Способ подготовки горной выработки для перехода очистным механизированным комплексом / С.И.Соколов, М.С. Алексеев, Ф.А. Карасев, Л.М. Гельфанд/ СССР/ 1981.
4. А.С. № 1314091 СССР, Е 21 D 13/02. Способ подготовки горной выработки для перехода очистным механизированным комплексом / М.М. Тютюнников, В.П. Шишкин / СССР/ 1987.
5. Хаерман Х., Бурен Э. Переход лавы через погашенный пластовый штрек. // Глюкауф №2 1985 г.
6. Чураков В.Н. Опыт перехода механизированного комплекса через сбойку. // Уголь Украины №10 1982 г.
7. Халимендик Ю.М., Воронин С.А., Винник А.М. Переход лавой выработки в условиях шахты «Юбилейная» ОАО «Павлоградуголь». // Науковий вісник НГУ №2 2008 р.
8. Martin Junker et al. Gebirgsbeherrschung von Flözstrecken. – Verlag Glückauf. GmbH. Essen, 2006. – 560 с.

**УДК 532.5.536.2**

Асп. И.П. Хмеленко  
(ИГТМ НАН Украины)

### **ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ ВЫБОРА РЕЖИМНЫХ И КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ГРОХОТА ПРИ ТОНКОЙ КЛАССИФИКАЦИИ ГОРНОЙ МАССЫ**

Представлено результати досліджень розділення матеріалів тонкого класу. Результати вказують на необхідність частотного і амплітудного регулювання процесу просіювання різних матеріалів. Запропоновано віброударний режим для підвищення ефективності грохочення.

### **SUBSTANTIATION OF NECESSITY OF THE CHOICE REGIME AND ROAR DESIGN DATA AT THIN CLASSIFICATION OF ROCK MASS**

The researches results of the thin class materials division are presented. The results specify on necessity of the frequency and peak regulation of the sifting process for a various materials. It is offered the vibrating shocking mode for increase an efficiency screening.

Особенностью совершенствования технологии и оборудования по переработке минерального сырья, главным образом на последних стадиях получения конечного продукта, является снижение отходов производства за счет вовлечения в процесс переработки особо тонкой по крупности горной массы. Такой подход позволяет значительно сократить потери полезных компонентов в добытой горной массе в отходы, а существующие их накопители оценить с точки зрения более глубокого дообогащения, извлечения дополнительного количества полезных ископаемых и организации безотходной технологии переработки добываемой горной массы. Миллионные запасы шламохранилищ после обогащения угля, хвостохранилищ после обогащения руд черных, цветных металлов и рассыпных месторождений, отсеков после переработки нерудных строительных материалов при углублении технологии их обогащения на микронный уровень превращаются в техногенные месторождения, разработка которых кроме высокой экономической целесообразности имеет огромный экологический и социальный эффект (оздоровление окружающей среды, дополнительная прибыль и добавочные рабочие места).

Для решения этой проблемы ведутся исследования и разработки новых схем и способов обогащения шламов. Серийное производство классифици-

рующего оборудования не соответствует технологическим требованиям сегодня. Остаются не реализованными возможности его совершенствования.

Важной составляющей новой технологии является тонкое грохочение в пределах крупностей разделения  $1,0 \div 0,04$  мм. Это обусловлено природой раскрытия минералов в рудах ( $70 \div 40$  мкм), наличием до 50 % угольной массы шламохранилища (крупностью менее 200 мкм) и значительного количества пригодных для строительства материалов в отсевах (менее 1,0 мм) нерудных материалов. К этому необходимо добавить, что химическое производство полностью построено на тонких и сверхтонких крупностях составляющих конечных продуктов.

В Институте геотехнической механики НАН Украины большое количество работ посвящается тонкому грохочению и возможности совершенствования обогащения тонкодисперсных полезных ископаемых на различных этапах технологического процесса. Выполненный объем исследований позволил разработать параметрический ряд вибрационных грохотов тонкой классификации, которые позволяют высокоэффективно разделять пульпу до 40 мкм [1, 2]. Предложенная конструкция грохота имеет пять типоразмеров (производительностью от 500 кг/ч до 20 т/ч).

На основании предлагаемого оборудования разработан и внедрен метод эффективной переработки техногенных отходов руды, углеобогащения [3, 4].

Целью настоящего исследований является обеспечение адаптации виброгрохота к различным условиям эксплуатации, которые обусловлены физико-механическими свойствами перерабатываемой горной массы (плотность, абразивность, пульпа или сухой материал, влияние влажности сыпучей горной массы). Существенным оказался тот факт, что для получения высокой эффективности разделения на грохоте одной и той же конструкции необходимо обеспечить регулировку прежде всего режимных параметров (частоты возбуждения и амплитуды колебания). Выполненный комплекс исследований, результаты которого представлены в таблице 1, указал на необходимость частотного и амплитудного регулирования процесса просеивания различных материалов. При этом частота привода регулируется с помощью частотного регулятора, а амплитуда путем разворота дебалансов электромеханического привода. Установлено, что сухое грохочение легких материалов (мел, туф) происходит эффективнее при относительно низких частотах и увеличенных амплитудах привода.

Для эффективного использования тонкого грохочения существенным является определение рационального или оптимального класса крупности при переработке техногенного месторождения. В этом случае обязательное условие – предварительное определение ситового и минералогического состава запасов месторождения и выделение из общей массы класса крупности с наибольшим содержанием полезного продукта в виде концентрата. При этом возможны варианты объединения нескольких классов в один конечный продукт. С использованием тонкого вибрационного грохочения разработан метод оценки качества шламов из илонакопителей [5] и метод определения ситового

состава и запасов угля в шламохранилище [6]. Эти методы позволяют выявить ситовой и вещественный состав (по углю и золе) шламохранилища и принять техническое решение выбора класса крупности при вибрационной переработке шламов на грохоте с выходом угольного концентрата низкой зольности. Методы позволяют выполнить такой анализ как по площади, так и по объему шламохранилища.

Таблица 1 –Результаты определения эффективности грохочения при различных режимах процесса, крупностью 50 мкм.

| Вид горной массы     | Показатели режима |             | Эффективность, % |            |        | Примечание    |
|----------------------|-------------------|-------------|------------------|------------|--------|---------------|
|                      | Амплитуда, мм     | Частота, Гц | Сухой            | Влажный, % | Пульпа |               |
| Угольный шлам        | 1,5÷2,0           | 25          | 75               | –          | 65     | Т:Ж=1:3       |
| Хвосты железной руды | 1,5÷2,0           | 25          | 80               | –          | 72     | Т:Ж=1:3       |
| Песок                | 2,5÷3,0           | 20          | 75               | 40         | 70     | Влажность 4 % |
| Гранитный отсев      | 1,5÷2,0           | 25          | 55               | –          | 60     | Т:Ж=1:4       |
| Базальтовая мелочь   | 1,5               | 19,7        | 54               | –          | 50     | Т:Ж=1:3       |
| Туф                  | 2,0               | 20          | 71               | –          | 65     | Т:Ж=1:5       |
| Мел                  | 5,0               | 16          | 70               | –          | –      | –             |
| Кокс                 | 2,0               | 19,7        | 61               | –          | –      | –             |

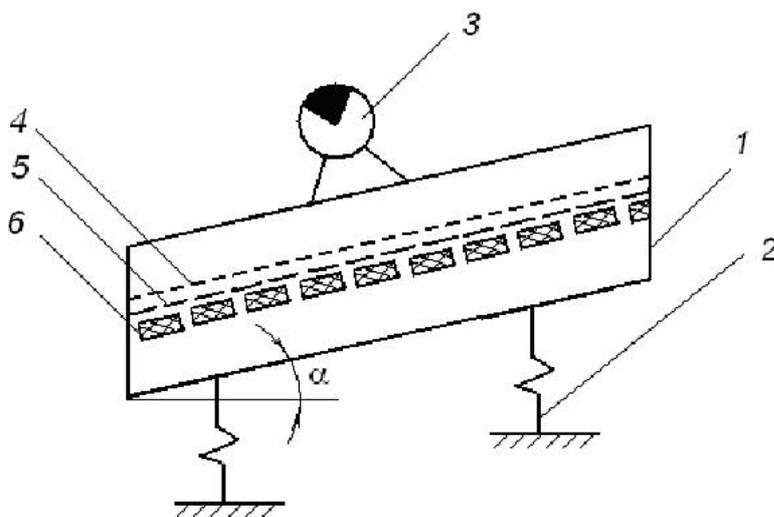
Поскольку существенная часть измельченной горной массы поступает на грохочение в виде пульпы, то актуальными являлись исследования истечения жидкости через тонкоячеистое сито, так как в этом случае кроме низкого живого сечения сита большую роль играет поверхностное натяжение мениска жидкости в ячейке сита [7]. Образующаяся в ячейках сита пленка жидкости препятствует свободному истечению частиц через него, что значительно снижает эффективность классификации при грохочении и процессе обезвоживания надрешетного продукта. Практикой эксплуатации различных просеивающих поверхностей при классификации пульп отмечается необходимость интенсивного динамического возбуждения просеивающей поверхности, однако режимы такого воздействия зависят от различных факторов: крупности разделения, соотношения твердого и жидкого в пульпе, характера смачиваемости сеющей поверхности и классифицируемых частиц горной массы, амплитудно-частотного режима механического воздействия на процесс, геометрических параметров рабочего органа машины и т.д.

Поскольку параметр вибрации  $\left( \Gamma = \frac{A\omega^2}{g} \right)$  пропорционален квадрату частоты, то частотное регулирование режима виброгрохота для повышения эффективности тонкого грохочения или обезвоживания надрешетного продукта на

грохоте является более эффективным. Промышленными испытаниями установлено, что на всех типоразмерах грохотов при классификации горной массы в виде пульпы, даже при относительно высоком соотношении содержание твердого и жидкого состава (Т:Ж=1:3), обезвоживание надрешетного продукта наступает на расстоянии 1,2÷1,5 м по длине грохота. После чего эффективность грохочения резко падает из-за усилившегося влияния сил поверхностного натяжения жидкости как между частицами горной массы, так и в ячейках сита. Процесс обезвоживания в этом случае также сокращается. Таким образом, площадь сита грохота не используется полностью. Применение орошения над оставшейся частью сита позволяет увеличить эффективность классификации, а для интенсификации процесса обезвоживания надрешетного продукта необходимо увеличить параметр вибрации в 1,5÷2,5 раза, что успешно можно реализовать применением виброударного режима воздействия на просеивающую поверхность грохота.

Предлагаемый грохот конструктивно состоит из рамы рабочего органа в виде короба с двумя ситами и высокочастотного вибровозбудителя. Кинематически такой грохот представляет собой одномассную колебательную систему (рис. 1). Отличительной особенностью которой является наличие резиновых динамически активных сит, установленных на подситник, который выполняет две функции:

– поддерживающую для свободноуложенного на него дополнительного сита (полиамидного с размером ячейки 5–10 раз больше классифицирующего);



1 – короб, 2 – опорные амортизаторы, 3 – вибровозбудитель, 4 – классифицирующее сито, 5 – дополнительное сито, 6 – динамически активное сито

Рис. 1- Кинематическая схема грохота

– вибровозмущающую, в результате которой верхнему классифицирующему сити передаются колебания резиновых лент-струн, усиленных резонансным режимом. Для этого ленты устанавливаются на подситник с предварительным натяжением, обеспечивающим совпадение частоты их собствен-

ных колебаний с частотой вибровозбудителя. Такой режим позволяет реализовать максимальную передачу мощности от вибровозбудителя через колеблющееся сито классифицирующему материалу.

Под действием вынуждающей силы вибровозбудителя 3, короб 1 совершает гармонические колебания. Находящийся на нем слой сыпучего материала в виде виброкипящей массы интенсивно сегрегирует. В результате мелкие частицы перемещаются к просеивающей поверхности, а крупные перемещаются в верхнюю часть слоя. При этом материал движется по ситам в сторону разгрузки грохота. Поскольку эластичные ленты нижнего сита установлены равномерно по длине короба грохота, то дополнительное вибровозбуждение от их ударов по верхнему ситам будет равномерным по всей площади грохота. Амплитуда колебаний эластичных лент в 2–3 раза выше амплитуды колебаний короба грохота за счет резонансного эффекта, поскольку величина натяжения и частота собственных колебаний лент (определяется расчетным путем или плавной регулировкой) совпадают. Обеспечивают совпадение частот привода грохота и эластичных лент, например, частотным регулированием привода. Таким образом, интенсифицируется режим не всей массы короба, а только его просеивающей поверхности без дополнительного подведения мощности. При этом, мощность привода, как минимум, в 5 раз меньше традиционного. Удары от динамически активной эластичной ленточной поверхности нижнего сита через редкое полиамидное сито передаются верхнему тонкому ситам. При этом удельная площадь контакта соударения за счет среднего сита увеличивается, а удар становится не жестким. Однако в случае грохочения пульпы наличие такой рассосредоточенной ударной нагрузки приводит к разрушению водяной пленки в ячейке сита, обусловленной вязкостью жидкости и смачиваемостью металлического сита. Это способствует свободному прохождению тонких твердых частиц через сито вместе с жидкостью и обеспечивает высокую эффективность классификации тонкодисперсных материалов. Увеличенные размеры ячеек промежуточного полиамидного сита не препятствуют свободному прохождению тонкодисперсных частиц.

В то время как на серийных грохотах требуемая амплитуда колебаний сообщается всему коробу. Для этого требуется расход энергии на порядок больше, чем в рекомендуемой конструкции.

Ударные импульсы от эластичных струн передаются верхнему рабочему ситам через полимерное сито и этим снижается концентрация напряжений в металлическом сите по линии соударения. За счет этого увеличивается зона контакта соударения с верхним ситом и его срок службы. Интенсивность износа полиамидного сита очень низкая, поскольку оно изготовлено из значительно более толстых полимерных нитей или лент. Кроме того, стоимость полимерного сита на порядок ниже классифицирующего, поэтому удовлетворяется и экономическая целесообразность использования предложенного решения.

Эффективная работа грохота возможна только при определенных конструктивных параметрах, при которых реализуется устойчивый вибрационный режим движения сит. Поэтому математическое моделирование устойчивости

виброударных режимов работы грохота является актуальной задачей дальнейших исследований.

Конструкция грохота позволяет решить основные проблемы, связанные с тонкой классификацией: повышение эффективности разделения и обезвоживания за счет плавного регулирования параметров грохочения (амплитуды и частоты колебаний), нарушения сплошности потока при обогащении пульпы, использование резонансного режима без увеличения подводимой мощности привода, повышение срока службы сит.

Таким образом, что для обеспечения высоких технологических показателей вибрационного грохочения сухой горной массы и пульпы перспективной является конструкция виброгрохота с динамически активным нижним поддерживающим ситом, обеспечивающим виброударный режим верхнему классифицирующему за счет реализации резонансных эффектов на основе частотного регулирования привода грохота. При этом большое значение при создании грохота нового поколения имеет возможность подбора конструктивных и режимных параметров грохочения для каждого конкретного обогащаемого материала.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анализ конструкций грохотов для тонкой классификации и выбор перспективных разработок для промышленного использования / Надутый В.П., Краснопер В.П. // Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. труд. ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск.– Вып. №2. – 1997. – С.94-98.

2. Новая конструкция грохота для мелкой и тонкой классификации минерального сырья / Надутый В.П., Краснопер В.П. // Перспективы развития горной, угледобывающей и обогатительной отраслей промышленности: Сб. тез. докл. Междунар. научн.–техн. конф. – Краматорск, НКМЗ.–2001. – С. 20–21.

3. Опыт использования виброгрохотов новой конструкции для тонкой классификации минерального сырья / Надутый В.П., Краснопер В.П. // Вібрації в техніці та технологіях: Всеукр. науч.–техн. журнал – Виница.– Вып. №2(34). – 2004. – С.50-52.

4. Обоснование метода определения эффективности разработки техногенных отходов углеобогащения / Надутый В.П.// Збагачення корисних копалин: НГУ – Днепропетровск.– Вып. №29(70)–30(71). – 2007. – С.52-57.

5. Метод оценки качества шламов и илонакопителей /Надутый В.П., Эрперт А.М., Шевченко А.И. // Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. труд. ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск.– Вып №61. – 2006.– С.284-292.

6. Метод определения ситового состава и запасов угля в шламохранилище / Надутый В.П., Хмеленко И.П. // Збагачення корисних копалин: НГУ – Днепропетровск.– Вып. №33(74). – 2008. – С.52-57.

7. Равновесные слои жидкости в капиллярной ситовой ячейке / Надутый В.П., Елисеев В.И., Луценко В.И., Хмеленко И.П. // Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. труд. ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск.– Вып. №74. – 2008. – С.44-54.