

**Л.И. МЕЩЕРЯКОВ**, д-р техн. наук,  
**В.А. НОВОДРАНОВА, А.В. ПРЯДКО**,  
(Украина, Днепропетровск, Государственное ВУЗ "Национальный горный университет")

## **МЕТОДИКА КОНТРОЛЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ СТРУЙНОЙ МЕЛЬНИЦЫ**

Переработка крупнозернистых материалов в тонкодисперсные порошки составляет одну из часто используемых и наиболее сложных технологических операций при обогащении полезных ископаемых, производстве строительных и отделочных материалов, в порошковой металлургии, при производстве катализаторов и адсорбентов, керамики, металлокерамических изделий, наполнителей для пластмасс, резин, лаков и красок, бумаги, а так же пищевых продуктов, лекарственных и косметических средств. При этом качество получаемых продуктов зависит от его дисперсности и однородности [1]. Необходимость повышения дисперсности строительных и других материалов приводит к потребности совершенствования существующего и созданию нового оборудования и технологий для тонкого и сверхтонкого измельчения. Однако с увеличением помольного тонкости продукта с некоторого момента производительность начинает резко снижаться при одновременном увеличении энергетических затрат [2], а, начиная с некоторой критической точки диспергирования для данного материала, дальнейшее измельчение становится практически неосуществимым. Известно, что струйный помол является весьма энергоемким технологическим процессом в производстве минеральных компонентов, вяжущих, порошков наполнителей. Все это заставляет искать пути управления технологиями помола с целью повышения производительности и улучшения качества продукта при снижении энергоемкости процесса.

Проведенные исследования [3-4] показали связь технологических показателей измельчения и акустических параметров. Показано, что производительность мельницы зависит от наполнения струй материалом, поэтому необходимо в ходе мониторинга обеспечивать оптимальную загрузку мельницы материалом.

Установленные закономерности кинетики АС зоны помола в их связи с производительностью струйной мельницы позволили предложить использовать их для разработки системы управления этим процессом.

В аспекте снижения энергетических затрат система регулирования процесса струйного измельчения должна обеспечить своевременную подачу порций загружаемого в струи материала в количестве, достаточном для поддержания оптимальных параметров акустического излучения зоны помола.

*Цель данной работы* – разработка методики использования данных акустического мониторинга струйного измельчения для управления процессом.

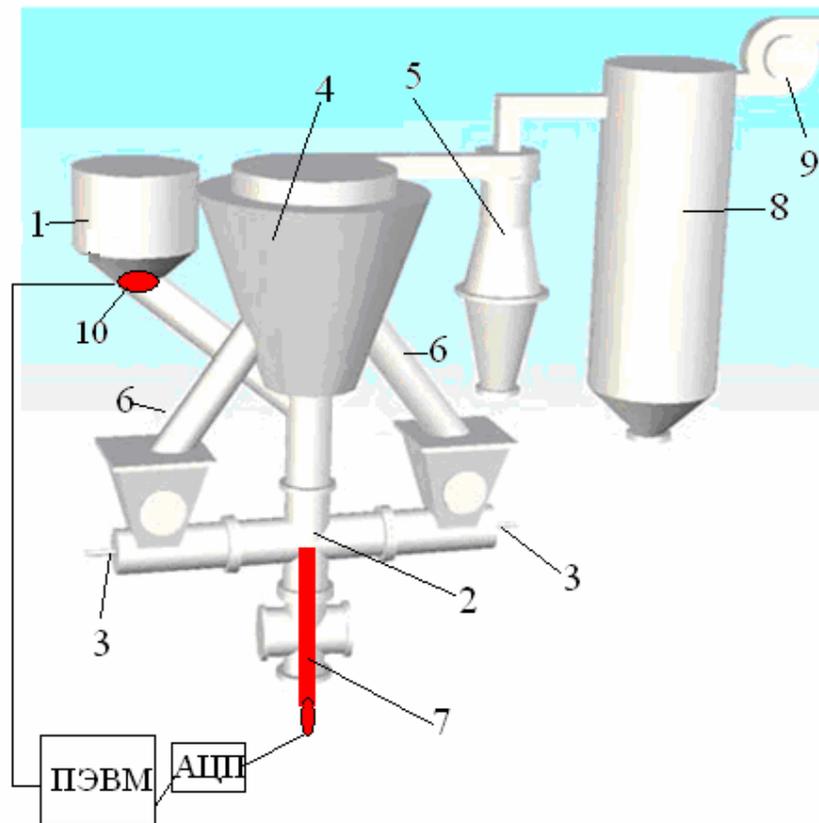


Рис. 1. Принципиальная схема струйной противоточной мельницы:  
1 – бункер исходного материала; 2 – камера помола;  
3 – труба подачи энергоносителя в мельницу; 4 – сепаратор;  
5 – приемник готового продукта; 6 – патрубки возврата материала;  
7 – волновод с акустическим датчиком; 8 – циклон; 9 – вытяжной вентилятор;  
10 – выдвижной клапан

В нижней части камеры помола встроен волновод с датчиком 7 для регистрации акустических сигналов. Сигналы записываются через АЦП в компьютер, анализируются. При нарушении акустического условия оптимальной загрузки камеры (струй материалом) программой управления подается сигнал на выдвижной клапан в бункере загрузки и подается дополнительный материал. При непрерывной загрузке сигнал позволяет увеличивать порции материала, загружаемого в мельницу. Необходимо уточнить исследованиями результатов акустического мониторинга и разработать условия подачи сигнала на дополнительную дозагрузку материалом.

Исследования результатов акустического мониторинга показали зависимость величины амплитуды АС от степени загрузки струй измельчаемым материалом, а, следовательно, от режима измельчения. По значению амплитудно-частотных характеристик АС, записываемых в процессе измельчения, можно четко определить текущий режим измельчения: загрузка материала, рабочий режим, недостаточная заполненность мельницы материалом и недопустимый режим – пустая мельница.

## Підготовчі процеси збагачення

Для анализа акустических характеристик процесса измельчения в ходе мониторинга выбирались сигналы за интервалы 1 с в различных режимах измельчения при частоте регистрации 400 кГц. На первом этапе выбирались характерные частоты сигналов на различных стадиях измельчения. При измельчении сыпучих материалов в лабораторной установке УСИ-20, производительность которой 5-20 кг/ч, установлены характерные частоты акустических сигналов зоны измельчения. Амплитуды сигналов на этих частотах отличаются на режимах загрузки, рабочем режиме и разгрузке камеры, в то время как на остальных частотах амплитуды сигналов на различных режимах отличаются незначительно. На рис. 2 показаны записи амплитудно-частотных характеристик на всем спектре сигналов зоны измельчения на разных режимах измельчения.

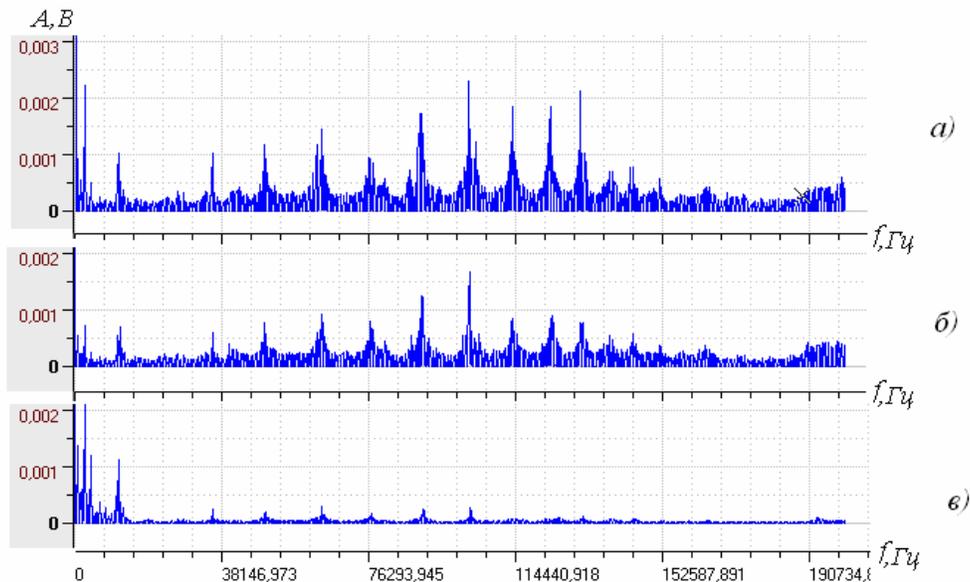


Рис. 2. Записи амплитудно-частотных характеристик сигналов на разных режимах работы мельницы при измельчении кварцевого песка:

- а)* – загрузка мельницы; *б)* – рабочий режим измельчения;  
*в)* – разгрузка мельницы

Максимальные амплитуды сигналов в районе характерных частот изменяются в зависимости от режима на определенную величину. В таблице представлены средние амплитуды сигналов в диапазоне характерных частот для различных режимов измельчения.

| Значения средних амплитуд сигналов на характерных частотах |                           |               |           |
|--|---------------------------|---------------|-----------|
| Средняя частота в диапазоне,<br>$f$ , кГц                  | Амплитуда сигналов $A, B$ |               |           |
|  | загрузка                  | рабочий режим | разгрузка |
| 76   | 0,001                     | 0,0007        | 0,0002    |
| 90   | 0,0017                    | 0,0013        | 0,00023   |
| 102  | 0,0024                    | 0,0015        | 0,0003    |
| 113  | 0,0018                    | 0,0008        | 0,0002    |
| 123  | 0,0018                    | 0,0008        | 0,0002    |
| 131  | 0,0022                    | 0,0007        | 0,0001    |

## Підготовчі процеси збагачення

Проведенные исследования показали, что управление загрузкой можно реализовать по величине амплитуды сигналов в районе характерных частот  $101,9 < \varphi < 103$ . На рис. 3 показаны записи амплитудно – частотных характеристик сигналов разных режимов измельчения в диапазоне характерных частот в зоне измельчения кварцевого песка.

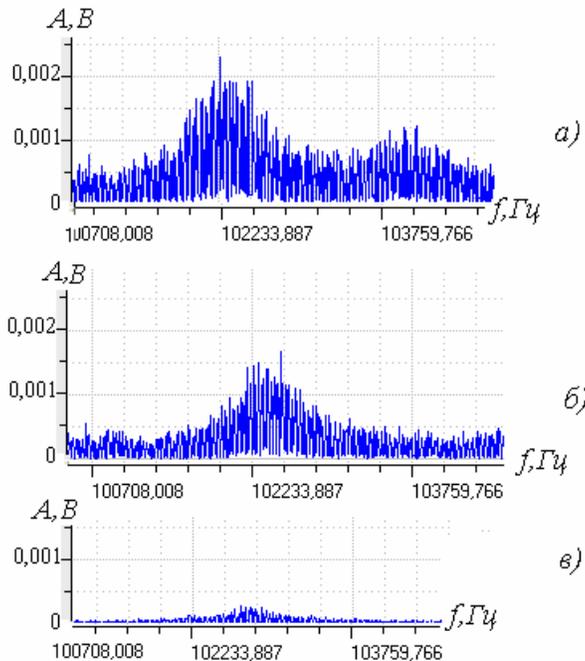


Рис. 3. Распределение амплитуд на характерной частоте при загрузке (а), рабочем режиме (б) и разгрузке струй (в)

Исследования показали несколько путей управления загрузкой струй. Согласно патенту [5] для каждого материала предварительно определяют допустимую величину максимальной амплитуды в зоне измельчения. Затем в ходе мониторинга измеряется текущее значение амплитуды и сравнивается с заданным. В случае отклонения текущих значений амплитуды подается сигнал на изменение величины загрузки струй материалом до достижения амплитуды сигналов нужной величины.

Однако приведенные выше результаты позволяют предложить усовершенствованный алгоритм управления загрузкой: достаточно контролировать величину амплитуды в диапазоне характерных частот для данного материала, например, для кварцевого песка при  $102 < \varphi < 103$  кГц,  $128$  кГц  $< \varphi < 132$  кГц для шлака. Это значительно сокращает и упрощает алгоритм контроля загрузки мельницы на основе результатов акустического мониторинга.

*Выводы и направления дальнейших исследований.* Исследование результатов акустического мониторинга процесса струйного измельчения позволило определить характерные частоты сигналов, в диапазоне которых амплитуды сигналов отличаются при разных режимах измельчения. По амплитудам сигнала

## **Підготовчі процеси збагачення**

лов с информационными частотами можно судить о режиме измельчения и заполненности мельницы материалом.

На основе установленной связи закономерностей изменения технологических параметров процесса струйного измельчения и амплитудно-частотных характеристик данных акустического мониторинга разрабатывается программа управления этим процессом.

### **Список литературы**

1. Упрочнение строительных материалов при обработке в струях / Л.Ж. Горобец, В.В. Коваленко, Н.С. Прядко и др. // Сб. науч. тр. ПолНТУ. – 2009. – Вып. 3(25). – С. 59-66.
2. Выбор критической плотности энергии при тонком измельчении / П.И. Пилов, Л.Ж. Горобец, В.Н. Бовенко и др. // Обогащение руд. – 2007. – № 5. – С. 120-123.
3. Информационная технология получения тонкодисперсных материалов струйным измельчением / Н.С. Прядко, Т.М. Буланая, Л.Ж. Горобец и др. // Системные технологии: региональный межвузовский сборник научных трудов. – 2010. – Вып. 3(58). – С. 40-46.
4. Акустические и технологические характеристики процесса измельчения в струйной мельнице / П.И. Пилов, Л.Ж. Горобец, В.Н. Бовенко и др. // Известия вузов. Горный журнал. – 2009. – №4. – С. 117-121.
5. Патент № 104427 Спосіб моніторингу струминного подрібнення і газоструминній млин / П.І. Пилов, Л.Ж. Горобець, Н.С. Прядко // Опубл. бюл. №3 від 10.02.2014, Заявка № а 2010 16004 від 31.12.2010.

© Мещеряков Л.И., Новодранова В.А., Прядко А.В., 2013

*Надійшла до редколегії 03.12.2013 р.*

*Рекомендовано до публікації д.т.н. І.К. Младецьким*