

УДК 622.73

**Н.С. ПРЯДКО**, д-р техн. наук,

**Е.В. ТЕРНОВАЯ**

(Украина, Днепр, Институт технической механики НАН и ГКА Украины)

### **ПРОГНОЗ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ПРОДУКТОВ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ПРИ ОБОГАЩЕНИИ МАГНИТИТОВЫХ КВАРЦИТОВ НА ОСНОВЕ АКУСТИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА**

*Постановка проблемы.* Анализ гранулометрического состава порошков и связанные с ним показатели являются распространенным методом исследований свойств веществ, материалов и изделий во многих технологических процессах. Разработка и создание методов и средств контроля является одним из основных направлений научно-технических разработок, которые должны обеспечиваться точностью измерений. В связи с высоким темпом научно-технического прогресса наблюдается тенденция роста требований к точности и достоверности контроля с использованием вычислительной техники. На основании этого актуальной задачей является контроль качества продуктов измельчения на основе связи акустических параметров сигналов с крупностью частиц материала.

Основой бесконтактного контроля дисперсности материала в потоке является акустический мониторинг процесса и установленные связи размера частиц с акустическими характеристиками. На основании проведенных ранее экспериментальных исследований [1, 2] установлены характерные частоты сигналов для различных материалов (шлак, шамот и кварц) разной крупности, при этом эксперименты проводились на материалах полученных после струйного измельчения. Однако необходимо проверить установленные параметры акустических сигналов для других материалов при измельчении в шаровой мельнице и на основании этого разработать алгоритм прогнозирования качества измельченного продукта по предварительному анализу результатов акустического мониторинга.

*Цель работы* заключается в экспериментальной проверке в ранее установленной связи параметров акустических сигналов с дисперсностью материала.

*Содержание исследований.* Экспериментальные исследования проводились на продуктах, полученных во второй и третьей стадии измельчения магнетитовых кварцитов в шаровых мельницах ПАТ "СевГОКа". Акустический мониторинг проводился на установке, описанной в [1, 2] по методике, изложенной в [3].

Гранулометрический состав исследуемых продуктов приведен в таблице 1.

Таблиця 1

Классы крупности, мм	+2,5	-2,5+1,6	-1,6+1	-1+0,63	-0,63+0,4	-0,4+0,315	-0,315+0,2	-0,2+0,16	-0,16+0,1	-0,1+0,063	-0,063+0,05	-0,05
Содержание, %	2 стадия											
	0,0	0,26	1,34	1,84	2,14	2,26	5,64	7,40	63,14	5,90	9,04	1,04
	3 стадия											
	0,0	0,0	0,0	0,0	2,06	2,15	1,7	1,17	76,5	6,42	8,8	1,2

При проведении акустического мониторинга процесса транспортирования анализируемых продуктов и их узких фракций в зону измерения использовалась установка ИТМ НАНУ и ГКАУ (Гранулометр-1,2), в которой двухфазный поток подавался с постоянным давлением  $P = 0,3$  МПа. Система акустических сигналов состояла из волномера, помещенного в двухфазный поток и с пьезо-керамическим датчиком, АЦП и компьютером. Сигналы, фиксируемые волноводом, передавались и анализировались по созданной методике.

Ранее исследованиями связи акустических сигналов с дисперсностью сыпучих материалов, транспортируемых в потоке энергоносителя, было установлено [4], что диапазон частот характеризующих крупность частиц располагается в пределах 40-90 кГц. На рис. 1 изображен спектр частот при транспортировке взвеси промпродукт магнетитового кварцита после 2 стадии измельчения.

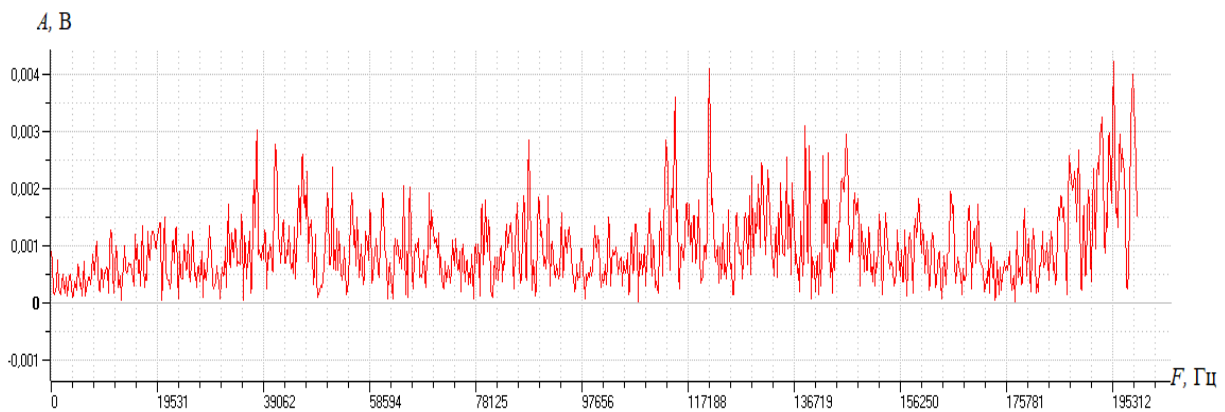


Рис. 1. Спектр частот сигналов акустического мониторинга взвеси промпродукта второй стадии обогащения магнетитовых кварцитов

В данном исследовании рассматривались отдельно дисперсный поток промпродукта и его узких фракций. Анализ сигналов при транспортировании узких фракций промпродукта позволил установить характерные частоты, соответствующие каждой из них (см. табл. 1). С учетом выявленных характерных частот сигналов для узких классов крупности был проведен анализ дисперсии этих характерных частот при транспортировании смеси материала (промпродукта) по методике, изложенной в [4]. А именно, вычисленная дисперсия характерной частоты сигналов для каждой фракции нормировалась величиной характерной частоты. Наполнялась база данных параметров акустических сиг-

## Підготовчі процеси збагачення

налов, записаних при транспортуванні однієї маси існуючих фракцій в матеріалі.

Акустичний моніторинг транспортування в потоці повітря ( $P = 0,3$  МПа) проводився для однакових фракцій промпродукта другої і концентрата третьої стадії измельчення. Всі отримані дані для фракцій промпродукта по плюсу (остатків на ситі) 2 стадії приведені в таблиці 2.

Таблиця 2

Крупність, мм	Частота, кГц	Амплітуда, В	Дисперсія, кГц	Нормована дисперсія*10 <sup>2</sup>
0,05	51	0,0024	1,028	1,99
0,1	41	0,00247	1,368	3,34
0,063	46	0,0026	0,754	1,64
0,4	79	0,0018	0,641	0,81
0,315	61	0,0019	0,663	1,08
0,2	69	0,0019	0,977	1,42

Установлено зв'язок вмісту вузьких фракцій матеріалу в суміші промпродукта після другої стадії измельчення і дисперсії характерної частоти сигналів (см. рис. 2) в вигляді рівняння:

$$\gamma = 13,743disp^2 - 30,607disp + 19,584; R^2 = 0,993 \quad (1)$$

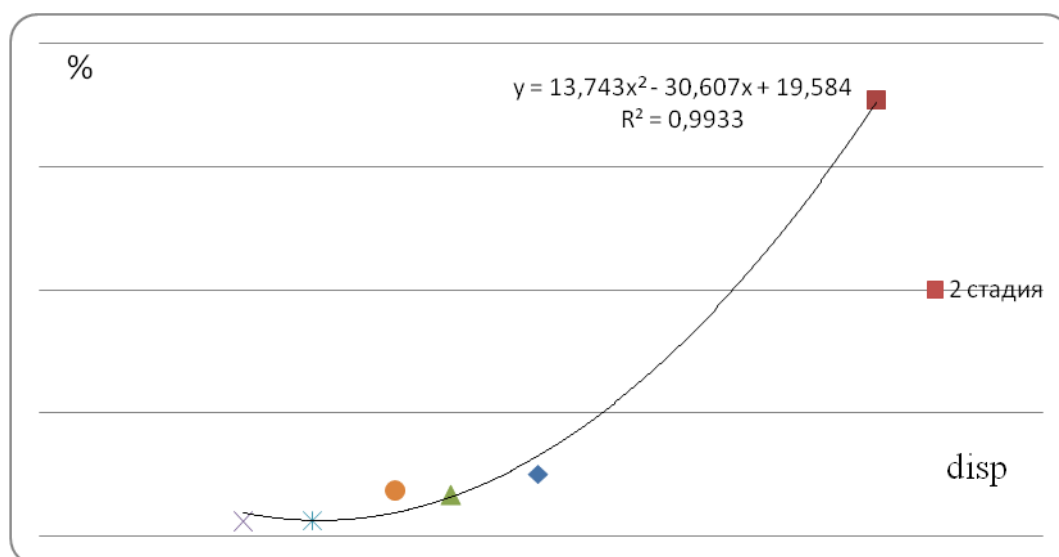


Рис. 2. Зв'язок вмісту вузьких фракцій матеріалу в суміші промпродукта після другої стадії измельчення і дисперсії характерної частоти сигналів

Знаючи характерні частоти сигналів для фракцій промпродукта магнетитового кварциту після другої стадії измельчення, проаналізуємо акустичні сигнали, отримані при транспортуванні концентрата третьої стадії измельчення. Ураховуємо при цьому, що досліджуєму матеріалу після 2 і 3 стадій измельчення (промпродукт і концентрат, відповідно) по своїм основ-

ним свойствам один и то же, отличается только дисперсностью, а именно, гранулометрическим составом.

На рисунке 3 изображен спектр частот сигналов, записанных при транспортировании концентрата магнетитового кварцита после третьей стадии измельчения в шаровой мельнице.

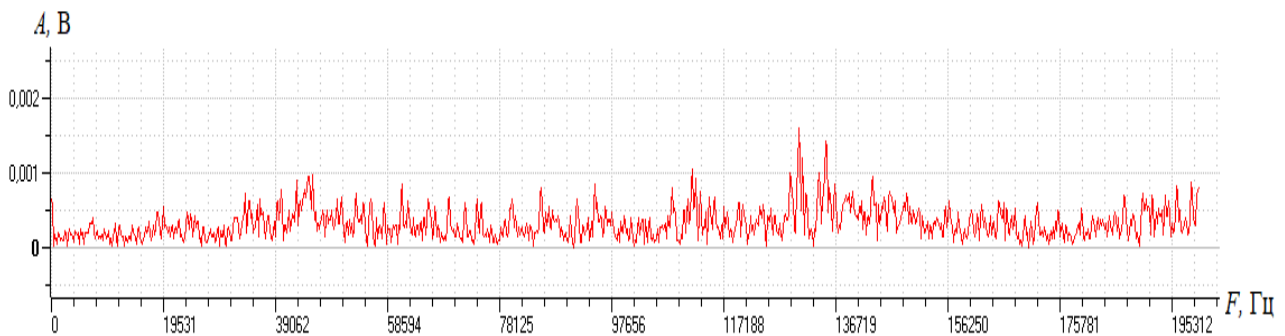


Рис. 3. Спектр частот сигналов при транспортировании концентрата магнетитового кварцита после третьей стадии измельчения в шаровой мельнице

Анализ данного спектра сигналов позволил выявить наличие узких фракций материала в смеси по характерным частотам, а так же установить дисперсию характерных частот. Полученные данные приведены в таблице 3.

*Таблица 3*

Крупность, мм	Частота, кГц	Амплитуда, В	Дисперсия, кГц	Нормированная дисперсия*10 <sup>2</sup>
0,05	51	0,00065	1,003	1,97
0,1	41	0,00085	1,568	3,73
0,063	46	0,00096	0,804	1,75
0,4	79	0,00067	0,541	0,68
0,315	61	0,00086	0,527	0,86
0,2	69	0,00067	0,616	0,89

На основании вычисленных дисперсий характерных частот и с помощью уравнения (1) спрогнозируем гранулометрический состав концентрата магнетитового кварцита после третьей стадии измельчения.

На рисунке 4 представлены кривые расчетных и экспериментально определенных выходов классов гранулометрического состава концентрата магнетитового кварцита после третьей стадии измельчения в шаровой мельнице.

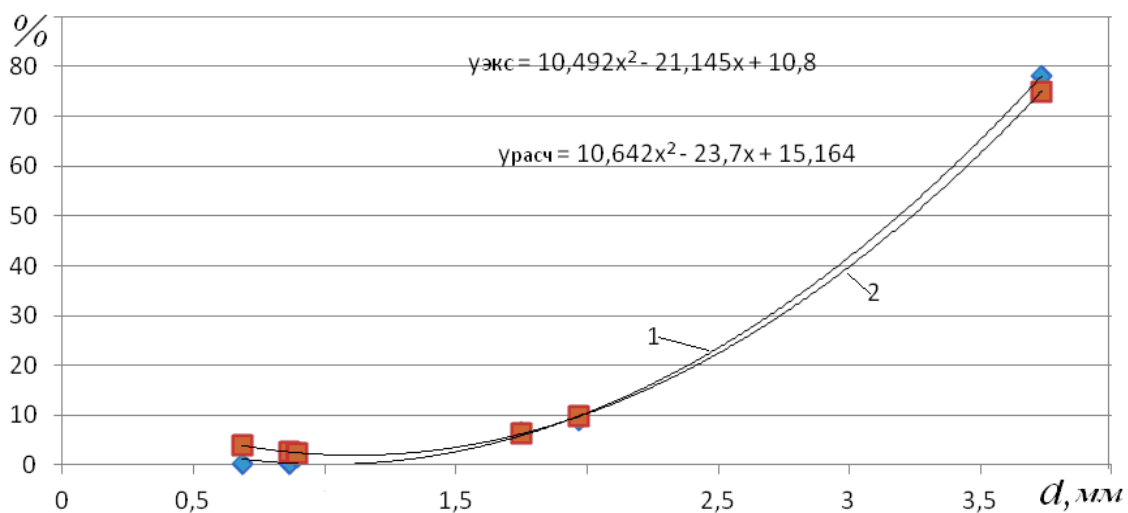


Рис. 4. Сравнение экспериментальных (1) и расчетных (2) значений содержания фракций в смеси концентрата

Исследования показали хорошее совпадение (погрешность  $R = 0,99$ ) расчетных значений содержания узких фракций в концентрате с экспериментальными.

### Выводы

С помощью вычисления дисперсии характерных частот акустических сигналов возможно прогнозирование гранулометрического состава материала в потоке по предварительным результатам акустического мониторинга транспортирования заданного материала в потоке. Полученные результаты подтверждают корректность разработанного метода определения гранулометрического состава измельченного сыпучего материала в потоке энергоносителя.

### Список литературы

1. Терновая Е.В. Анализ частот сигналов при транспортировании и измельчении сыпучих материалов в потоке // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2016. – Вип. 63(104). – С. 59-65.
2. Прядко Н.С., Терновая Е.В. Экспериментальные исследования характеристик акустических сигналов при транспортировании материалов в установках «Гранулометр» // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2016. – Вип. 64(105). – С. 111-118.
3. Горобец Л.Ж., Бовенко В.Н., Прядко Н.С. Акустический метод исследования процесса измельчения // Обогащение руд. – 2013. – № 3. – С. 30-37.
4. Прядко Н.С., Терновая Е.В. Установление возможности оценки фракционного состава сыпучих материалов по частотным характеристикам акустических сигналов в потоке // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2017. – Вип. 67(108). – С. 161-168.

© Прядко Н.С., Терновая Е.В., 2017

Надійшла до редколегії 30.10.2017 р.  
Рекомендовано до публікації д.т.н. П.І. Піловим