

УДК 622.73

Е.В. ТЕРНОВАЯ,

Н.С. ПРЯДКО, д-р техн. наук

(Украина, Днепропетровск, Институт технической механики НАН Украины)

УСТАНОВЛЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ОЦЕНКИ ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ ПО ЧАСТОТНЫМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ АКУСТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ В ПОТОКЕ

Постановка проблемы. Важной направлением совершенствования технологии струйного измельчения является развитие методов своевременного и без остановки процесса определения средней крупности готового продукта и контроля наличия частиц класса крупнее контрольного. Поэтому актуальной задачей является исследование связей крупности частиц в потоке материала с амплитудно-частотными характеристиками сигналов при акустическом мониторинге процесса.

Анализ последних достижений. Известны различные способы определения гранулометрического состава материалов [1]. Основой бесконтактного контроля дисперсности материала в потоке является акустический мониторинг процесса и установленные связи размера частиц с акустическими характеристиками [2-4]. Разработан метод оптимизации технологии струйного измельчения на основе использования явления акустической эмиссии при разрушении твердых тел для мониторинга процесса измельчения. Установлены зависимости амплитуды сигналов от технологических режимов измельчения и размеров частиц при транспортировании материала в потоке энергоносителя и струйном измельчении [5]. Однако для определения фракционного состава смеси недостаточно анализа только амплитудных характеристик сигналов. Необходимо рассмотреть частотные характеристики [6] акустических сигналов и их изменения при транспортировании узких фракций и смесей материалов.

Цель работы заключается в экспериментальном установлении зависимости амплитудно-частотных характеристик акустических сигналов от содержания фракций материала при транспортировке его в потоке энергоносителя.

Содержание исследований. В ходе экспериментальных исследований [7] на установке ИТМ НАНУ и ГКАУ (Гранулометр-1, 2) были получены спектры частот сигналов, записанных в ходе мониторинга процесса транспортирования разных фракций сыпучих материалов (кварц, шлак, шамот). На рис. 1-3 приведены некоторые результаты анализа спектров сигналов для материалов различной крупности и плотности.

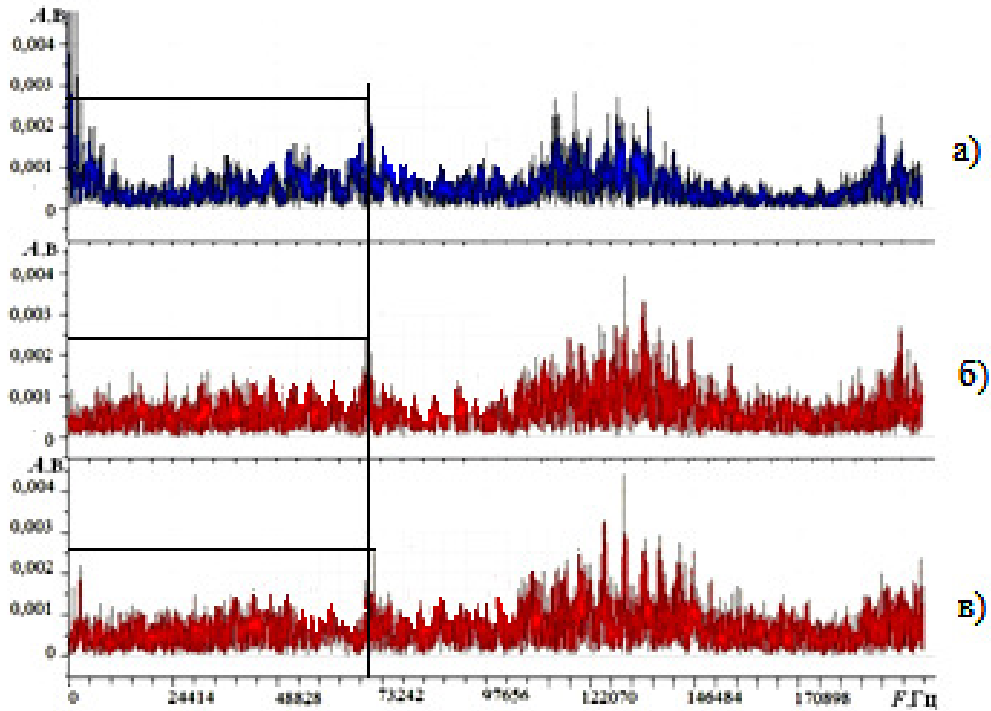


Рис. 1. Амплитудно-частотный спектр акустических сигналов при транспортировании шлака (а), кварца (б), шамота (в) крупностью $-0,315+0,2$ мм

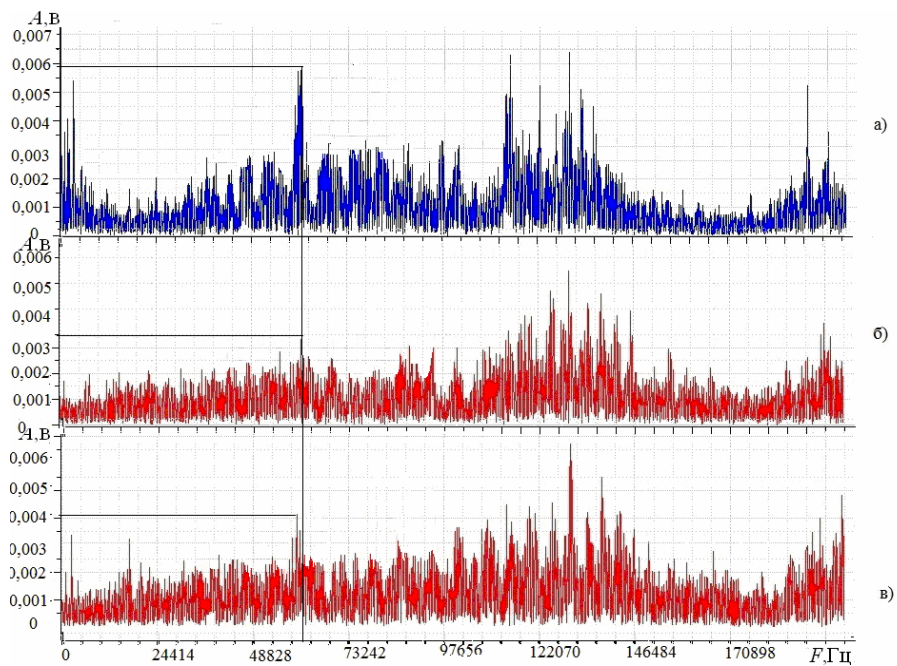


Рис. 2. Амплитудно-частотный спектр акустических сигналов при транспортировании шлака (а), кварца (б), шамота (в) крупностью $-0,4+0,315$ мм

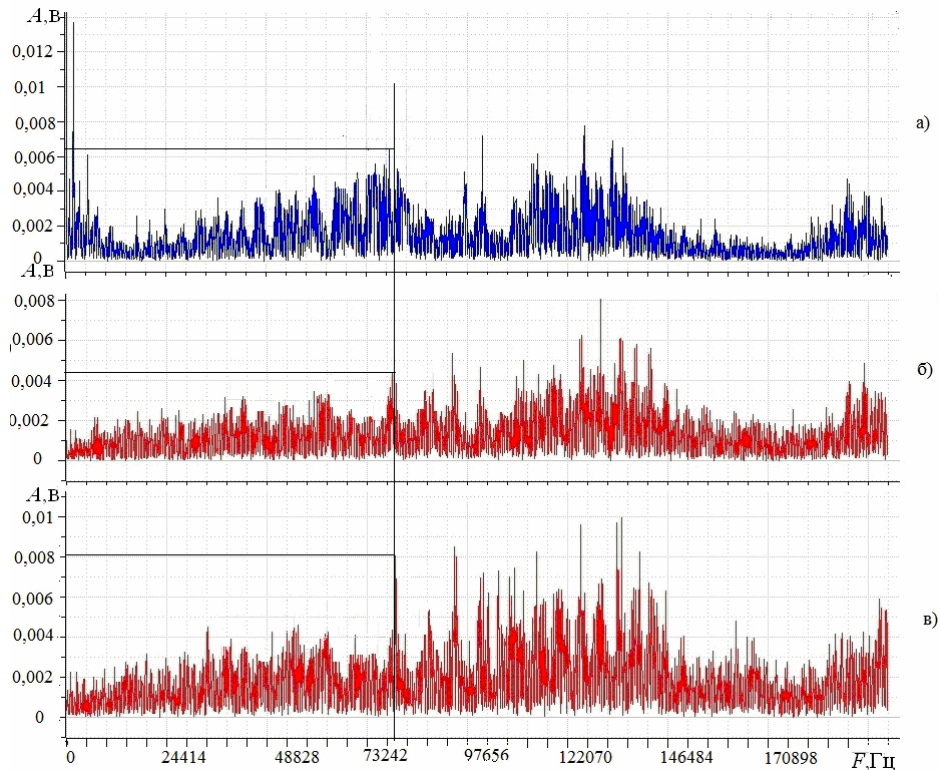


Рис. 3. Амплитудно-частотный спектр акустических сигналов при транспортировании шлака (а), кварца (б), шамота (в) крупностью $-0,63+0,4$ мм

Как видно из полученных спектров весь диапазон частот можно разделить на 4 участка (рис. 4): 1 участок от 0 кГц до 48 кГц, 2 участок имеет отдельные всплески амплитуд при частотах от 48 кГц до 90 кГц; 3 участок имеет широкий диапазон частот от 90 кГц до 160 кГц, в котором так же имеется различие в строении спектра; и 4 участок с частотами выше 160 кГц.

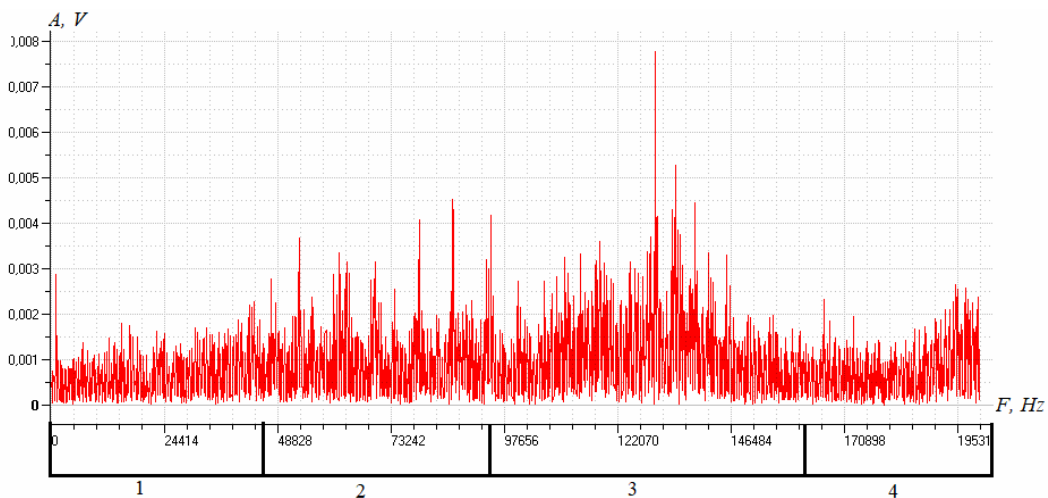


Рис. 4. Амплитудно-частотный спектр акустических сигналов при транспортировании смеси кварцевого песка

Автоматизация та управління процесами збагачення

Анализ результатов мониторинга акустических сигналов показал, что второй узкий диапазон частот 48 кГц до 90 кГц имеет амплитуды, которые зависят от крупности материала, причем эти амплитуды уменьшаются с уменьшением плотности материала.

Поиск зависимости между амплитудой частоты и крупностью частиц из 1, 3 и 4 диапазонов частот пока не дал положительных результатов. Первый и третий диапазон частот всегда присутствуют в спектре частот, даже при движении потока воздуха без частиц. Это, скорее всего, помехи, создаваемые спонтанным уменьшением плотности мелких масс воздуха. При появлении в потоке воздуха частиц материала увеличивается дисперсия амплитуд этого интервала частот, т.е. в данном диапазоне размер частиц и размер уплотнений воздуха вероятнее всего совпадают, но импульсы, вызванные уменьшением плотности воздуха до частицы и после нее, становятся более интенсивными.

Проанализировав спектры частот различных материалов (кварц, шлак, шамот) разной крупности при транспортировке в потоке энергоносителя (сжатый воздух), получили характерные частоты для каждой из рассмотренных фракций. При этом из рассмотренного спектра частот сигналов были исключены частоты от 0 до 48 кГц и выше 90 кГц в связи с тем, что данные частоты не несут информации о размере частиц, так они характерны для процесса в целом. В ходе исследований связей крупности материала с акустическими параметрами сигналов получены амплитуды сигналов с соответствующими характерными частотами для определенного размера частиц [7].

Исходный материал для измельчения представляет собой смесь тех или иных фракций. Для исследования фракционного состава материала использовался анализ дисперсии характерных частот сигналов при мониторинге транспортирования смеси пары узких фракций шамота и кварцевого песка Вольногорского месторождения в разных их пропорциях. Выход фракций материала выбирался от 80 до 20 г при постоянной сумме – 100г.

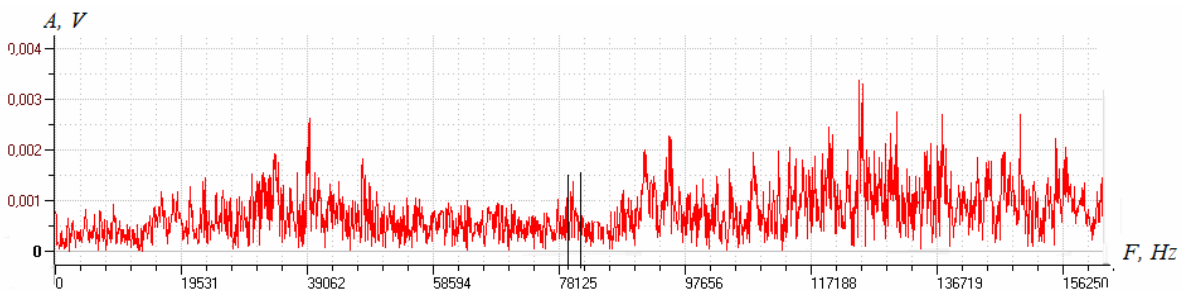


Рис. 5. Спектр частот сигналов при транспортировании смеси шамота из 70 грамм фракции $-0,63+0,4$ мм и 30 грамм фракции $-1,0+0,63$ мм

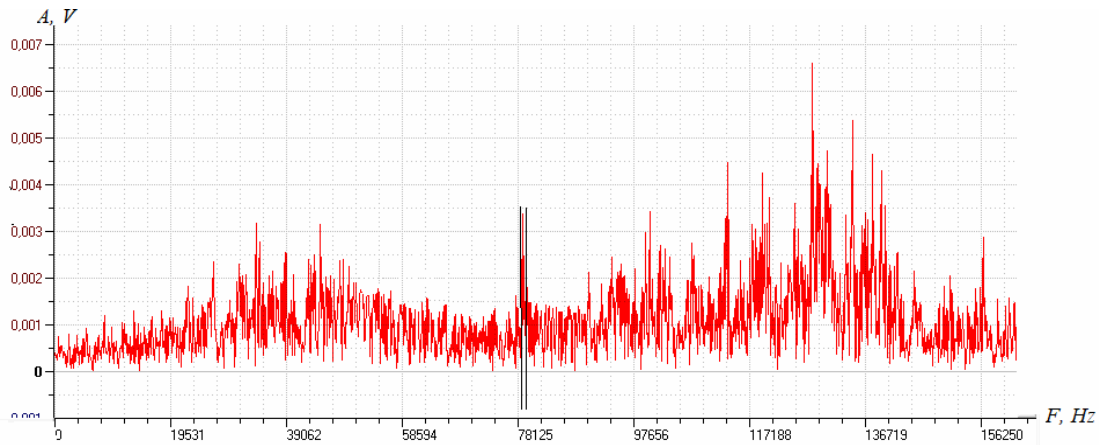


Рис. 6. Спектр частот сигналів при транспортуванні суміші шамота із 30 грам фракції $-0,63+0,4$ мм і 70 грам фракції $-1+0,63$ мм

Як видно із рисунків, характерна частота сигналів акустического моніторингу для фракції $-0,63+0,4$ мм (79 кГц) при зміні кількості фракції в суміші має різну величину дисперсії (рис. 7). Для більш загального випадку величину дисперсії нормалізували величиною характерної частоти. Дані приведені в таблиці 1 і на рис. 8-9.

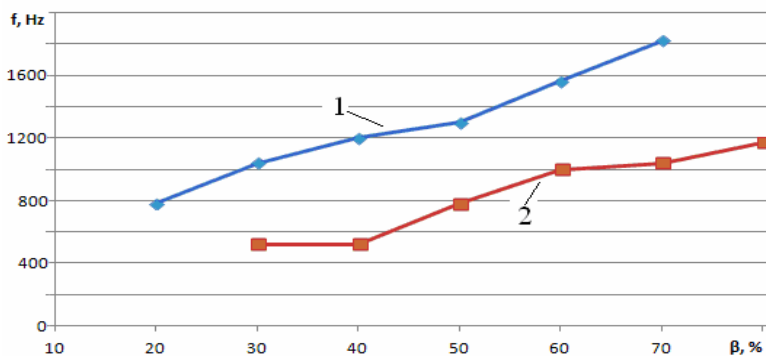


Рис. 7. Дисперсія частоти сигналів при транспортуванні різної маси фракцій кварцевого піску:
1 – $-0,4+0,315$ мм; 2 – $-0,315+0,2$ мм

Предварительный анализ результатов позволил установить существующую зависимость дисперсии характерной частоты акустических сигналов от массы соответствующей фракции смеси при транспортировании материала в потоке. Информация, представленная на рис. 8-9 позволяет сделать утвердительный вывод о том, что характер зависимости описывается линейной функцией вида $\bar{f} = a\beta + b$, о чем свидетельствуют высокие значения коэффициента надежности аппроксимации R^2 . Коэффициенты a , b зависят от размера частиц фракции и свойств материала, причем коэффициент a прямо пропорционально зависит от величины частиц фракции (см. рис. 8-9).

Таблиця 1

Матеріал	d , мм	β , %	Дисперсія частоти F , Hz	Нормированная дисперсія
Шамот	-0,63+0,4	20	911	0,011532
		30	1042	0,01319
		40	1302	0,016481
		50	1562	0,019772
		60	1800	0,022785
		70	1823	0,023076
	-0,4+0,315	20	911	0,0151833
		30	1041	0,01735
		40	1562	0,0260333
		50	1822	0,0303667
		60	2212	0,0368667
Кварц	-0,315+0,2	80	1171,5	0,016978
		70	1041	0,015087
		60	1000	0,014493
		50	781	0,011319
		40	521,2	0,007554
		30	521,2	0,007554
	-0,4+0,315	20	781,2	0,01302
		30	1041	0,01735
		40	1201	0,020017
		50	1301	0,021683
		60	1562,4	0,02604
		70	1822,4	0,030373

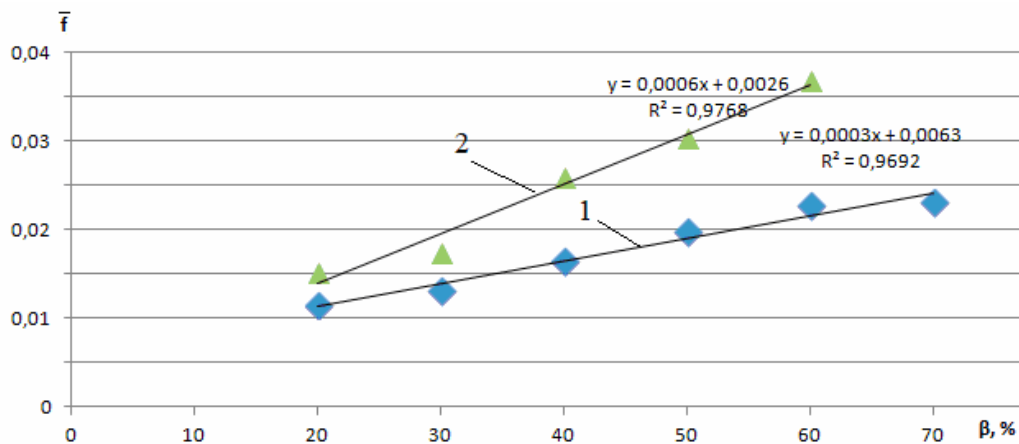


Рис. 8. Нормированная дисперсия частоты сигналов при транспортировании разной массы фракций шмота: 1 – -0,4 +0,315 мм; 2 – -0,63+0,4 мм

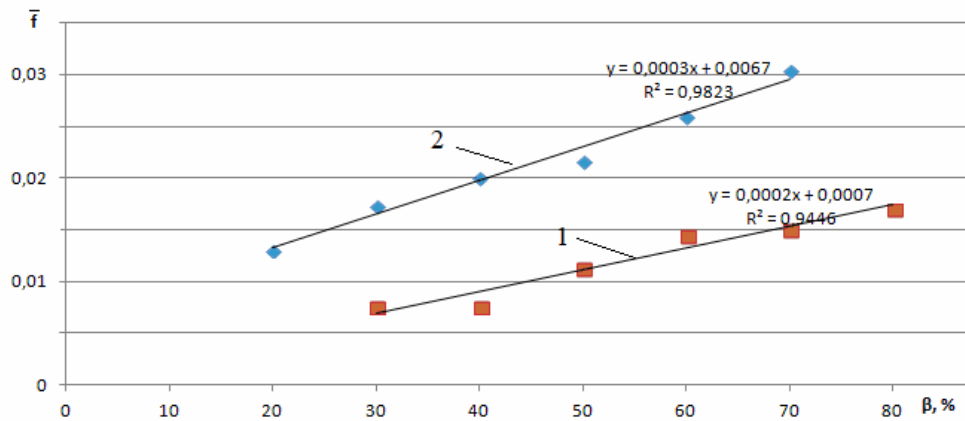


Рис. 9. Нормированная дисперсия частоты сигналов при транспортировании разной массы фракций кварцевого песка:
1 – $-0,315 + 0,2$ мм; 2 – $-0,4 + 0,315$ мм

Следует отметить, что коэффициент a – имеет одно и то же значение для фракций одинаковой крупности разных материалов, т.е. является признаком крупности частиц фракции. С другой стороны, $a = \bar{f}' = \frac{df}{d\beta}$. График этой зависимости представлен на рис. 10.

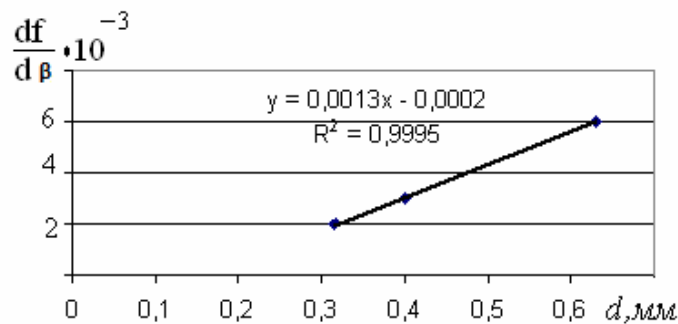


Рис. 10. Зависимость производной от нормированной дисперсии частоты от размера частиц фракций

Таким образом, установлены зависимости нормированной дисперсии характерной частоты и ее производной от выхода и крупности фракции, соответственно, $\bar{f} = a\beta + b$ и $\bar{f}' = \frac{df}{d\beta} = k = cd - p$. Эти результаты позволяют по полученной в ходе акустического мониторинга дисперсии нормированной частоты определить размер и величину фракции.

Выводы. Анализ амплитудно-частотных характеристик сигналов акустического мониторинга процесса пневмотранспортировки узких фракций материалов в потоке сжатого воздуха подтвердил наличие сигналов с частотами, характерными для каждой фракции. Экспериментально установлена зависимость

Збагачення корисних копалин, 2017. – Вип. 67(108)

Автоматизація та управління процесами збагачення

дисперсии этих частот от крупности частиц и размера фракции в смеси. Эти исследования указывают направление дальнейших работ по созданию бесконтактного метода определения гранулометрического состава материала в потоке воздуха.

Список литературы

1. Терновая Е.В. Оценка современных способов гранулометрического анализа измельченного продукта // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2014. – Вип. 58(99)-59(100). – С. 71-78.
2. Прядко Н.С. Развитие теории тонкого измельчения полезных ископаемых: Автореф. дисс. ... д-ра техн. наук по спец. 05.15.08: НГУ: Днепр-ск, 2015. – 36 с.
3. Прядко Н.С. Акустические исследования струйного измельчения // LAP LAMBERT Academic Publishing. – 2013. – Saarbrücken Germany. – 172 с.
4. Горобец Л.Ж., Бовенко В.Н., Прядко Н.С. Акустический метод исследования процесса измельчения // Обогащение руд. – 2013. – № 3. – С. 30-37.
5. Возможности акустического прогнозирования гранулометрии частиц при струйном измельчении / Л.Ж. Горобец, Н.С. Прядко, К.А. Левченко, и др. // Вестник НТУ "ХПИ" – 2014 – Вип. №52 – С. 10-18.
6. 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.
7. Терновая Е.В., Прядко Н.С. Экспериментальные исследования характеристик акустических сигналов при транспортировании материалов в установках "Гранулометр" // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2016. – Вип. 64(105). С. 111-118.

© Терновая Е.В., Прядко Н.С., 2017

*Надійшла до редколегії 18.09.2017 р.
Рекомендовано до публікації д.т.н. П.І. Піловим*