

УДК 622.73

Е.В. ТЕРНОВАЯ

(Украина, Днепр, Институт технической механики НАН Украины)

АНАЛИЗ ЧАСТОТ СИГНАЛОВ ПРИ ТРАНСПОРТИРОВАНИИ И ИЗМЕЛЬЧЕНИИ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ В ПОТОКЕ

Введение. Гранулометрический состав сыпучих материалов является важной характеристикой, которая определяет качество готовой продукции во многих отраслях промышленности, например таких, как керамика и огнеупоры, химическая промышленность, строительная промышленность, производство абразивных порошков, порошковая металлургия. Анализ гранулометрического состава порошков является распространенным методом исследований веществ, материалов и изделий во многих технологических процессах.

Постановка проблемы. Ранее в работах [1-3] исследовалась лишь связь максимальной амплитуды акустических сигналов (АС) с дисперсностью порошков, поэтому одной из наиболее важных задач этого направления в технологии тонкого измельчения является установление связей гранулометрического состава материала с параметрами сигналов акустического мониторинга (частотой и амплитудой). На этой основе возможна оптимизация процесса измельчения с достижением минимальных энергозатрат в условиях соблюдения требуемой дисперсности порошков.

Целью данной работы является экспериментальное установление зависимостей влияния крупности материала на изменение акустических параметров сигналов, а именно, характерных частот, для потоков разных фракций.

Содержание исследования. Экспериментальные исследования проводились как на лабораторной струйной мельнице УСИ-20 производительностью до 20 кг/ч, так и на разработанной установке "Гранулометр", которая включает в себя эжекторный узел струйной мельницы УСИ-20. Производительность лабораторной мельницы составила $G = 3-5$ кг/ч при давлении сжатого воздуха $P=0,3$ МПа и частоте вращения ротора классификатора $n = 2000$ мин⁻¹. Рассматривались материалы различной плотности, такие как шлак, кварц и шамот, крупностью от 0,0063 до 1,6 мм. Однако в статье приведены лишь некоторые фракции (0,2; 0,315; 0,4 мм), т к именно они присутствуют во всех рассматриваемых материалах.

Для исследования связей амплитудных распределений с гранулометрическим составом сыпучего материала в потоке без нарушений свойств материала, путем сохранения его в сухом виде, без деформации материала, в ИТМ НАНУ и ГКАУ была создана специальная установка для транспортирования частиц энергоносителем (сжатым воздухом) с возможностью одновременного акустического анализа записываемых сигналов.

Схема гранулометра, включающего эжекторный узел струйной мельницы, показана на рис. 1.

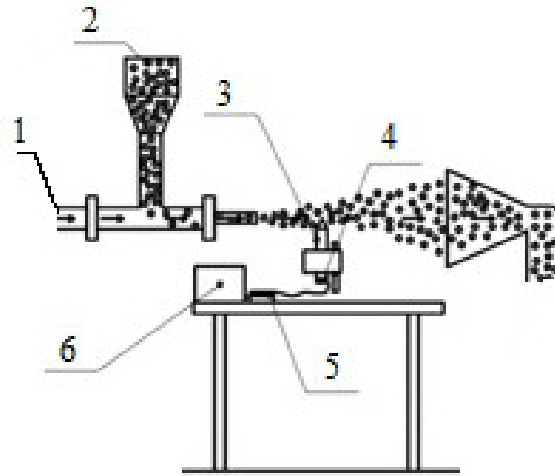


Рис. 1. Схема гранулометра:

1 – разгонная трубка; 2 – загрузочный бункер; 3 – волновод;
4 – пьезокерамический датчик; 5 – АЦП; 6 – компьютер

Установка работает следующим образом. Энергоноситель под давлением $P = 0,3$ МПа подается в разгонную трубку 1. Сыпучий материал (в виде узких фракций или их смесей) крупностью менее 2,5 мм подается самотеком из бункера 2, подхватывается энергоносителем и транспортируется над волноводом 3. Частицы соударяются с волноводом, связанным с датчиком 4. Акустическая информация далее передается через АЦП 5 в компьютер 6 для анализа и обработки.

Акустическую активность при измельчении и транспортировке материала измеряли с помощью широкополосного пьезокерамического датчика, соединенного с латунным волноводом, установленным внутри помольной камеры, либо в потоке струи. Запись и дальнейшая обработка сигналов осуществлялась посредством аналого-цифрового преобразователя, соединенного с персональным компьютером. Рассматривались АС при частоте регистрации 400 кГц. За выбранный интервал времени (порядка 0,1 с) определялись характерные частоты $F_{хар}$ сигналов, а так же соответствующие им амплитуды A . Записи акустических сигналов анализировались в разные моменты процесса измельчения и транспортировки материала, характерные для различных состояний наполненности двухфазных струй. Рассматривались сигналы в начале подачи материала в струю, в период интенсивного измельчения (транспортировки) и в заключительной стадии разгрузки струй, предвещающей режим "фонового шума" струи.

В ходе экспериментальных исследований были получены спектры частот сигналов, записанных в ходе мониторинга транспортирования разных фракций сыпучих материалов (кварц, шлак, шамот) и измельчении различных материалов. На рис. 2-4 представлены некоторые результаты анализа.



Рис. 2. Спектр частот сигналів при транспортуванні: а – шлака; б – кварца; в – шамота. И при измельчении: г – шлака; д – кварца крупностью 0,2 мм

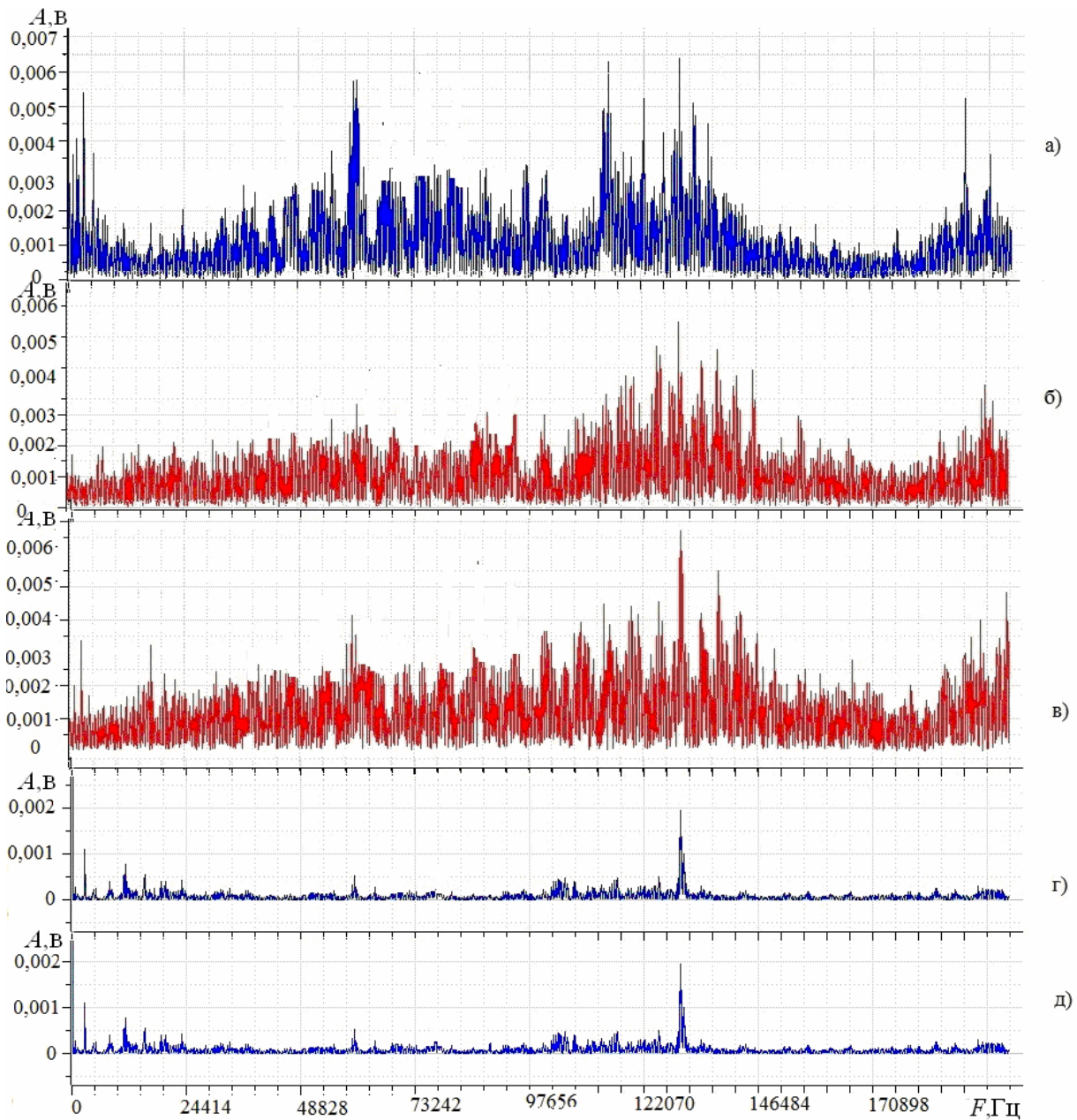


Рис. 3. Спектр частот сигналів при транспортуванні: а – шлака; б – кварца, в – шамота. И при измельчении: г – шлака; д – кварца крупностью 0,315 мм

Проанализировав спектры частот различных материалов (кварц, шлак, шамот) разной крупностью, как при транспортировке материала, так и при его измельчении, получили характерные частоты для каждой из рассмотренных фракций. А так же при исследовании связей крупности материала с акустическими параметрами сигналов были получены амплитуды, соответствующие характерным частотам для определенного размера частиц (табл. 1).

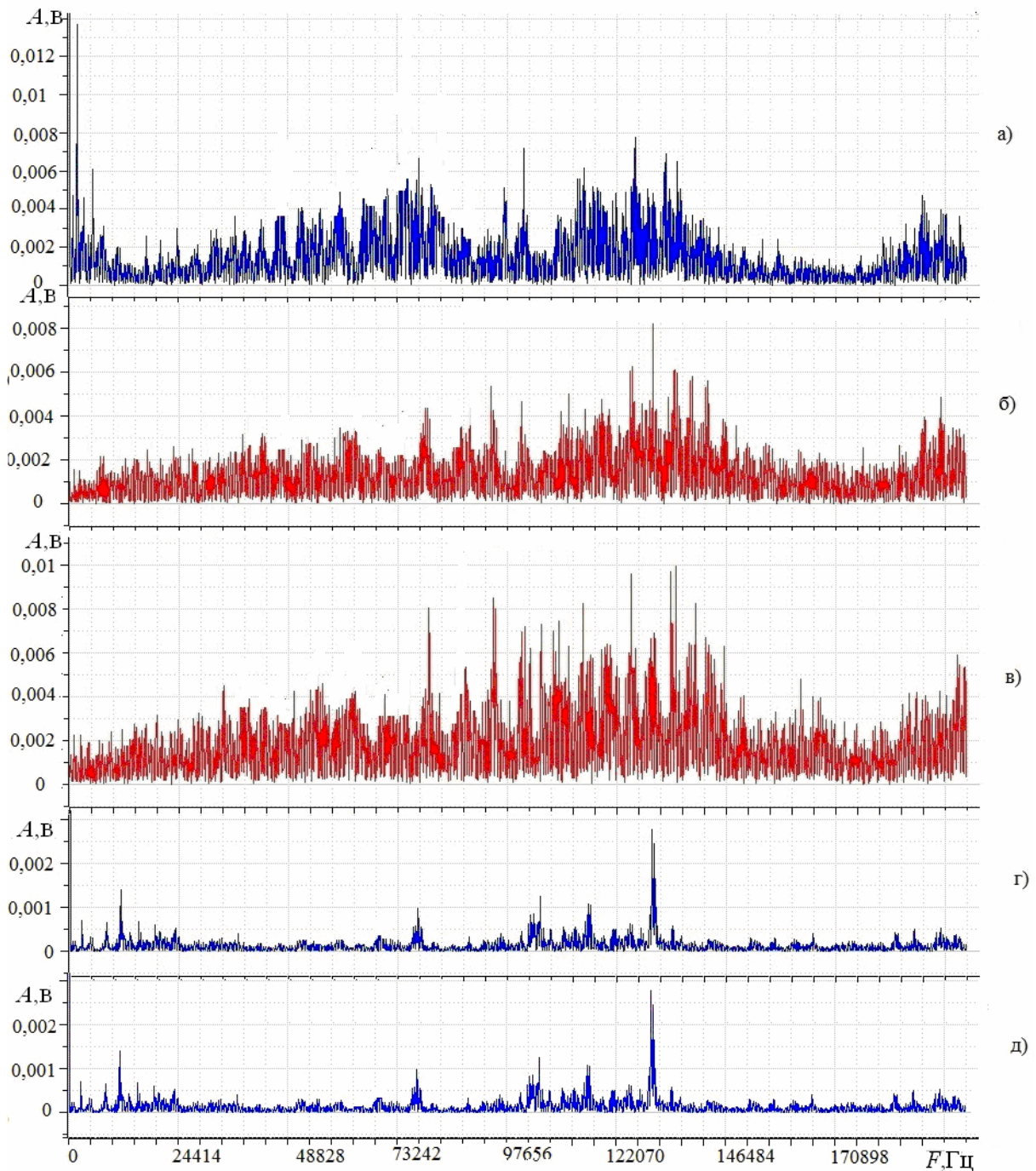


Рис. 4. Спектр частот сигналів при транспортуванні: а – шлака; б – кварца, в – шамота.
И при измельченні: г – шлака; д – кварца крупністю 0,4 мм

Підготовчі процеси збагачення

Таблиця 1

Акустические параметры сигналов, записанные при транспортировке в потоке энергоносителя узких фракций сыпучих материалов

Материал	d , мм	F , Гц	A , мВ
Шлак	0,2	69824	0,00275
	0,315	60058	0,0057
	0,4	78124,8	0,0064
Кварц	0,2	69335,7	0,0024
	0,315	60546,6	0,0035
	0,4	79101,3	0,0042
Шамот	0,2	69335,7	0,0028
	0,315	60058	0,00415
	0,4	80047,8	0,0081

На рисунке 5-6 показана связь характерной частоты и соответствующей ей амплитуды сигналов при транспортировке шамота, кварца и шлака крупностью 0,2; 0,315; 0,4 мм.

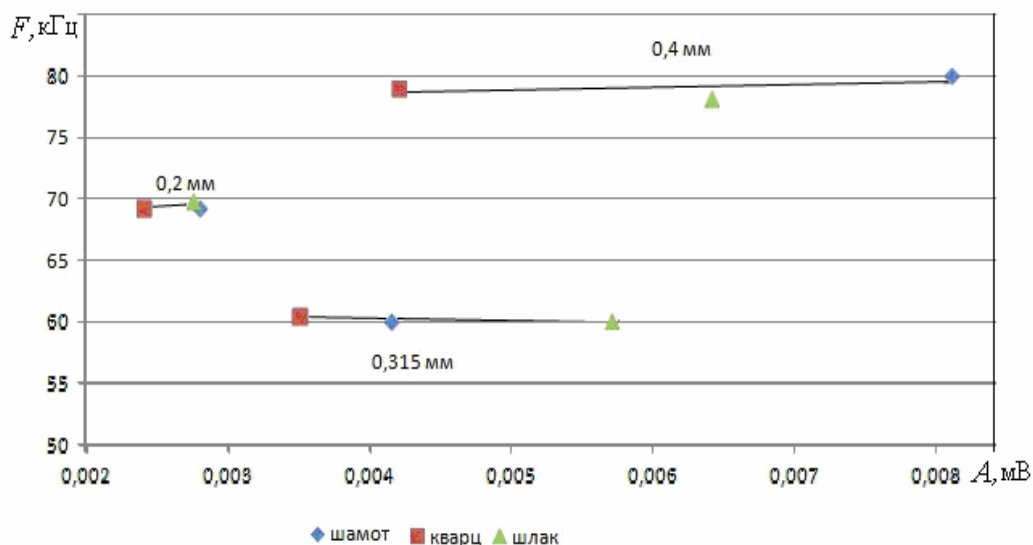


Рис. 5. Связь характерной частоты и амплитуды сигналов при транспортировке различных материалов

Анализируя данные, приведенные в таблице и на графиках, можно отметить, что у материалов одинаковой крупности сигналы имеют одинаковую частоту, но различаются характерной амплитудой. Следовательно, на величину амплитуды так же влияет плотность материала, это дает основу для дальнейших исследований.

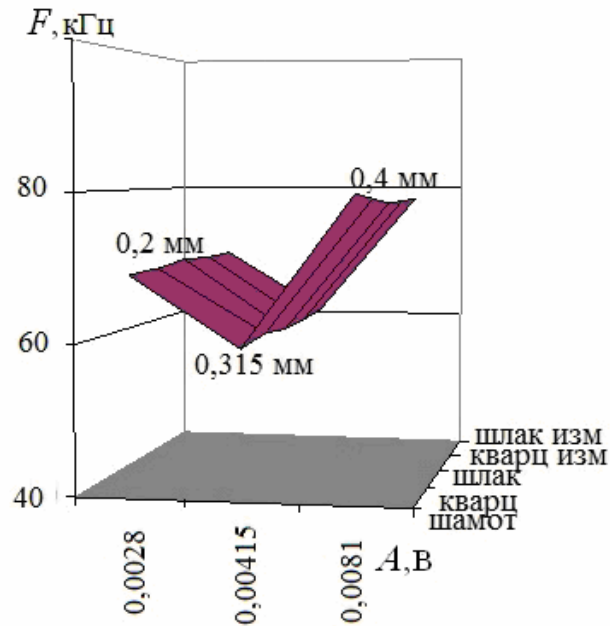


Рис. 6. Зависимость частоты и амплитуды сигналов при транспортировке и измельчении различных материалов (шлак, шамот, кварц) разной крупности (0,2; 0,315; 0,4 мм)

Выводы

Проведенные исследования подтвердили связи гранулометрического состава транспортируемых и измельчаемых частиц с акустическими параметрами сигналов, записываемых в ходе мониторинга процесса. При проведении анализа полученных спектров частот сигналов, записанных в ходе измельчения и транспортировки материалов, выявлены характерные частоты для разных фракций различных материалов, а так же соответствующие им амплитуды. Установлена связь величины амплитуды сигналов и плотности исследуемого материала. Получена трехмерная графическая зависимость $F(A(d))$ для фракции разных материалов (шлак, шамот, кварц).

Список литературы

1. Параметры акустического излучения промышленной газоструйной установки / П.И. Пилов, Л.Ж. Горобец, В.Н. Бовенко и др. // Вестник НТУ "ХПИ". – 2007. – Вып. 27. – С. 33-41.
2. An acoustic monitoring of the sizes changes of grinded particles / P.I. Pilov, L.J.Gorobets, V.N. Bovenko, N.S. Pryadko // Науковий вісник НГУ – 2008. – № 6. – С. 23-26.
3. Возможности акустического прогнозирования гранулометрии частиц при струйном измельчении / Л.Ж. Горобец, Н.С. Прядко, К.А. Левченко и др. // Вестник НТУ "ХПИ". – 2014. – Вып. 52. – С. 10-18.

© Терновая Е.В., 2016

Надійшла до редколегії 24.08.2016 р.

Рекомендовано до публікації д.т.н. Л.Ж. Горобець