

талогидрата, і температури проведення його обробки. Адсорбент при цьому не розчиняється в самій слабополярній рідині, поглинання води з суміші з якою проводиться. Установлено, що швидкість поглинання води в такому випадку прямо залежить від температури проведення обробки, оскільки появі кристалогидратів завжди передують утворення перенасиченого розчину, з якого починається кристалізація.

Ключові слова: адсорбент, кристалогідрат, вода, температура, швидкість, дифузія.

UDC 661.811

About temperature features of extracting water from the solid adsorbent from low-polar liquids / N.A. BLINKOV, A. N. BUTENKO, V.I. BULAVIN, V.V. REZNITCHENKO // Visnyk NTU «KhPI». – 2014. – № 52 (1094). – (Series: Khimiya, khimichna tekhnolohiya ta ecolohiya). – P. 3 – 10. – Bibliogr.: 13 names. – ISSN 2079-0821.

This article contains a comparative analysis of the dependence of the adsorption capacity of solid adsorbent which can bind in a mixture with a weakly polar liquid water in the form of crystalline and temperature of treatment. The adsorbent thus insoluble in most weakly polar liquid, the water absorption of the mixture which is produced. Found that the rate of water absorption in this case is directly related to the solubility of the adsorbent in pure water, as the appearance of crystal hydrates is always preceded by the formation of a supersaturated solution from which crystallization starts.

Keywords: adsorbent, crystalline, water, temperature, speed, diffusion.

УДК 622.7

Л.Ж. ГОРОБЕЦ, д-р техн. наук, проф., ВУЗ «НГУ», Днепропетровск,
Н.С. ПРЯДКО, канд. техн. наук, ст. научн. сотр., ИТМ НАНУ и ГКАУ,
Днепропетровск
К.А. ЛЕВЧЕНКО, канд. техн. наук, доц., ВУЗ «НГУ», Днепропетровск,
Т.Ю. МАШКОВА, инж., ВУЗ «НГУ», Днепропетровск,
И.В. ВЕРХОРОБИНА, инж., ИГТМ НАНУ, Днепропетровск

ВОЗМОЖНОСТИ АКУСТИЧЕСКОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ГРАНУЛОМЕТРИИ ЧАСТИЦ ПРИ СТРУЙНОМ ИЗМЕЛЬЧЕНИИ

Приведены результаты исследования связей гранулометрического состава измельченных частиц с технологическими и акустическими показателями струйной мельницы. Показана возможность прогнозирования среднего размера частиц по максимальной амплитуде акустических сигналов при транспортировании или струйном измельчении.

Ключевые слова: измельчение, гранулометрия, технологические показатели, акустические параметры.

Метод акустической эмиссии (АЭ) успешно используется при изучении физических процессов трещинообразования и разрушения. Акустическое из-

лучение контролируется суммарным счетом, величиной длительности и амплитуды акустических сигналов (АС).

© Л.Ж. Горобец, Н.С. Прядко, К.А. Левченко, Т.Ю. Машкова, И.В. Верхоробина, 2014

Согласно опытным данным, в диапазоне размеров трещин от 0,1 до 1 мм длительность T (с) АС линейно связана (в двойных логарифмических координатах) с размером l (м) образовавшейся трещины:

$T = \frac{\alpha l}{v}$ (v – скорость роста образующейся трещины, α – коэффициент пропорциональности) [1].

В настоящее время установлена возможность прогнозирования измельчаемости вещества на основе функциональных и корреляционных связей параметров измельчения и акустического излучения при разрушении модельных образцов горных пород [2]. Например, количество образованных тонких фракций (менее 100 мкм) изменяется в зависимости от удельного (на единицу объема) числа сигналов АЭ при разрушении горных пород сжатием, что позволяет считать возможным применение метода АЭ для прогнозной оценки измельчаемости материалов. В работе [3, 4] установлена корреляционная связь между размером измельчаемых частиц (в диапазоне 0,04 – 2 мм) и амплитудой АС в рабочей зоне струйной мельницы.

На рис. 1 иллюстрируется закономерность пропорционального изменения величины амплитуды АС с размером разрушения при сжатии или разрывах гетерогенных тел, а также при ударах частиц в процессе струйного измельчения.

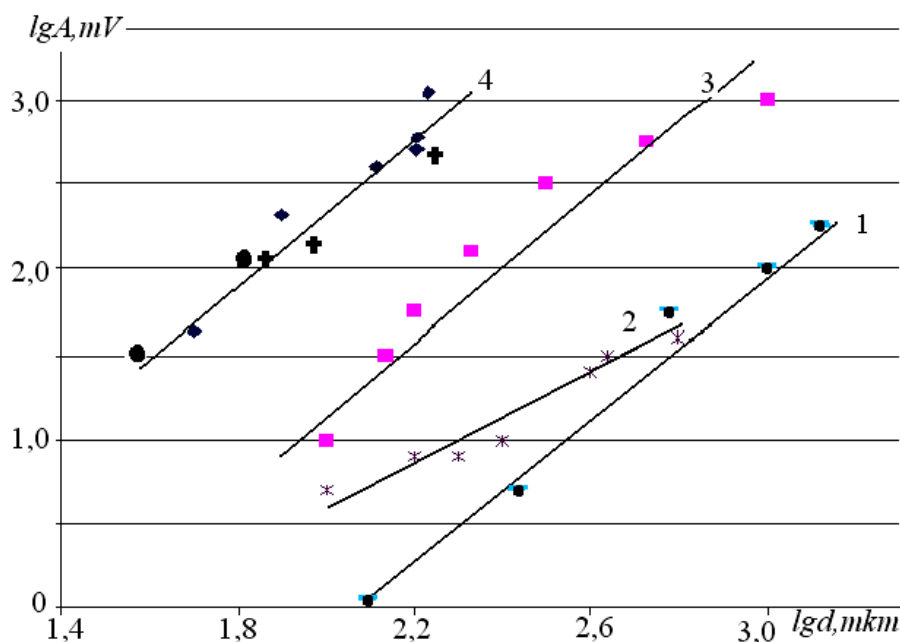


Рис. 1 – Связь между амплитудой АС и размером разрушения зерен диабаз (1), стеклянных волокон (2), перемычек между порами в пористом стекле (3) [1], измельчаемых

частиц (4) шамота (♦), кварцевого песка (+), цемента (•). Масштаб и способ разрушения: 1 – сжатие (0,1 – 2 мм); 2 – разрыв (0,1 – 2 мм); 3 – сжатие (0,1 – 1мм); 4 – измельчение струйное (0,04 – 1,1 мм).

Из этого следует, что изменение амплитудных распределений акустических сигналов может составить основу прогнозирования размеров частиц в процессе измельчения.

Целью данной работы является исследование связей гранулометрического состава измельченных частиц с величиной амплитуды и амплитудными распределениями акустических сигналов в зонах транспортирования и измельчения струйной мельницы. Изучение возможностей прогнозной оценки гранулометрии измельченных частиц по акустическим параметрам их транспортирования и соударений проводится для осуществления контроля и управления гранулометрическим составом частиц путем реализации акустического мониторинга процесса струйного измельчения.

Для исследования связей амплитудных распределений с гранулометрическим составом сыпучего материала была создана специальная установка для транспортирования частиц энергоносителем (сжатым воздухом) и одновременного акустического анализа.

Схема акустического гранулометра, включающего эжекторный узел струйной мельницы, показана на рис. 2.



Рис. 2 – Схема акустических измерений размера частиц в потоке при пневмотранспортировании

Частицы соударяются с волноводом, связанным с датчиком 4. Акустическая информация далее передается через АЦП 5 в компьютер 6 для анализа и обработки. При этом для каждого материала заданной крупности заранее записываются и сохраняются акустические сигналы, регистрируемые при прохождении узких фракций через устройство. Сигналы, фиксируемые при прохождении смесей

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 3. Частицы соударяются с волноводом 3. Частицы соударяются с волноводом 3.

фракций в исходном анализируемом материале, сравниваются с сигналами отдельных узких фракций.

В результате путем корреляционного анализа прогнозируется гранулометрический состав транспортируемого материала.

Для получения информации о размерах частиц готового продукта мельницы использовали параметры акустического излучения зоны помола струйной установки. При исследованиях использовалась лабораторная струйная установка УСИ-20 ($P = 0,3$ МПа) и промышленная УСИ-2000 ($P = 0,52$ МПа) [3, 4]. К числу параметров, влияющих на измельчаемость рабочего процесса, отнесены: длительность τ процесса, давление P и частота n вращения ротора классификатора, степень загрузки струй материалом.

На рис. 3 показан гранулометрический состав исследуемого полидисперсного шлака.

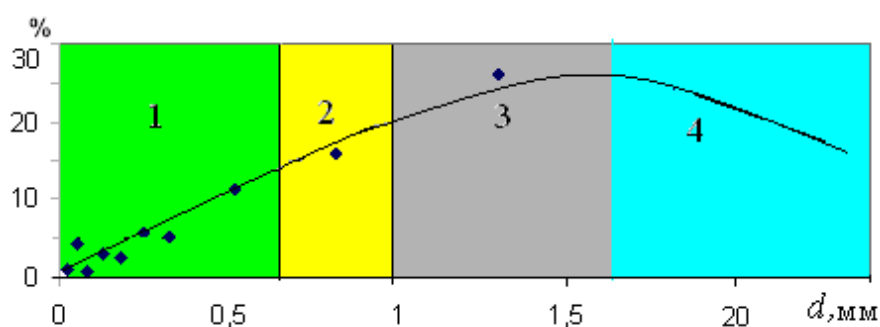


Рис. 3 – Гранулометрический состав исследуемого шлака и узкие транспортируемые фракции

На рис. 4 иллюстрируются некоторые записи акустических сигналов в моменты транспортирования ряда узких фракций ($- 0,63$ мм; $0,63 - 1,0$ мм; $1,0 - 1,6$ мм; $1,6 - 2,0$ мм; $2,0 - 2,5$ мм), обозначенных различным цветом на рис. 3.

При анализе распределения амплитуд учитывались значения максимальных амплитуд и их количество в единицу времени (акустическая активность). Результаты амплитудного анализа АС при транспортировании трех узких фракций и их смесей приведены в таблице 1.

Сопоставление экспериментальных значений амплитуд и диапазонов их изменения при струйном измельчении с аналогичными величинами для размеров частиц подтверждает закономерность прямо пропорциональной корреляционной связи этих параметров.

Анализ графиков рис. 5, характеризующих амплитудные распределения

сигналов при транспортировании частиц различных размеров, позволяет утверждать, что смещение максимума амплитудных распределений в диапазон меньших значений амплитуд указывает на эффект накопления в струе частиц малых размеров.

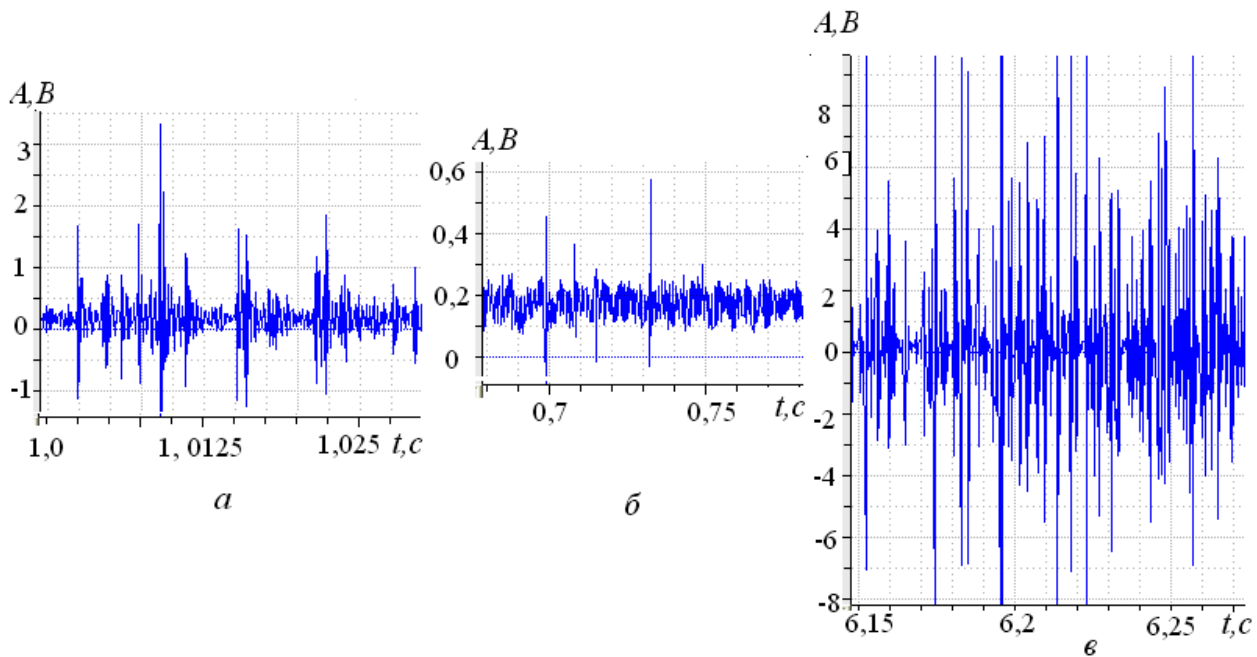


Рис. 4 – Акустограммы сигналов при транспортировании частиц шлака крупностью: а – 2,5 – 0,01 мм; б – 1,0 – 0,63 мм; в – 2,5 – 2,0 мм.

Таблица 1 – Результаты амплитудного анализа АС при транспортировании трех узких фракций и их смеси

Диапазон амплитуд, мВ	Количество АС (%) для узких фракций и смеси крупностью (мм)			
	Смесь 2,5 – 0	2,5 – 1,6	1,0 – 0,63	– 0,63
12,5	0,1	–	13	15,51
25	0,4	–	12,1	21,75
50	47,52	–	31,43	29,27
100	21,5	37,3	28,4	27,32
200	17,36	19,2	13,76	6,18
400	9,4	18,4	1,31	–
800	3,52	14,2	–	–
1600	0,2	8,2	–	–
3200	–	2,7	–	–

На рис. 6 показаны результаты измерений максимальной амплитуды АС для различных классов крупности частиц при лабораторном и промышленном струйном измельчении. Опытные данные описываются уравнением ре-

грессии $\lg A_{max} = 0,92 \lg d + 0,71$ с коэффициентом корреляции $R = 0,9$.

На рис. 7 приведен график возможного акустического прогнозирования размеров частиц в диапазоне мм – десятки мкм, использующий опытные данные лабораторного и промышленного струйного измельчения трех видов материалов (циркон, кварцевый песок, шлак).

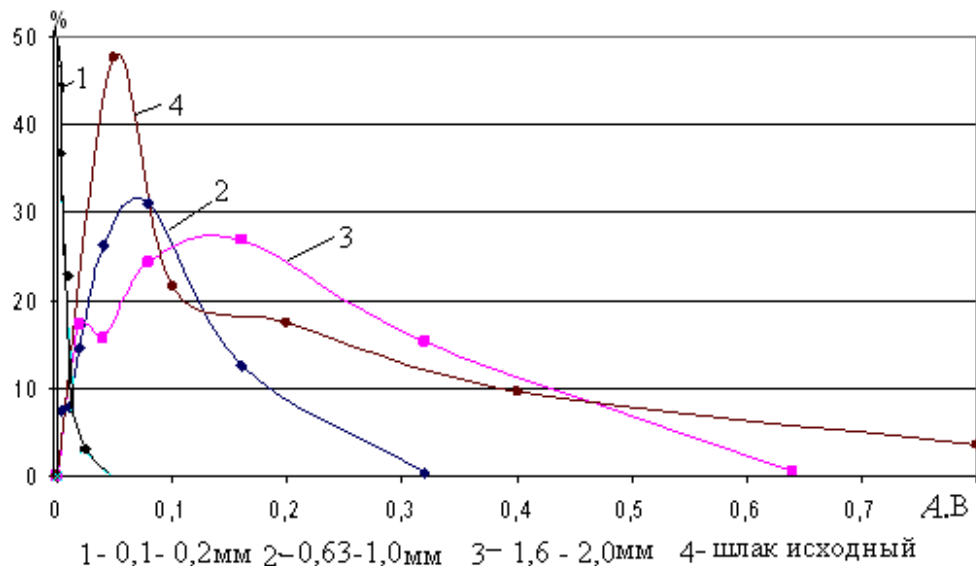


Рис. 5 – Амплитудные распределения акустических сигналов при транспортировании частиц шлака различной крупности

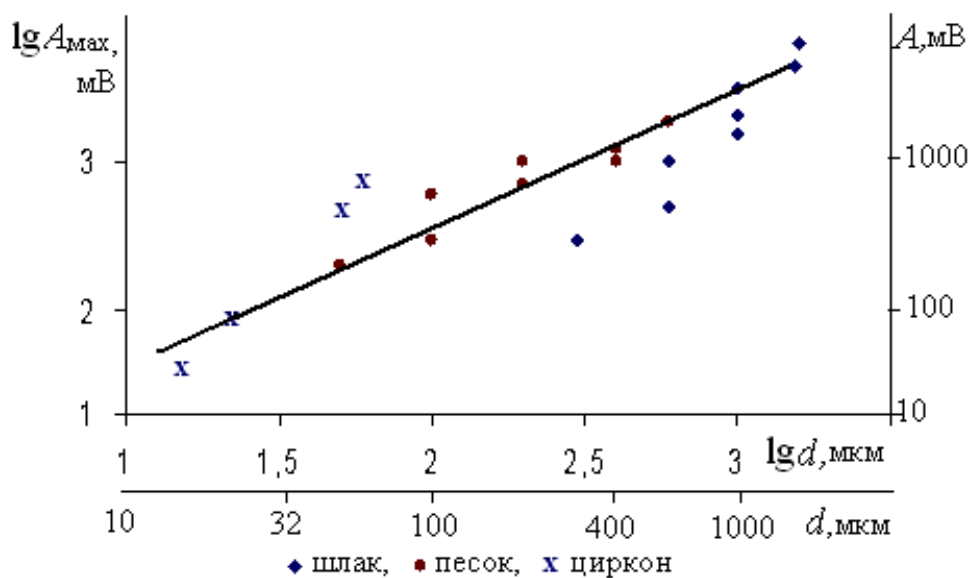


Рис. 6 – Результаты измерений максимальной амплитуды АС для различных классов крупности частиц при лабораторном струйном измельчении

Для акустического прогнозирования размеров частиц d (мкм) по величине максимальной амплитуды A_{max} (мВ) могут быть использованы следующие

щие уравнения:

1. $\lg d = 0,5 \lg A + 1,3$; $R = 0,97$, доменный шлак;
2. $\lg A + 0,81$, $R = 0,95$, кварцевый песок;
3. $\lg d = 0,49 \lg A + 0,37$, $R = 0,99$, цирконовый концентрат, УСИ-20;
4. $\lg d = 0,52 \lg A + 0,86$, $R = 0,98$, цирконовый концентрат, УСИ-2000;
5. $\lg d = 0,57 \lg A + 1,1$, пневмотранспортирование шлака.

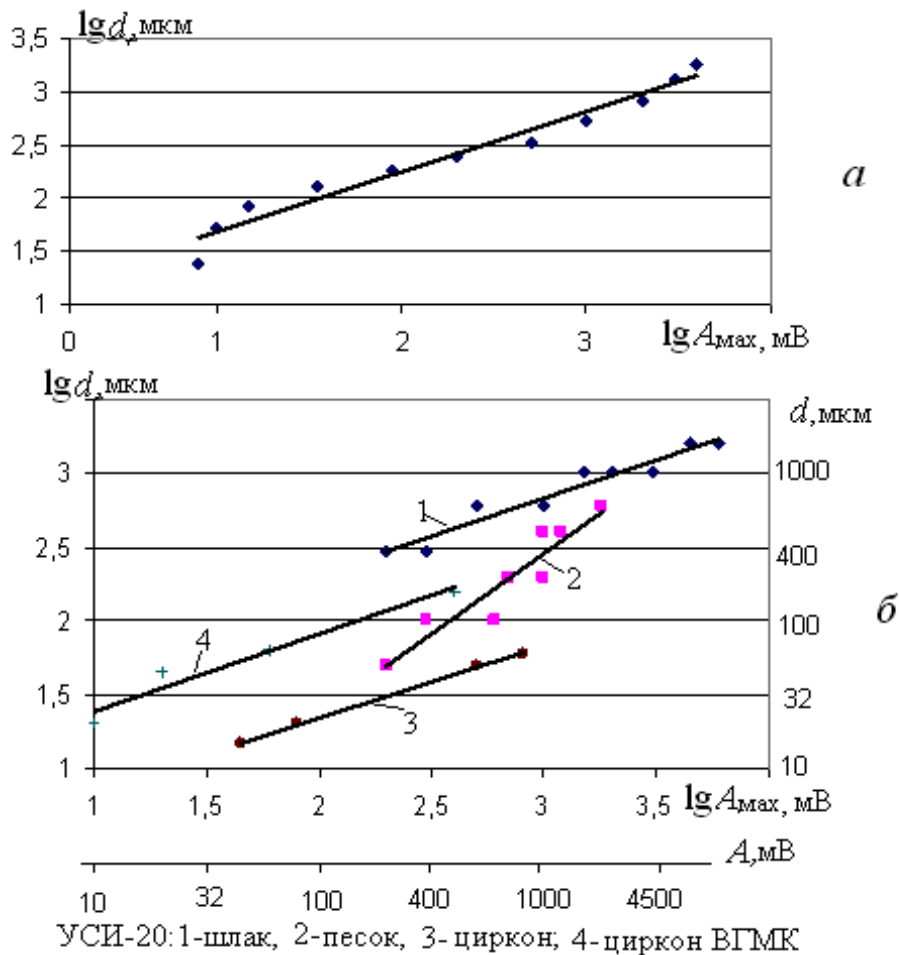


Рис. 7 – Графики акустического прогнозирования размеров частиц: а – шлака при транспортировании; б – шлака, песка и циркона при струйном измельчении.

Исследования связи гранулометрического состава измельчаемого материала и максимальной амплитуды акустических сигналов зоны измельчения или пневмотранспортирования частиц материала позволило разработать методику прогнозирования гранулометрического состава продуктов струйного измельчения на основе результатов акустического мониторинга процесса. Блок-схема алгоритма приведена на рис. 8.

На первом этапе предварительного исследования материала на измельчаемость осуществляется акустический мониторинг процесса измельчения

или пневмотранспортирование материала. При этом определяются основные технологические и акустические параметры процесса с установлением вида зависимости $\lg d = f(\lg A_{max})$ для выбранного материала. Далее формируется база данных (БД). Затем производится контрольное измельчение или транспортирование с непрерывным акустическим мониторингом процесса. По результатам акустического мониторинга вычисляются значения A_{max} и с использованием базы данных вычисляется среднее значение размера частиц $d_{изм}$ для исследуемого материала.



Рис. 8 – Блок-схема методики прогнозирования гранулометрического состава материала в процессе измельчения или пневмотранспортирования

Выводы.

Установлена возможность прогнозирования среднего размера частиц по уравнениям корреляционной связи этого параметра с величиной максимальной амплитуды акустических сигналов при транспортировании или путем соударений частиц при струйном измельчении. При этом переход максимума амплитудных распределений акустических сигналов в диапазон меньших значений амплитуд характеризует накопление в струе частиц малых разме-

ров. Основой прогнозирования крупности частиц при транспортировании или струйном измельчении является предварительно установленные уравнения корреляционной связи максимальных значений амплитуд наблюдаемых акустических сигналов с размером частиц исследуемого материала.

Список литературы. 1. Фролов Д.И. Связь между параметрами акустических сигналов и размерами разрывов сплошности при разрушении гетерогенных материалов / [Д.И. Фролов, Р.Ш. Килькеев, В.С. Куksenко, С.В. Новиков] // Механика композитных материалов. – 1980. – № 5. – С. 907 – 911. **2.** Горобец Л.Ж. Развитие научных основ измельчения твердых полезных ископаемых: автореф. дис. на соискание науч. степени д-ра техн. наук: спец. 05.15.08 «Обогащение полезных ископаемых» / Л.Ж. Горобец. – Днепропетровск, 2004. – 35 с. **3.** Пилов П.И. Параметры акустического излучения промышленной газоструйной установки / [П.И. Пилов, Л.Ж. Горобец, В.Н. Бовенко и др.] // Вестник НТУ «ХПИ». – 2007. – № 27 – С. 33 – 41. **4.** Pilov P.I. 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.

Referens: 1. Frolov D.I. Svjaz' mezhdru parametrami akusticheskikh signalov i razmerami razryvov sploshnosti pri razrushenii geterogennykh materialov / [D.I. Frolov, R.Sh. Kil'keev, V.S. Kuksenko, S.V. Novikov] // Mehanika kompozitnykh materialov. – 1980. – № 5. – S. 907 – 911. **2.** Gorobec L.Zh. Razvitie nauchnykh osnov izmel'chenija tverdykh poleznykh iskopaemyh: avtoref. diss. na soiskanie nauchn. stepeni d-ra tehn. nauk: spec. 05.15.08 «Obogashhenie poleznykh iskopaemyh» / L.Zh. Gorobec. – Dnepropetrovsk, 2004. – 35 s. **3.** Pilov P.I. Parametry akusticheskogo izlucheniya promyshlennoj gazostrujnoj ustanovki / [P.I. Pilov, L.Zh. Gorobec, V.N. Bovenko i dr.] // Vestnik NTU «HPI». – 2007. – № 27. – S. 33 – 41. **4.** Pilov P.I. An acoustic monitoring of the sizes changes of grinded particles / [P.I. Pilov, L.J. Gorobets, V.N. Bovenko, N.S. Pryadko] // Naukovyy visnyk NHU. – 2008. – № 6. – S. 23 – 26.

Поступила в редколлегию (Received by the editorial board) 23.07.14

УДК 622.7

Возможности акустического прогнозирования гранулометрии частиц при струйном измельчении / Л.Ж. ГОРОБЕЦ, Н.С. ПРЯДКО, К.А. ЛЕВЧЕНКО, Т.Ю. МАШКОВА, И.В. ВЕРХОРОБИНА // Вісник НТУ «ХПІ». – 2014. – № 52 (1092). – (Серія: Хімія, хімічна технологія та екологія). – С. 10 – 19. – Бібліогр.: 4 назв. – ISSN 2079-0821.

Наведено результати дослідження гранулометричного складу подрібнених частинок з технологічними і акустичними показниками струминного млину. Показана можливість прогнозування середнього розміру часток згідно максимальній амплітуді акустичних сигналів при транспортуванні або струминному подрібненні.

Ключові слова: подрібнення, гранулометрія, технологічні показники, акустичні параметри.

UDC 622.7

Acoustic forecasting opportunities of particle size testing at jet grinding / L.Z. GOROBETS,

N.S. PRJADKO, K.A. LEVCHENKO, T.J. MASHKOV, I.V. VERHOROBINA // Visnyk NTU «KhPI». – 2014. – № 52 (1094). – (Series: Khimiya, khimichna tekhnolohiya ta ecolohiya). – P. 10 – 19. – Bibliogr.: 4 names. – ISSN 2079-0821.

Research results of connections size structure of the crushed particles with amplitude size and acoustic signals distributions in transportation zones and jet mill grinding are resulted. It is established, that displacement of a distribution maximum in a range of amplitude smaller values specifies effect of accumulation in jet particles of the small sizes. The opportunity of medium-sized particle forecasting on the maximal amplitude of acoustic signals is shown at transportation or jet grinding. On a basis of forecasting estimations it is possible a control and managements of particle size structure by realization of acoustic monitoring of jet grinding process.

Keywords: grinding, granulometry, technological index, acoustic parameter.

УДК 666.593

Е.Б. ДАЙНЕКО, асп., НТУ «ХПИ»

РАЗРАБОТКА МАСС НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ФАРФОРА

Обсуждаются результаты исследований по использованию альтернативных сырьевых материалов (полевошпатового материала и пирофиллита) месторождений Украины в технологии электрофарфора. По результатам полученных теоретических и экспериментальных данных разработан оптимальный состав массы, позволяющий получить изделия электротехнического фарфора с высокими показателями специальных свойств при температуре обжига 1200 °С.

Ключевые слова: электрофарфор, полевошпатовый материал, пирофиллит, муллитобразование, планирование эксперимента

Введение. Уникальное сочетание электрических, механических и теплофизических свойств обеспечивает изделиям из электрофарфора лидирующее положение на рынке изоляционных материалов. В последнее время одной из актуальных задачи, стоящих перед фарфоровой отраслью промышленности, является снижение затрат при производстве без ухудшения качества продукции. Кроме этого, постепенная истощаемость отечественных, традиционных для фарфорового производства месторождений сырьевых материалов, а также недоступность импорта сырья для украинских потребителей в связи с высокими тарифами на транспортировку и таможенными тарифами, привело к повышению интереса исследователей в области использования альтернативного сырья в технологии.

Цель данной работы – разработка и оптимизация состава массы элек-