

Информационные характеристики скрытых периодичностей автодисперсионных функций условных асимметрий относительно общей дисперсии (рис. 3), (рис. 4) представлены в таблице 3. Для состояния недогрузки характерно наличие двух парных пиков (меньший – предшествующий и больший) в выделенных интервалах А, В, С. При дальнейшей загрузке мельницы доминирующими становятся пики интервалов D и E. При переходе в оптимальный режим в интервале E наблюдаются два пика, растет значение пиков в интервалах В, С, D, а также появляется очень острый пик в интервале А. Для оптимального состояния характерно то, что в интервале D наблюдаются два пика, и их значения больше значений всех остальных экстремумов. А в интервале С расположена группа тесно расположенных пиков. Для состояния 50 % заполнения характерен доминирующий пик в интервале В, а для перегрузки – по одному пику в интервалах В и D, и два пика в интервале С.

**Выводы.** Проведенные исследования позволили получить зависимости информационных характеристик значимых диапазонов моментных функций пятого порядка от сигналов мгновенной мощности электродвигателей барабанных мельниц типа ММС 70\*23. Последующий же анализ их показал, что чувствительность выделенных пиков интенсивности к различным изменениям технологического параметра заполнения барабана рудой достаточна для использования в автоматизированных системах интеллектуальной идентификации технологических состояний в качестве дополнительных диагностических признаков.

#### Список литературы

1. Мещеряков Л.И. Идентифікація параметрів об'єктів автоматизованого управління в задачах АСУТП ексцесійними моделями // Сб. науч. тр. Національний гірничий університет. – 2006. – № 24. – С. 182–186.
2. Мещеряков Л.И. Базова форма дисперсійної моделі гірничих технологічних комплексів // Сб. науч. тр. НГАУ. – 2004. – № 20. – С. 209–214.
3. Мещеряков Л.И. Методи і моделі ідентифікації та управління гірничими технологічними комплексами: Монографія. – Д.: Національний гірничий університет, 2009. – 263

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Слесаревим В.В.  
Надійшла до редакції 20.04.2012*

УДК 621.391.14:519

© М.А. Алексеев, Е.Л. Холод, Е.М. Тимченко

## **ОЦЕНКА УРОВНЯ ВНУТРИМЕЛЬНИЧНОЙ ЗАГРУЗКИ СТРУЙНЫХ МЕЛЬНИЦ НА ОСНОВЕ ПОКАЗАТЕЛЯ ХЕРСТА АКУСТИЧЕСКОГО СИГНАЛА**

На примерах временных рядов акустического сигнала струйной мельницы показана взаимосвязь между загрузкой мельницы и показателем Херста акустического сигнала.

На прикладах часових рядів акустичного сигналу струминного млина показаний взаємозв'язок між завантаженням млина і показником Херста акустичного сигналу.

On the examples of temporal rows of acoustic signal of stream mill intercommunication is shown between loading of mill and index of Херста of acoustic signal.

**Введение.** Во многих отраслях промышленности вопросы измельчения материалов играют очень важную роль. Струйные мельницы имеют ряд преимуществ по сравнению с другими типами мельниц: лучшая дисперсность помола для всех сухих методов измельчения, возможность получать высокочистый продукт без примесей, сильное увеличение удельной поверхности, быстрый переход с продукта на продукт, регулировка тонины помола, возможность измельчать абразивные материалы. Всё это делает струйное измельчение незаменимым в фармацевтике, производстве керамики, пигментов, чистых веществ, измельчении высокоабразивных материалов.

Контроль уровня заполнения мельницы позволяет обеспечить максимальную производительность мельницы и соответствующее качество продуктов помола. Одним из эффективных методов контроля внутримельничного заполнения является метод контроля по акустическим сигналам мельницы, сопутствующим ее функционированию.

**Анализ существующих достижений и публикаций.** Определение значения внутримельничной загрузки требует классификации акустического сигнала мельницы. В настоящее время для формирования информативных признаков акустических сигналов мельниц используют спектральные методы, методы вейвлет-анализа [1]. При этом сложность классификации заключается в том, что этот акустический сигнал является нестационарным. Существующие методы классификации акустического сигнала не обеспечивают такой достоверности, при которой производительность мельницы является максимальной. Использование нескольких методов классификации акустических сигналов, сопровождающие процесс измельчения, позволяет более точно контролировать уровень внутримельничной загрузки мельниц.

**Формулировка цели и задачи исследований.** Целью работы является исследование взаимосвязи между внутримельничной загрузкой струйной мельницы и показателем Херста акустического сигнала, сопровождающего функционирование мельницы. и обеспечивающего более эффективную диагностики перегрузки мельницы рудой по сравнению с известными методами.

**Изложение основного материала исследований.** Для определения уровня стохастичности временных рядов используют так называемый показатель Херста [2]. Показатель Херста (Hurst) дает исследователю две важные характеристики временного ряда. Его можно использовать для оценки временных интервалов предсказуемости. Кроме того, показатель Херста является устойчивым и может идентифицировать вид временного ряда. Таким образом, его также можно использовать для классификации и оценки стохастичности и/или детерминированности реальных процессов.

Херстом было показано, что для большинства естественных процессов при больших значениях  $N$  выполняется соотношение

$$\frac{R}{S} \approx (aN)^H, \text{ или } \log \left( \frac{R}{S} \right) \approx H \log(aN) \quad (8)$$

где  $R/S$  – нормированный размах от накопленного среднего,  $N$  – число наблюдений,  $a$  – некоторая константа,  $H$  – показатель Херста.

Если в двойных логарифмических координатах найти наклон  $R/S$  как функцию от  $N$ , то тем самым получим оценку  $H$ . Эта оценка не связана с какими-либо предположениями относительно лежащего в основе распределения.

При значении  $H=0,5$  временной ряд стохастичен. Такой процесс называют «белым шумом». Значения ряда случайны и некоррелированы. Настоящие значения не влияют на будущие значения. Функция плотности вероятности может быть нормальной кривой, однако, это не обязательное условие.  $R/S$ -анализ может классифицировать произвольный ряд, безотносительно к тому, какой вид распределения ему соответствует.

Значения показателя Херста в диапазоне  $0 < H < 0,5$  характеризуют антиперсистентный временной ряд, то есть ряд, для которого более вероятно смена предыдущего направления. Антиперсистентный ряд также называют «розовым шумом». Эти процессы наиболее характерны для эффектов турбулентности. Такой тип временного ряда часто называют «возврат к среднему». Если ряд демонстрирует «рост» в предыдущий период, то, скорее всего, в следующем периоде начнется спад. И наоборот, если шло снижение, то вероятен близкий подъем. Устойчивость такого антиперсистентного поведения зависит от того, насколько  $H$  близко к нулю. Такой ряд более изменчив, чем ряд случайный, так как состоит из частых реверсов спад-подъем.

Значения показателя Херста в диапазоне  $0,5 < H < 1$  характеризуют персистентный временной ряд. Такие процессы называют также «черным шумом». Персистентному временному ряду присуща трендоустойчивость. Если ряд возрастает (убывает) в предыдущий период, то, вероятно, что он будет сохранять эту тенденцию какое-то время в будущем. Чем ближе  $H$  к 0,5, тем более зашумлен ряд и тем менее выражен его тренд. Персистентный ряд – это обобщенное броуновское движение, или смещенные случайные блуждания. Сила этого смещения зависит от того, насколько  $H$  больше 0,5.

Существует еще и четвертая характеристика показателя Херста, когда  $H > 1$ . В этом случае говорят о статистике Леви и о процессе (или временном ряде) с фрактальным временем, о временных точках разрыва производной. Это означает, что происходят независимые скачки амплитуды, распределенные по Леви за время, определенное величиной скачка, и растущее вместе с ним. Дисперсия приращения за данный интервал времени становится конечной, траектория в фазовом пространстве сохраняет свой вид, но появляется новый фрактальный объект - временные точки разрыва производной.

Для оценки возможности использования показателя Херста акустических сигналов были проанализированы акустические сигналы для различных режимов внутримельничной загрузки струйной мельницы. Были использованы данные акустического мониторинга процесса измельчения шлама. Анализировались следующие режимы функционирования струйной мельницы:

1. перед загрузкой (пустая мельница);
2. подача материала и первые секунды измельчения (загрузка мельницы);
3. рабочий режим (процесс измельчения);

#### 4. разгрузка (мельница почти пустая, заканчивается измельчение).

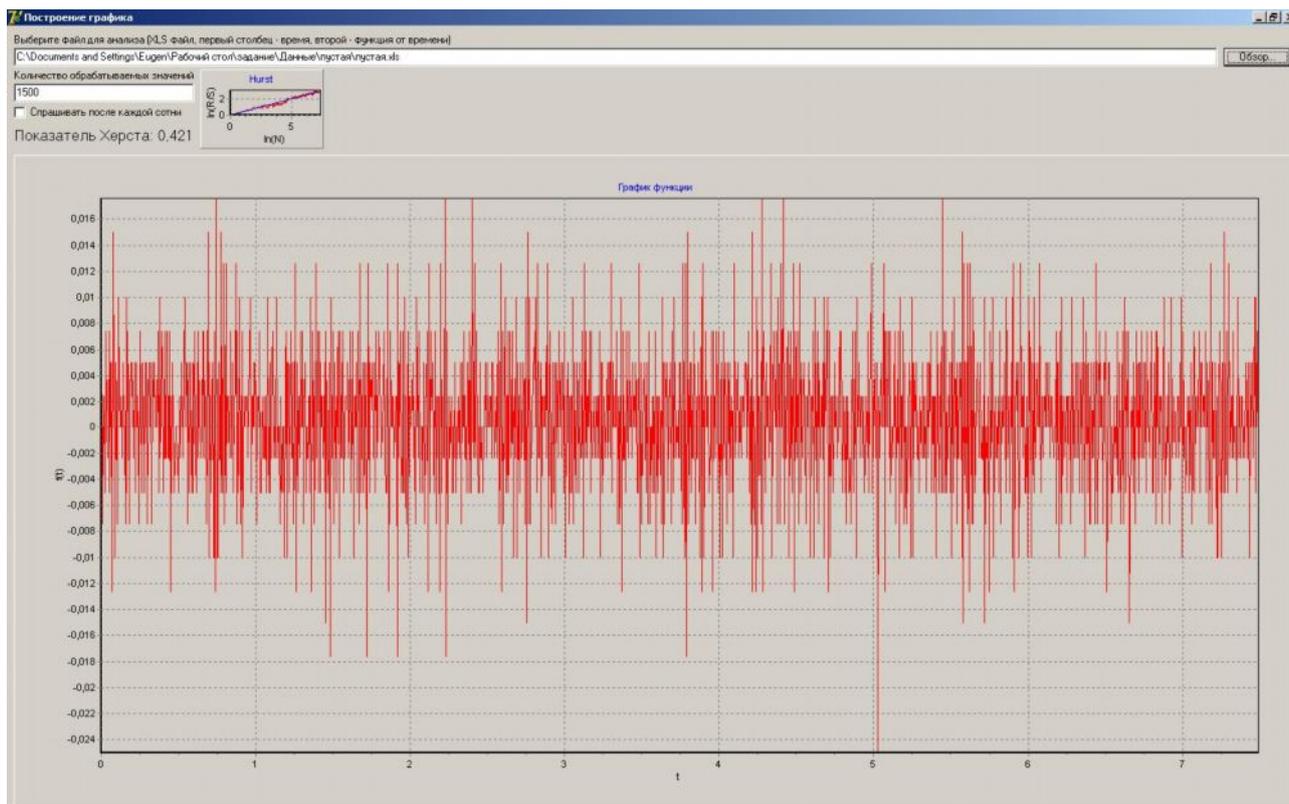


Рис.1. Акустический шум перед загрузкой (пустой) мельницы

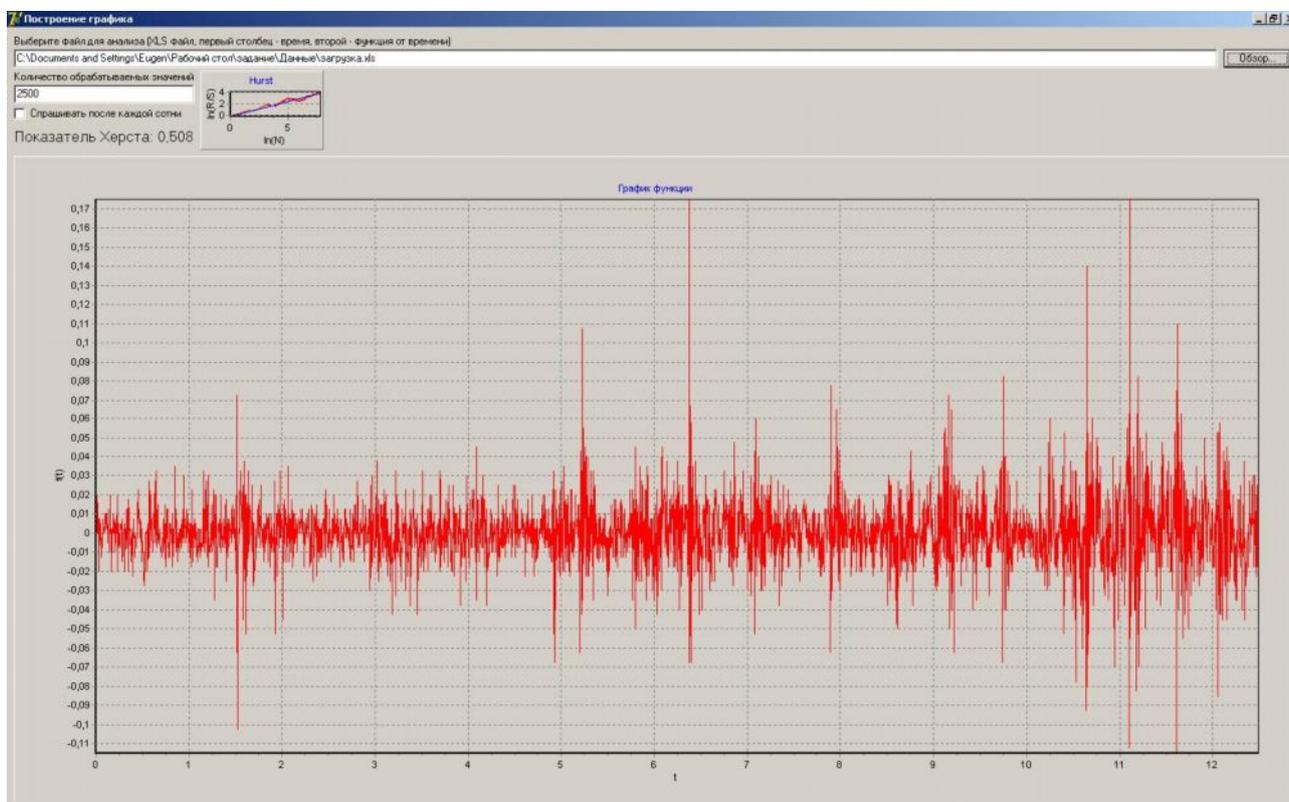


Рис. 2. Акустический шум при загрузке мельницы

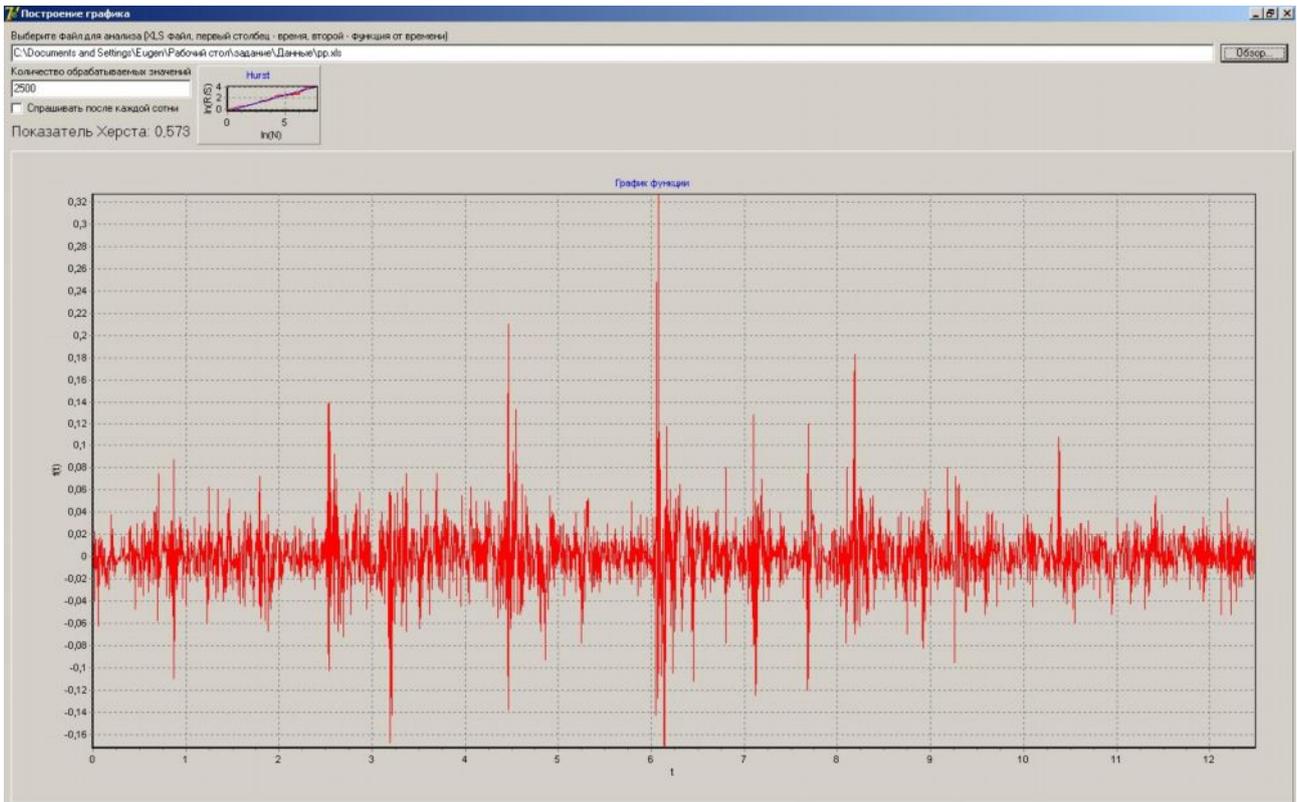


Рис.3 Акустический шум при рабочем режиме

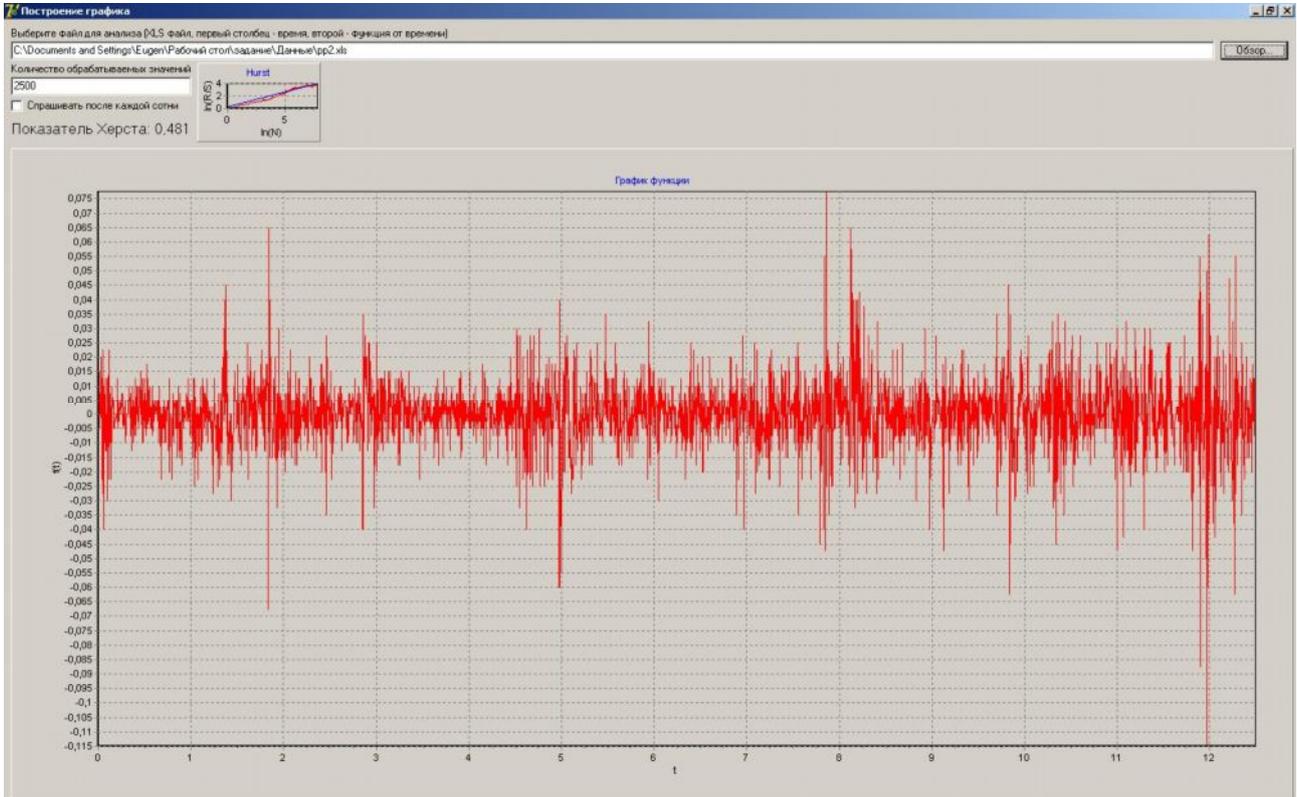


Рис.4. Акустический шум при разгрузке мельницы

Значения показателя Херста для анализируемых режимов: перед загрузкой  $H = 0,421$ ; загрузка мельницы  $H = 0,508$ ; рабочий режим  $H = 0,573$ ; разгрузка  $H = 0,481$ . Как видно из полученных результатов на реальных временных рядах показатель Хёрста целесообразно использовать для классификации акустических сигналов с целью определения уровня внутримельничной загрузки струйной мельницы.

#### **Выводы.**

1. Изучение такой характеристики, как показатель Херста позволяет прогнозировать динамику акустических сигналов, которые отражают процессы, измельчения материала в струйной мельнице.

2. Предложенный подход для контроля и управления уровнем загрузки струйной мельницы с использованием показателя Херста акустического сигнала может обеспечить управление показателями измельчения.

#### **Список литературы**

1. Алексеев М.А. Метод звукометрической диагностики перегрузки шаровых мельниц рудой. Збагачення корисних копалин / М.А. Алексеев, Х. Шамаллах // Наук.–техн.зб. – 2005. – Вып. 22 (63). – С. 166 – 168.
2. Бутаков В. Оценка уровня стохастичности временных рядов произвольного происхождения при помощи показателя Херста / В. Бутаков, А. Граковский // Computer Modeling and New Technologies. – 2005, Vol.9, №.2. – С. 27-32.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Слесарєвим В.В.  
Надійшла до редакції 03.05.12 р.*

УДК 528.854

© С.Л. Никулин, О.В. Коробко

### **ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛИНЕАМЕНТНОГО АНАЛИЗА**

Выполнена экспериментальная оценка эффективности различных методов предварительной обработки космических снимков при решении геологических задач методами линейментного анализа. Показано, что качество выделения линейментов может быть повышено путём применения к исходным космоснимкам высокочастотного фильтра Баттерворта и идеального фильтра высоких частот.

Виконано експериментальну оцінку ефективності різних методів попередньої обробки космічних знімків при рішенні геологічних задач методами лінеаментного аналізу. Показано, що якість виділення лінеаментів може бути підвищена шляхом застосування до вхідних космоснімків високочастотного фільтра Баттерворта й ідеального фільтра високих частот.

The experimental evaluation of the effectiveness of various methods of satellite images pre-processing for solving geological problems by lineament analysis is conducted. It is shown that the quality of the lineaments selection can be improved through pre-processing of satellite images by high pass Butterworth filter, and of an ideal high pass filter.

**Постановка и состояние проблемы.** Развитие аппаратной и методологической базы спутниковых съемок приводит к возрастанию роли космических