

## ОЦІНКА РІВНЯ СТОХАСТИЧНОСТІ АКУСТИЧНОГО ШУМУ СТРУЙНИХ МЛИНІВ НА ОСНОВІ ПОКАЗНИКА ХЕРСТА

**Анотація.** Розглянуто метод фрактального аналізу часових рядів як показник Херста та його застосування для оцінки стану струменевого млина. Показано зв'язок між режимами роботи струменевого млина та показником Херста.

*Ключові слова:* фрактальний аналіз, стан струменевого млина, показник Херста.

Процеси подрібнення матеріалів відіграють важливу роль у багатьох галузях промисловості. Одним із типів млинів, який має ряд суттєвих переваг у порівнянні з іншими млинами, є струменевий млин.

Для управління процесом внутрішньомлинного завантаження використовують акустичні сигнали млина. Нині для формування інформаційних ознак акустичних сигналів млинів використовують спектральні методи та методи вейвлет-аналізу [1]. Складність процесу управління полягає у тому, що акустичний сигнал є нестационарним. Тому існуючі методи класифікації акустичного сигналу не забезпечують значення достовірності, за якої продуктивність млина є максимальною. Використання декількох методів класифікації акустичних сигналів, що супроводжують процес подрібнення, дозволяє більш точно контролювати рівень завантаження млинів.

Метою роботи є дослідження взаємозв'язку між завантаженням струменевого млина та показником Херста [2] акустичного сигналу, що супроводжує функціонування млина для забезпечення більш ефективного контролю стану млина порівняно з відомими методами.

Для оцінки можливості використання показника Херста акустичних сигналів було проаналізовано сигнали для різних режимів внутрішньомлинного завантаження струменевого млина. Були використані дані акустичного моніторингу процесу подрібнення шлаку. Аналізувалися такі режими функціонування струменевого млина:

1. подача матеріалу та перші секунди подрібнення (завантаження млина);
2. робочий режим (процес подрібнення);
3. розвантаження (закінчується подрібнення).

Для зазначених режимів роботи струминного млина були розраховані середні значення показника Херста  $H$  та фрактальна розмірність як  $D = 2 - H$ . У результаті розрахунків для завантаження показник Херста становив 0,0733, а фрактальна розмірність 1,9267. Для розвантаження  $H=0,2128$ ,  $D=1,7872$ . Для робочого режиму –  $H = 0,0302$ ,  $D = 1,9698$ .

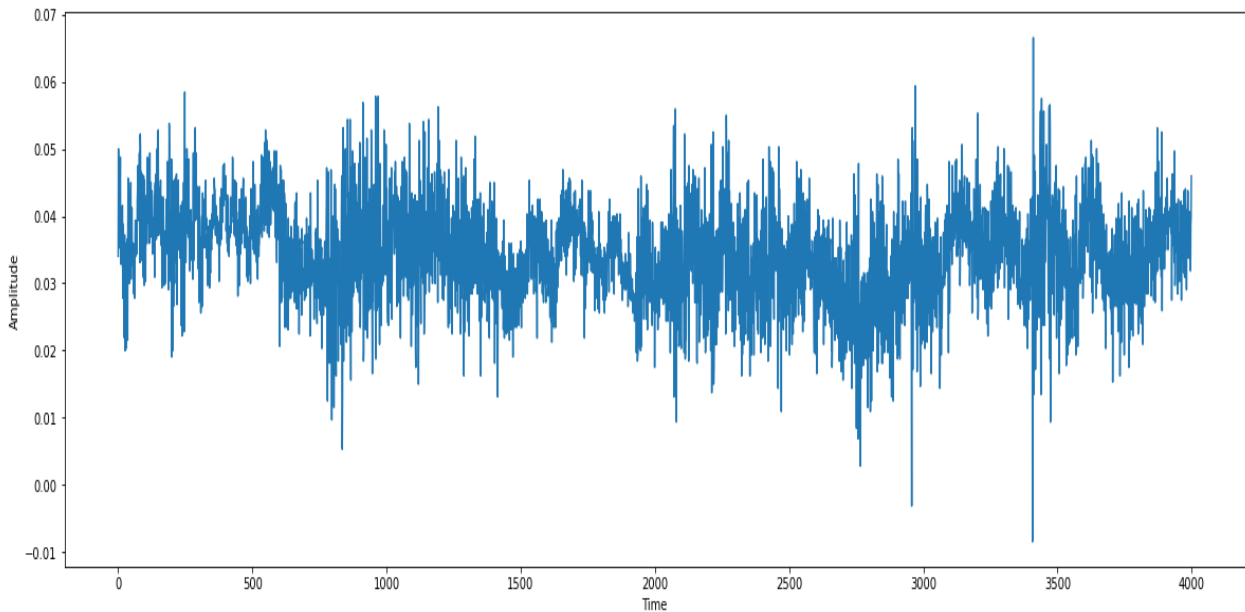


Рис. 1. Акустичний шум при робочому режимі роботи струминного млина

Отримані значення показника Херста свідчать про антиперсистентний характер тимчасових рядів стану струменевого млина і, відповідно, антиперсистентну поведінку їх прирощень.

**Висновки.** Розглянуто метод фрактального аналізу часових рядів як показник Херста та його застосування для оцінки стану струменевого млина. Показано зв'язок між режимами роботи струменевого млина та показником Херста. Розраховані фрактальні характеристики часових рядів виходячи з якого можна зробити висновок, що показник Херста для тимчасових рядів різних станів струменевого млина різних, але завжди залишається антиперсистентним і має довгу пам'ять. Отримані значення фрактальних характеристик можуть бути використані для оцінки поточного стану струминного млина та управління показниками подрібнення.

### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Pilgrim I., Taylor R. - Fractal Analysis of Time-Series Data Sets: Methods and Challenges. Intech Open 2018.
2. Clark, N. - Analyzing the Fractal Dimension of Various Musical Pieces. Industrial Engineering Undergraduate Honors Theses Retrieved from <https://scholarworks.uark.edu/ineguht/74> 2020
3. Makabe Y.; Muto K. - Application of fractal dimension to the evaluation of environmental / Inter-noise 2014
4. Krzywanski J., Urbaniak D., Otwinowski H., Wylecial T., Sosnowski M. - Fluidized bed jet milling process optimized for mass and particle size with a fuzzy logic approach / Materials 2020, 13, 3303; doi:10.3390/ma13153303