

**Сіданченко В.В., аспірант кафедри безпеки інформації та телекомунікацій  
Науковий керівник: Гусєв О.Ю., к.ф.-м.н., професор кафедри безпеки інформації  
та телекомунікацій**

*(Національний технічний університет "Дніпровська політехніка", м. Дніпро, Україна)*

### **ОБҐРУНТУВАННЯ ГІПОТЕЗИ ПРО ФРАКТАЛЬНИЙ (САМОПОДІБНИЙ) ХАРАКТЕР ЧАСОВИХ РЯДІВ ЯКИМИ ПРЕДСТАВЛЕНІ РЕЗУЛЬТАТИ ХІМІЧНОГО АНАЛІЗУ ЧАВУНУ НА ВИПУСКУ ДОМЕННОЇ ПЕЧІ**

До характерних особливостей доменного виробництва належать: 1) випадковий характер змін у часі фізичних та хімічних властивостей шихтових матеріалів; 2) велика кількість чинників (зокрема неконтрольованих), які впливають на кінцевий результат доменної плавки [1].

Зазначені особливості зумовлюють необхідність проведення досліджень властивостей часових рядів, якими представлені результати хімічного аналізу чавуну на випуску. Такі дослідження необхідні для розробки рекомендацій зі створення методик прогнозування хімічного складу чавуну за умов діючого виробництва, адекватних характеру прогнозованого процесу.

Аналіз часових рядів на самоподібність проводився на основі реальних даних про вміст кремнію в чавуні, отриманих у різні часові періоди на доменній печі №3 (ДП-3) Маріупольського металургійного комбінату ім. Ілліча (ММК).

Для калібрування часових вимірів Херст ввів безрозмірне відношення у вигляді поділу розмаху на стандартне відхилення спостережень R/S. Цей спосіб аналізу стали називати методом нормованого розмаху або R/S-аналізом [3].

Результат R/S-аналізу є обчислення показника Херста H, який є статистичною характеристикою структури. Розрахункові значення показника Херста склали  $H = 0,5966 \pm 0,1662$ , що підтвердило гіпотезу про самоподібний характер процесів.

Таким чином встановлено, що досліджувані часові ряди носять фрактальний характер і мають властивість самоподібності. Отже, подальше дослідження необхідно проводити не з використанням класичних стохастичних методів, а з використанням фрактальних методів та методів стохастичної динаміки, які адекватні характеру досліджуваних процесів.

Для кількісної характеристики та виявлення закономірностей, пов'язаних з динамікою системи, необхідний детальний аналіз геометричного образу динамічного режиму – атрактора, що є так званим басейном притягання траєкторій системи в D - мірному фазовому (або псевдофазовому) просторі [2]

У тому випадку, якщо аналізований часовий ряд є реалізацією випадкового процесу, то відновлений псевдоатрактор являє собою безструктурну хмару точок, яка при послідовному нескінченному збільшенні розмірності вкладення лагового простору, подібно до газу, заповнює весь наданий йому обсяг.

Форму дивного атрактора (фазовий простір 2D) для досліджуваного часового ряду у нормованих координатних осях наведено на рисунку 1. Тут видно області притягання, що є щільним «ядром». У той самий час для випадкової послідовності, точки відновленого псевдоатрактора утворюють безструктурну хмару в лаговому просторі.

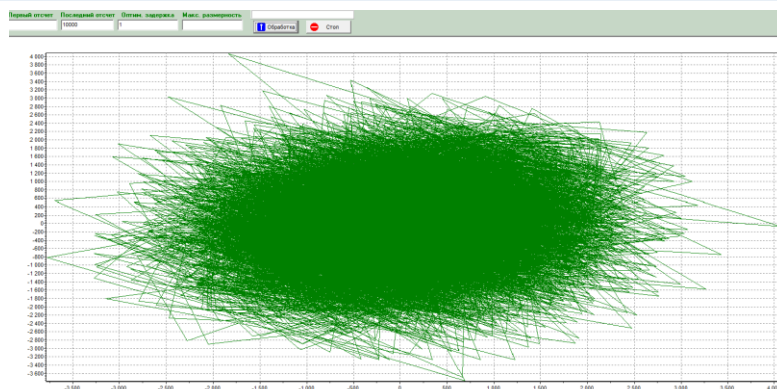


Рисунок 1 – Фазовий портрет дивного атрактора

Одна з характеристик хаотичних процесів - кореляційна розмірність відновленого атрактора  $D$  показує ступінь складності системи, що породжує процес. Чим складніша система, тим більше рівнянь потрібно для її опису, тим більша кореляційна розмірність, а сам процес ближчий за своїми характеристиками до білого шуму. Таким чином, цю величину можна розглядати як міру стохастичності процесу. У нашому випадку  $D = 9,867$ . Відомо, що кореляційна розмірність більше п'яти передбачає істотний вплив випадкових складових. Тоді можна залишити гіпотезу про те, що досліджувані ряди мають детермінований хаотичний характер зі стохастичними компонентами, а їх фазовий портрет є дивним атрактором.

Експериментально встановлено, що часові ряди, якими представлений відсотковий вміст кремнію в чавуні на випуску, носять фрактальний характер і мають властивість самоподібності. Показано, що в системі відбуваються явища нелінійної динамічної самоорганізації, що підтверджується також RS-аналізом часових рядів.

Продемонстровано, що часові ряди, які досліджуються, є персистентними (трендостійкими), мають довготривалу пам'ять і мають дивний атрактор з однією зоною тяжіння.

Використання методів теорії нелінійних динамічних систем та теорії фракталів дозволяють оцінити основні фрактальні характеристики досліджуваних часових рядів та отримати уявлення про зміну їх властивостей та еволюції.

### Перелік посилань

1. Gusev O.Yu., Gerasina O.V., Kornienko V.I. Methods and principles of control over the complex objects of mining and metallurgical production. In book "Energy Efficiency Improvement of Geotechnical Systems". – Taylor & Francis Group, London. – 2013. – p.p. 183-192.
2. Rjuel D., Takens F. Strange Attractors. Moscow, 1991. pp. 117-151.
3. Федер Е. Фракталы. – М.: Мир, 1991. – 262 с.