

*к.т.н. Хмелев А.Г.
Бубунец Ю.В., Долгопятенко С.И.
(ДонГТУ, г.Алчевск, Украина)*

СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО ДАННЫМ АНАЛИЗА ДИНАМИКИ МЕТАНОВЫДЕЛЕНИЯ ВЫЕМОЧНОГО УЧАСТКА

Розглянута можливість використання системи підтримки прийняття рішень для оперативного управління на основі даних після обробки та аналізу початкових статистичних часових рядів, пов'язаних з метановістю гірничих виробок.

Ключові слова: *система, метановість, виїмкова дільниця, ряд.*

Рассмотрена возможность применения системы поддержки принятия решений для оперативного управления на основе данных после обработки и анализа исходных статистических временных рядов, связанных с метанообильностью горных выработок.

Ключевые слова: *система, метанообильность, выемочный участок, ряд.*

Для обеспечения интенсивной рентабельной отработки газоносных угольных пластов требуются новые методы прогноза параметров метановыделения, базирующиеся на современных представлениях о взаимосвязях геомеханических, газодинамических и технологических процессов, образующих целостную систему [1]. Закономерности функционирования этой системы, позволяют целостно, согласованно во времени и пространстве описывать и планировать горно-технологические процессы. При этом главным объектом исследования выступают связи между изучаемыми процессами, выявление которых возможно на базе современных математических методов, реализуемых с помощью соответствующих программных продуктов. Поэтому разработка системы поддержки принятия решений (СППР) [2], включающей теории баз данных, статистического анализа и методы исследования физических процессов горного производства является актуальной задачей.

Решение поставленной задачи предполагает анализ динамических рядов взаимосвязанных процессов. Существует несколько методов анализа динамических рядов: регрессионные, ARIMA-модели, нейросетевые методы, методы, основанные на сингулярном разложении (SSA). Достоинством метода «Гусеница»-SSA является отсутствие требования

априорного знания модели ряда, но при этом сравнение этого метода с «модельными» методами показывает хорошие результаты. К преимуществам метода можно также отнести возможность работы с модулированными гармониками, что выгодно отличает его от методов, использующих анализ Фурье.

В основе метода SSA лежит следующий алгоритм [3]. Задавшись числом $L < N/2$ (длина гусеницы), значениями исходного ряда $F_N = \{f_0, f_1, \dots, f_{N-1}\}$ последовательно заполняют строки матрицы X . При этом первая строка содержит первые L элементов ряда, вторая – со второго элемента по $L+1$ и так далее, пока ряд не исчерпается. Далее находятся собственные числа $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_L$ (в порядке убывания) и соответствующие собственные векторы U_1, U_2, \dots, U_L матрицы $S = X \cdot X^T$. Сингулярное разложение матрицы X может быть записано, как $X = X_1 + X_2 + \dots + X_d$, где элементарные матрицы X_i вычисляются по формулам $X_i = \sqrt{\lambda_i} U_i \cdot V_i^T$, причем $V_i = X^T \cdot U_i / \sqrt{\lambda_i}$, $d = \max\{i, \lambda_i > 0\}$. Применяв к элементарным матрицам X_i процедуру диагонального усреднения, получают временные ряды $F_N^i = \{f_0^i, f_1^i, \dots, f_{N-1}^i\}$, представляющие собой компоненты исходного ряда F_N , такие, что $F_N = F_N^1 + F_N^2 + \dots + F_N^d$.

После группировки компонент по характеру поведения на временной оси с учетом степени вклада каждой в общую сумму получают окончательное разбиение ряда на полезный сигнал \tilde{F}_N и шум $\tilde{\tilde{F}}_N$:

$$F_N = \tilde{F}_N + \tilde{\tilde{F}}_N, \quad (1)$$

где $\tilde{F}_N = \tilde{F}_N^1 + \tilde{F}_N^2 + \dots + \tilde{F}_N^m$ представляется в виде суммы тренда, тренд-циклических, циклических и экспоненциально модулированных компонент.

На следующем этапе проводится сравнительный анализ выделенных компонент с другими факторами горного производства с целью выявления скрытых ранее (до разложения) закономерностей. Метод позволяет интерактивно производить непосредственный поиск гармонических и квазипериодических компонент, фильтрацию или сглаживание ряда, выбирая соответствующие значимые компоненты.

Практическая реализация СППР для оперативного управления на основе данных после обработки и преобразовании исходных статистических временных рядов, связанных с метанообильностью горных выработок, представляет собой программный продукт, выполненный на

языке DELPHI. В качестве математического аппарата для модуля прогнозирования использован описанный в настоящей работе математический аппарат. В качестве базовых компонентов использованы компоненты проекта JEDI, в модулях математической обработки использованы модифицированные методы и функции библиотек NEURALBASE, LAPACK и LINPACK [4].

Приведем результаты анализа динамики рядов акустической эмиссии (АЭ) и метанообильности выемочного участка с помощью СППР. Для анализа выбраны ряды среднесуточных значений акустической эмиссии и метанообильности, рисунок 1, 17 орловской лавы ш. “Молодогвардейская” ОАО Краснодонуголь в период после первичной посадки кровли, включающий 530 точек.

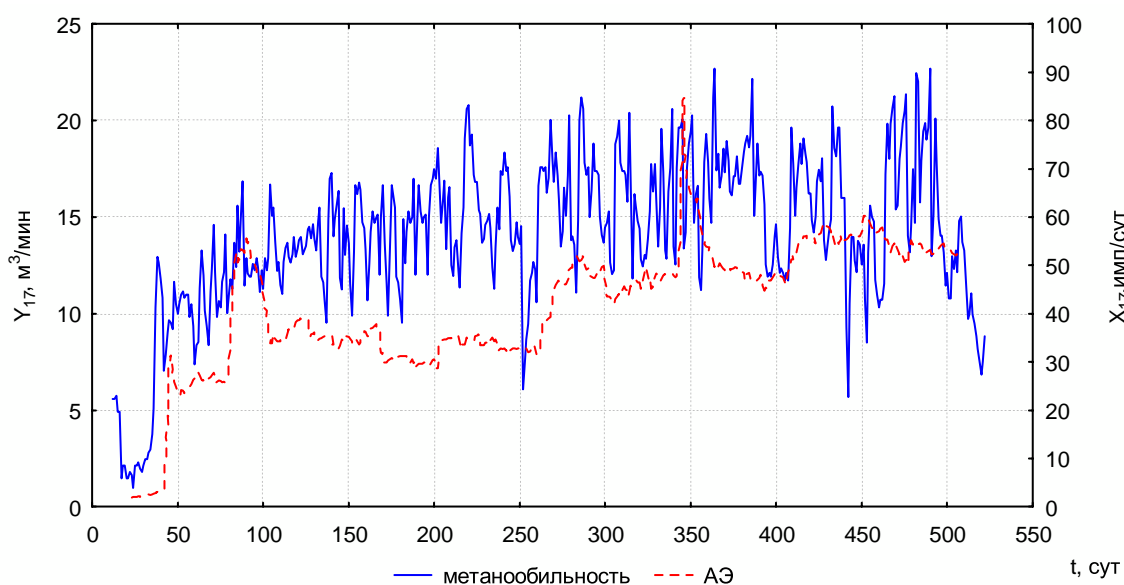


Рисунок 1 - Динамика акустической эмиссии и метанообильности 17 орловской лавы ш. “Молодогвардейская”

Визуальный анализ графиков не позволяет выделить характерные периодичности, но физическая сущность геомеханических процессов свидетельствует о периодичности, которая отражается акустическими сигналами. Произведем разложение рядов акустической эмиссии и метанообильности на компоненты с помощью сингулярного спектрального анализа SSA.

Исходя из условия разделимости компонент, выберем оптимальную длину окна $L=100$. По упорядоченным рядам собственных чисел ковариационных матриц оцениваем количество главных компонент, необходимых для восстановления ряда полезного сигнала. В данном случае оставляем по десять первых значимых компонент, которые объяс-

няют 95% дисперсий исходных рядов. Анализируя одномерные графики компонент, рисунки 2 и 3, выделяем трендовые, тренд-циклические и циклические компоненты.

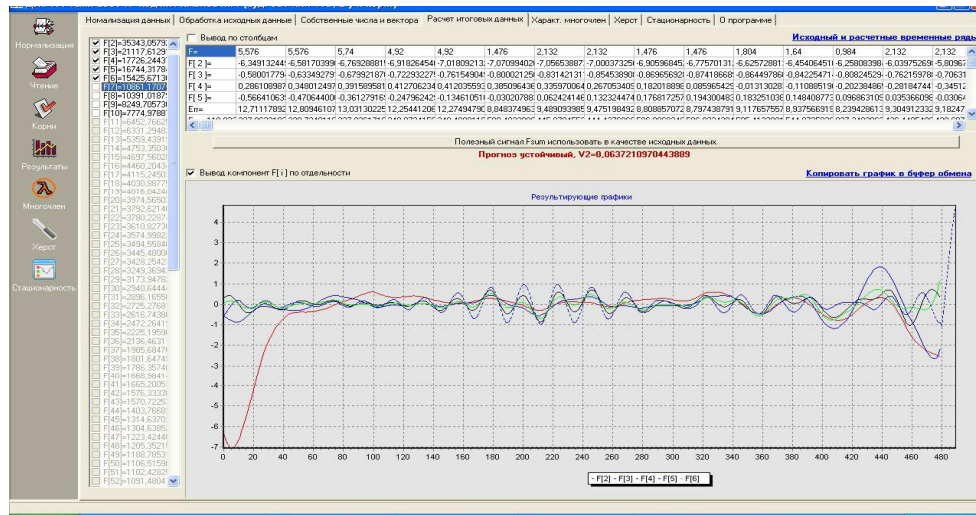


Рисунок 2 - Первые пять компонент разложения ряда метанообильности выемочного участка 17 орловской лавы

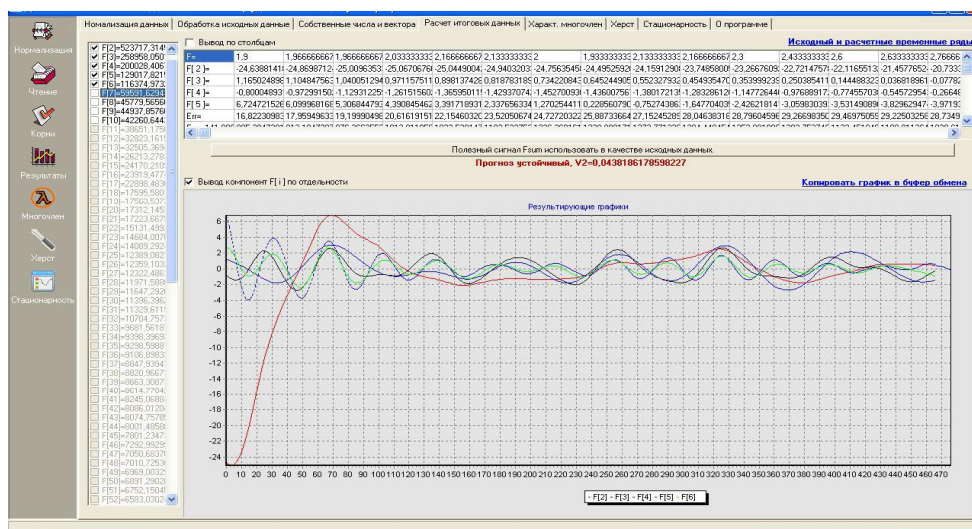


Рисунок 3 - Первые пять компонент разложения ряда акустической эмиссии 17 орловской лавы

Известно, что периодические обрушения пород кровли, зафиксированные в ряде акустической эмиссии, формируют периодические всплески метанообильности. Поэтому для прогноза метанообильности важно исследование взаимосвязи этих рядов, которая, прежде всего, проявляется в наличии в двух рядах согласованных по периоду компонент.

Согласованность компонент определенных периодов устанавливается с помощью кросс-спектрального анализа. Наиболее высокие коэффициенты когерентности (квадрат корреляции между циклическими компонентами соответствующей частоты) имеют компоненты с периодом 20-22, 34-37, 60-69 суток. Для других периодов коэффициенты когерентности значительно ниже. Кросс-анализ позволяет также определить фазовый сдвиг. Для выделенных гармоник большого периода 19-20, 34 суток отмечается запаздывание ряда метанообильности по отношению к ряду АЭ, которое в среднем составляет 2 суток.

В разложении метанообильности присутствует компонента, синхронизированная с компонентой АЭ, периода 60-66 суток, рисунок 4. При средней скорости подвигания 2,4-3,2 м/сут это соответствует 180м с задержкой примерно 3 суток, т.е. в среднем локальные максимумы метанообильности запаздывают по отношению к локальным максимумам АЭ на трое суток.

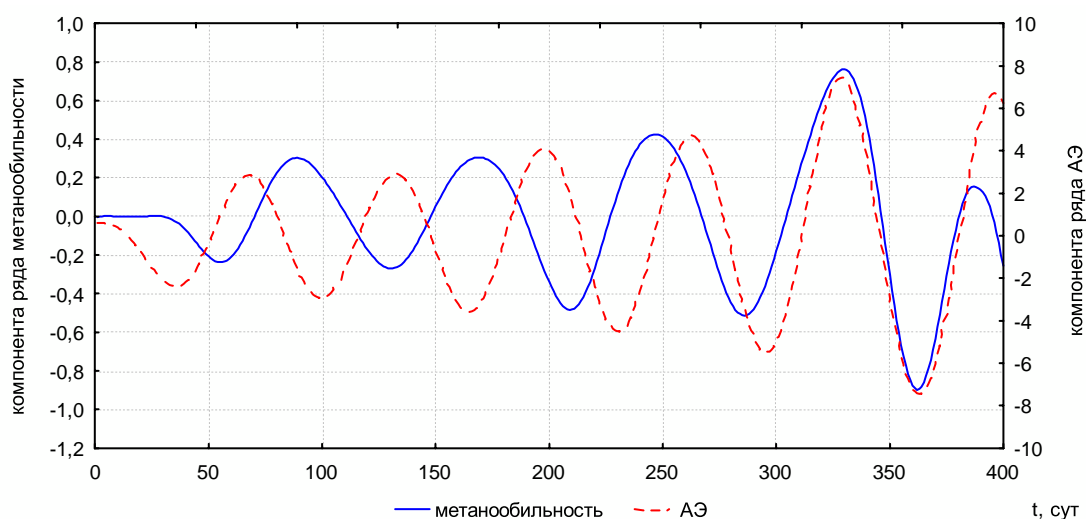


Рисунок 4 - Компоненты разложения метанообильности и акустической эмиссии периодичностью 60-66 суток

Проведенный анализ является основой прогнозных моделей, позволяющих своевременно менять параметры технологического процесса с учетом динамики метановыделения выемочного участка. Таким образом, по функциональному назначению разрабатываемая СППР является оперативной OLAP-системой активного типа, управляемой данными. Функционально разработанная СППР обладает следующими свойствами:

- оперирует со слабоструктурированными решениями;
- может быть адаптирована для группового и индивидуального использования;

- является гибкой и адаптируется к изменениям как организации, так и ее окружения;
- позволяет человеку управлять процессом принятия решений с помощью компьютера, а не наоборот;
- поддерживает эволюционное использование и легко адаптируется к изменяющимся требованиям.

Библиографический список

1. Пучков Л.А., Аюров В.Д. Синергетика горно-технологических процессов. М., МГГУ, 2004.– 264с.
2. Ларичев О. И., Петровский А. В. Системы поддержки принятия решений. Современное состояние и перспективы их развития. // Итоги науки и техники. Сер. Техническая кибернетика. — Т.21. М.: ВИНТИ, 1987, с. 131—164.
3. Голяндина Н.Э. Метод «Гусеница»-SSA: анализ временных рядов: Учеб. пособие. СПб: Изд-во СПбГУ, 2004. 76с.
4. Сараев А. Д., Щербина О. А. Системный анализ и современные информационные технологии //Труды Крымской Академии наук. — Симферополь: СОНАТ, 2006. — С. 47-59.

Рекомендована к печати д.т.н., проф. Клишиным Н.К.