

ВЛИЯНИЕ ДОБЫЧИ НА ВЫСОКОЧАСТОТНЫЙ СПЕКТР МЕТАНОВЫДЕЛЕНИЯ

На настоящее время известна закономерность, установленная научно-исследовательскими организациями в высокопроизводительных очистных забоях, согласно которой при непрерывном росте суточной добычи, начиная с определенного значения, наблюдается уменьшение метановыделения на выемочном участке [1–3]. Процесс метановыделения является случайным процессом. Поэтому может быть представлен суммой трендовой, циклической и случайной составляющей. Тренд задает низкочастотные колебания метановыделения, а отклонения от тренда — это высокочастотные составляющие. Низкочастотные составляющие более изучены. Известны исследования, проведенные в лаборатории газовой динамики ИУХМ СО РАН РФ, под руководством Полевщикова Г. Я., в которых установлено, что колебания метановыделения периода 5–30 суток вызваны периодическими обрушениями кровли по мере формирования полного свода обрушения.

Основная часть дисперсии среднесуточных значений, вызываемая низкочастотными колебаниями, учитывается коэффициентом неравномерности метановыделения в расчете необходимого количества воздуха. Высокочастотные колебания — колебания с периодом меньше суточных — отслеживаются автоматической газовой защитой. Согласно исследованиям МакНИИ [4], опасные значения метановыделения возникают при наложении максимальных амплитуд высокочастотных и низкочастотных колебаний. Для принятия мер по исключению подобных ситуаций необходимо изучить причину их возникновения, что и является целью настоящих исследований.

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

- провести непрерывный мониторинг работы очистного забоя и получить ряды последовательных во времени среднечасовых значений дебита метана и добычи;
- исследовать высокочастотные составляющие полученных рядов и выявить возможные причины их появления.

Исследования проводились в условиях 28 орловской лавы ш. «Молодогвардейская» объединения «Краснодонуголь». Лава была оборудована комплексом 2МКД90, проветривалась по возвратноточной схеме на массив с газоотводом по неподдерживаемым выработкам. В течение двух месяцев был проведен хронометраж работы угольного комбайна: в конце каждого часа фиксировалось положение комбайна в лаве по номеру секции крепи, что позволило определить добычу за каждый час работы. Совмещенные по времени среднечасовые значения метановыделения из очистного забоя рассчитывались по данным автоматической газовой защиты.

Далее, в рамках исследуемого двухмесячного периода работы лавы, выбраны два непрерывных участка наблюдений А и Б, каждый продолжительностью по 400 часов (17 суток). Участки выбраны таким образом, чтобы максимально отличались по добыче (табл. 1). Среднечасовая добыча на участке Б превышает добычу на участке А в 1,4 раза. Метановыделение при большой добыче было меньше, но значительно возрастает (в 1,5 раза) коэффициент вариации, а следовательно, и коэффициент неравномерности.

Для обеспечения возможности исследования внутренней структуры рядов с помощью спектрального разложения Фурье [5], исключены тренды, обусловленные присутствием низких частот.

На рисунке 1 представлен результат спектрального анализа ряда высокочастотных составляющих. В связи с поставленной задачей выявления физической причины высокочастотных колебаний, выделена полоса спектра статистически достоверных частот [5] (на рисунке выделена цветом).

Таблица 1 — Статистические характеристики участков наблюдений

Показатели наблюдений	Участки наблюдений с		Отношение показателей Б/А
	низкой добычей А	высокой добычей Б	
Продолжительность наблюдений, час	408	408	1
Средняя добыча, т/сут	1372	1984	1974/1372 = 1,4
Средний дебит метана, м ³ /мин	8,17	7,01	7,01/8,17 = 0,85
Коэффициент вариации метановыделения, %	14,8	22,5	22,5/14,8 = 1,5

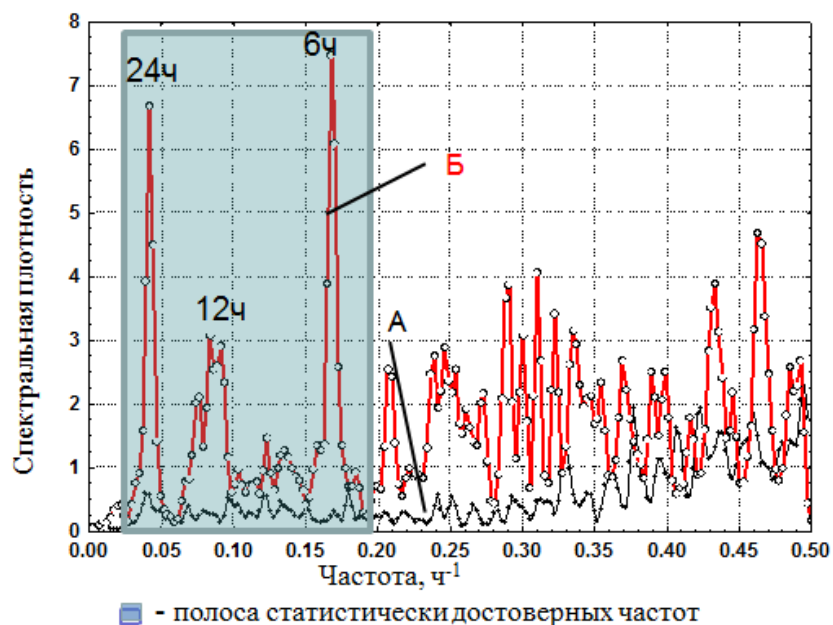


Рисунок 1 — Спектры рядов метанообильности

Вклад частот этой полосы в дисперсию ряда Б почти в два раза превосходит вклад в дисперсию ряда А. Специальным критерием Фишера в этой полосе выделены значимые частоты. Пики на рисунке свидетельствуют о наличии значимых гармоник на частотах $0,04 \text{ ч}^{-1}$, $0,08 \text{ ч}^{-1}$, $0,17 \text{ ч}^{-1}$ с периодами соответственно 24, 12 и 6 часов. Для окончательной идентификации наблюдаемых пиков проведен кросс-спектральный анализ рядов добычи и метановыделения (табл. 2).

Взаимосвязь гармоник оценивается коэффициентом когерентности (аналог коэффициента корреляции). Установлено, что максимальная согласованность наблюдается у суточной периодичности метана и добычи. Отрицательные значения фазовых смещений свидетельствует об отставании гармоники метана от соответствующей гармоники нагрузки. Таким образом, полученные факты согласованности частотного спектра метана и нагрузки не противоречат существующим представлениям о природе физических процессов метановыделения.

Таблица 2 — Результаты кросс-спектрального анализа

Добыча	Период, час	Коэффициент когерентности	Фазовое смещение, час
высокая	24	0,95	-0,77
	12	0,87	-0,68
	6	0,89	-0,05
низкая	24	0,85	-0,23

Выводы. Рост среднесуточной нагрузки увеличивает вклад детерминированных составляющих в неравномерность процесса метановыделения, а также увеличивает количество и амплитуды гармоник, связанных с организацией работ по добыче на выемочном участке.

Увеличение детерминированности процесса способствует лучшей его прогнозируемости, поэтому полученные результаты могут быть использованы при построении модели текущего прогноза среднесуточных значений метановыделения.

Список литературы

1. Бокий, Б. В. Влияние скорости подвигания на напряженно-деформированное состояние и газовую проницаемость массива / Б. В. Бокий, О. И. Касимов, И. В. Назимко // Уголь Украины. — 2009. — № 11. — С. 9–13.
2. Полевщиков, Г. Я. Газокинетический паттерн разрабатываемого массива горных пород / Г. Я. Полевщиков, Е. Н. Козырева // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2002. — № 11. — С. 117–120.
3. Касимов, О. И. Метановыделение в очистные выработки угольных шахт / О. И. Касимов, Б. В. Бокий, И. В. Назимко // Наукові праці УкрНДМІ НАН України. — 2007. — № 1. — С. 232–238.
4. Бусыгин, К. К. Усовершенствование алгоритма срабатывания аппаратуры автоматического контроля концентрации метана / К. К. Бусыгин, Ю. А. Иванов // Создание безопасных условий труда в угольных шахтах : сб. трудов МакНИИ. — Макеевка : МакНИИ. 1986. — С. 27–32.
5. Хургин, З. Я. Методика статистической обработки случайных процессов на ЭВМ / З. Я. Хургин, Г. М. Левинц, О. П. Земскова. — М. : ИГД им. А. А. Скочинского, 1976. — 28 с.