УДК 551.24

В.Н.ГУСЕВ,
А.С.ЗАРУКИН,
А.Н.ШЕРЕМЕТ
Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет)

ИССЛЕДОВАНИЕ ИНВАРИАНТНЫХ СВОЙСТВ ТРЕЩИНОВАТОСТИ МАССИВА В УСЛОВИЯХ ОДНОРОДНОГО ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ

Представлены результаты анализа инвариантности распределений параметров трещиноватости, в качестве критерия которой была выбрана инвариантность структурных особенностей функций вторых производных от соответствующих функций распределения азимутов, углов падения и расстояний между трещинами. Проведенные исследования на инвариантность в комплексе с фрактальным анализом позволили выделить в слоях песчаника и угля основные макроструктуры, что явилось основанием к оптимизации объемов полевых наблюдений за трещиноватостью массива.

The results of the analysis of invariancy of distributions of jointing parametres are introduced in this article. The invariancy of structural features of functions of second the derivative of the conforming cumulative distribution functions of athimuths, pitch angles and spacing intervals between joints was chosen like criterion. The held researches on invariancy in a complex with fractal analysis have helped to notice the basic macrostructures in the layers of sandstone and coal. It was the basis to optimization of volumes of field overseeings of jointing of a rock massif.

Для разработки методики наблюдений за состоянием массива и совершенствованием паспорта буровзрывных работ были выполнены исследования по изучению инвариантных свойств массива. В качестве объектов исследования использованы параметры трещиноватости (точнее, их изменчивость) Томусинского и Междуреченского карьеров как по падению, так и по простиранию угольного пласта и по простиранию песчаника кровли. Посредством математических преобразований изменчивость параметров трещиноватости (азимутов, углов падения и расстояния между трещинами) вдоль линии уступа преобразовывалась в функции кривизны, которые, в свою очередь, анализировались на изменчивость расстояния между экстремумами по мере разрежения сети опробования. Принципиальные подходы к структурному анализу были определены ранее [1].

Учитывая трудоемкость процесса обработки, для его автоматизации был создан макрос в Excel, работающий следующим образом. Сначала считываются данные по замерам (информативным пикетам). Затем формируется массив первых производных и массив точек первых производных (полупикетов), так как первые производные относятся к середине интервала. Далее формируется массив вторых производных и массив пикетов производных. Формируется массив точек пересечения второй производной с нулем (с осью абсцисс). Для этого анализируется знак элемента каждого массива вторых производных. Если он меняется, то линейной интерполяцией получают пикет пересечения. Учитывая большое количество промежуточных графиков, их не выводили. Результатом работы макроса стал итоговый график – график зависимости расстояния между нулевыми пересечениями x от рас-

стояния между информативными пикетами *l*, ради которого, собственно, и были выполнены все работы. На основе выполненных исследований был получен 21 график, – из них шесть для параметров трещиноватости песчаника, измеренных по простиранию (четыре для угловых ориентировок и два для расстояний между соседними трещинами), 15 – для параметров трещиноватости угольного пласта, измеренных как по падению, так и по простиранию.

На основании анализа этих графиков были сделаны следующие выводы. На всех кривых можно выделить три характерных участка: прямолинейный, ступенчатый и участок сильной флуктуации (рис.1). Так, например, на рис.1 при шаге разрежения 1-5 выделяется прямолинейный участок, при 5-23 – ступенчатый участок и после 23 – участок сильной флуктуации. Можно предположить, что линейный интервал является наиболее актуальным и характеризует сохранение свойства инвариантности функции изменчивости изучаемого параметра. Для систематизации результатов исследования все данные о конце линейного интервала (начало ступеньки) были сведены в специальные таблицы. Например, параметры трещиноватости угольного карьера «Томусинский» по простиранию следующие:

Параметр трещиноватости	A1	У1	P1	A2	У2
Начало ступеньки, шаг	7-8	8	10	6-7	6
Среднее расстояние между трещинами, м	0,4	0,40	0,40	0,6	0,6
Инвариантный интервал, м	2,8-3,2	3,2	4,0	3,6-4,2	3,6

Анализ полученных данных показал, что как для угольного, так и для песчаного пласта выделяется определенный инвариантный интервал, равный в среднем 4-5 м. Можно предположить, что именно этот вариант был первородным при трещинообразовании, т.е. при первичном трещинообразовании порода расчленилась на макроблоки размером 4-5 м. Все остальные трещины – производные последующего процесса.

Далее результаты структурного анализа функций вторых производных были исследованы на фрактальность. По ранее разработанному алгоритму [3] вычислялась фрактальная размерность для второй производной от первородной аналитической функции исследуемого параметра трещиноватости массива. И далее фрактальная размерность определялась для каждого последующего вида этой функции при последовательном разрежении. Результатом фрактального анализа аналитических функций распределения структурных характеристик массива стало построение графиков зависимости фрактальной размерности, характеризующей эту функцию на каждом шаге, от самого шага разрежения. Как и в предыдущем случае, был получен 21 график зависимости фрактальной размерности от шага разрежения для линейных и угловых параметров трещиноватости массива. На рис.2 приведена полученная зависимость для карьера «Тому-

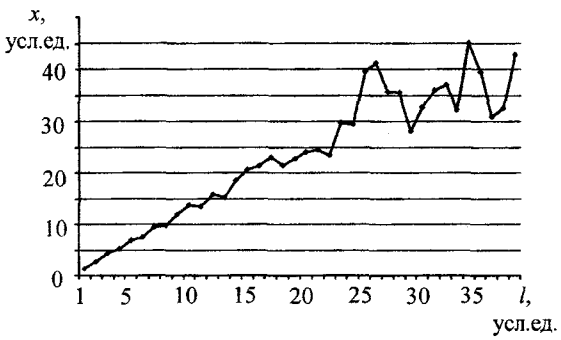


Рис.1. Зависимость расстояния между нулевыми пересечениями от расстояния между информативными точками (шага разрежения) для азимута простирания первой системы трещин угольного пласта карьера «Томусинский»

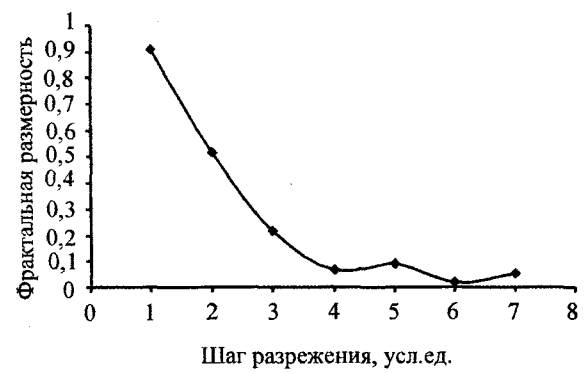


Рис.2. Зависимость фрактальной размерности от шага разрежения аналитической функции изменчивости для расстояния между трещинами первой системы, замеренного на карьере «Томусинский»

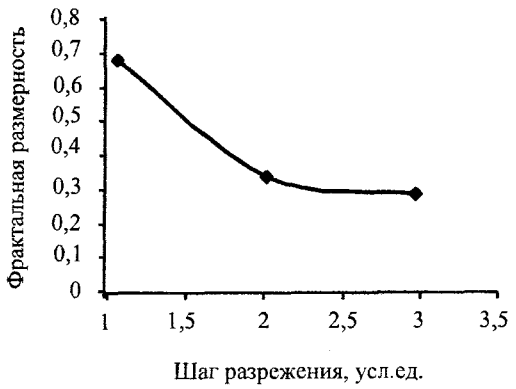


Рис.3. Зависимость фрактальной размерности от шага разрежения аналитической функции изменчивости для угла падения трещин второй системы, замеренного на карьере «Междуреченский»

синский». Аналогичные графики были построены и для карьера «Междуреченский».

Анализ графиков выявил четкую тенденцию к «выполаживанию» функции фрактальной размерности при увеличении шага разрежения аналитической кривой. На определенном шаге изменчивость исследуемого параметра практически отсутствует и фрактальная размерность стремится к нулю. Некоторое возрастание фрактальной размерности в конце (скачок) определяется малостью данных и ошибками измерения, поэтому ее учет возможен путем визуальной интерполяции. Очевидно, этот шаг и будет определять инвариантный интервал. Результаты выполненного анализа были сведены в таблицы. Например, для вышеприведенных условий Томусинского карьера получены следующие данные:

Параметр трещиноватости	A1	У1	P1	A2	У2
Шаг выполаживания	9	9	7	8	8
Среднее расстояние между трещинами, м	0,4	0,40	0,40	0,6	0,6
Инвариантный интервал, м	3,6	3,6	2,8	4,8	4,8

Не всегда возможно определить шаг, при котором фрактальная размерность равна нулю. Также трудно было интерпретировать результаты по падению пласта, что объясняется ограниченностью данных (рис.3).

Однако уже по полученным результатам можно говорить о хорошей коррелированности этих данных с данными, полученными по результатам структурного анализа.

На основе выполненных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Структурный анализ функций пространственного распределения параметров трещиноватости выявил поэтапный процесс ее формирования. Массив сначала расчленяется первичными трещинами на макроблоки размером около 4 м для угольного пласта и 5,5 м для песчаника. Вся остальная трещиноватость – производная последующего процесса трещинообразования.

2. Установленный механизм трещинообразования позволяет более обоснованно подойти к оптимизации полевых наблюдений за трещиноватостью массива. Так, ранее было доказано, что в условиях однородного геологического строения массива для достоверного представления о трещиноватости достаточно выполнить на одном пункте порядка 20 замеров [2]. Учитывая инвариантный характер распределения в пространстве квалиметрических и структурных свойств массива можно добавить, что эти замеры могут быть как сплошными, так и выполненными через некоторый интервал, рассчитанный таким образом, чтобы полученная выборка полевых наблюдений приходилась минимум на два блока. Это дополнение позволит более точно зафиксировать изменчивость показателей как на макро-, так и микроуровнях.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Гусев В.Н.* Принципиальные подходы к структурному анализу функций распределения горно-геометрических, квалиметрических показателей пород для выявления интервальных свойств / В.Н.Гусев, А.Н.Шеремет // Маркшейдерский вестник. 2004. № 2.

2. *Такранов Р.А.* Оптимизация изучения трещиноватости геологически однородных угленосных отложений / Р.А.Такранов, А.Н.Шеремет, В.П.Жилин // Маркшейдерский вестник. 2003. № 2.

3. *Шеремет А.Н.* Геометризация геотехнологических параметров разработки угольных месторождений методами фрактального анализа // Маркшейдерский вестник. 2003. № 3.