Math-Net.Ru
Общероссийский математический портал

А. Я. Белов, В. В. Павлова, Об объемах блоков трещиноватых массивов, *Докл. РАН*, 1995, том 342, номер 4, 534–536

https://www.mathnet.ru/dan49905

Использование Общероссийского математического портала Math-Net.Ru подразумевает, что вы прочитали и согласны с пользовательским соглашением
https://www.mathnet.ru/rus/agreement

Параметры загрузки:
IP: 18.97.14.90
22 января 2026 г., 21:59:29

ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК, 1995, том 342, № 4, с. 534 - 536

ГЕОФИЗИКА

УДК 513+622

ОБ ОБЪЕМАХ БЛОКОВ ТРЕЩИНОВАТЫХ МАССИВОВ

© 1995 г. А. Я. Белов, В. В. Павлова

Представлено академиком В.И. Кейлис-Бороком 28.05.94 г.

Поступило 06.06.94 г.

Геометрические свойства трещиноватого массива горной породы зависят как от физических характеристик породы, так и от геометрии блоков, на которые разбивается массив имеющимися в нем трещинами. Ряд задач, относящихся к геометрии блоков, в частности, о распределении блоков по объемам, представляет также самостоятельный интерес в маркшейдерской практике.

Рядом авторов [2, 3] рассматривалась модель массива горной породы, в которой трещины представляют собой системы параллельных равноотстоящих плоскостей. Для этой модели разработаны методы изучения распределения блоков по объемам (см., например, [3, 6]). Однако эти методы основаны на непосредственном моделировании массива, что является слишком трудоемким и не может дать качественного объяснения законов распределения.

Авторами настоящей работы предложен метод, основанный на соображениях эргодичности, который позволяет строить распределения блоков как по объемам, так и по любым другим геометрическим характеристикам. В ряде случаев метод обнаруживает бимодальный характер распределения объемов блоков, что согласуется с экспериментальными данными. На основе метода разработана программа для ЭВМ, которая по заданным параметрам систем трещин строит распределения блоков по объемам. Мы приводим результаты расчетов для равноотстоящей модели, т.е. модели, когда расстояния между трещинами в системах равны.

1. Пример. Исходная информация о параметрах систем трещин (1 - 5) соответствует данным о трещиноватости Овалтунского месторождения высокодекоративных мраморизованных известняков [3] в табл. 1.

Полученная гистограмма плотности распределения блоков по объемам изображена на рис. 1.

Заметим, что гистограмма объемов блоков имеет второй максимум. Второй максимум наблюдался и в других примерах расчетов по описанному методу [5, 9]. Полимодальность, в частности бимодальность распределения объемов блоков, отмечается также для гистограмм, полученных экспериментальным путем в работах [10] (рис. 2), [1] (рис. 3),

Различие в поведении гистограмм в окрестности нуля связано с тем, что мелкие блоки маркшейдерами не учитываются.

Можно предположить, что появление второго максимума является подтверждением выводов М.А. Садовского [7] о характерных наиболее частых размерах отдельностей, образующих дискретный ряд. М.А. Садовским показано, что естественные блоки, выявленные при изучении горных пород, обнаруживают некоторую упорядоченную иерархию, а статистические распределения размеров в пределах каждого иерархического уровня схожи между собой. Подчеркивалось также характерное свойство в распределении отдельностей соответствующих иерархических уровней, заключающееся в их "двугорбости" [7, 8].

Отметим, что при расчетах для модели, когда межтрещинные расстояния распределены по закону Пуассона, полимодальность не обнаруживается. Это означает наличие преимущественных величин межтрещинных расстояний. Видимо, это связано с разгрузкой породы, окружающей трещину.

Таблица 1

Параметр	1	2	3	4	5
Угол падения, градусы	78	82	81	74	74
Азимут простирания, градусы	138	182	40	98	73
Расстояние между соседними трещинами, м	0.46	0.6	0.7	1.2	1.3

Московский математический центр

2. Математическая идея описанного метода основана на соображениях эргодичности. Она состоит в том, чтобы описать локальные участки массива, т.е. характеристики каждого участка. Усреднение таких характеристик дает характеристику всего массива.

Применительно к рассматриваемой задаче это означает следующее. В качестве локальных областей выбираются параллелепипеды, образованные пересечением трех фиксированных систем. Оказывается, что геометрию каждой такой локальной области (параллелепипеда), т.е. ее разбиение на монолитные блоки остальными $n-3$ системами, можно описать $n-3$ параметрами, характеризующими сдвиги $n-3$ систем относительно этой области. Можно доказать, что все сдвиги равновероятны и независимы [5, 9]. Поэтому процедура вычисления содержания блоков с заданными свойствами состоит в следующем:

генерации параметров, определяющих сдвиги систем и являющихся реализациями равномерно распределенной случайной величины;

вычислении содержания блоков с заданными свойствами в локальных областях, соответствующих каждому параметру сдвига;

усреднении всех полученных величин.

Соображения эргодичности дают возможность объяснить на качественном уровне явление второго максимума в гистограмме объемов блоков.

Рассмотрим для простоты случай четырех систем, из которых первые три разбивают пространство на единичные кубы, а четвертая параллельна их диагонали. Так как все сдвиги f четвертой системы относительно кубов равновероятны, то плотность вероятности того, что объем i-й части разбиения куба равен V, пропорциональна

$$df/dV_i = (V_i'(f))^{-1}.$$

Объем пересечения куба с полосой, образованной четвертой системой, имеет максимум и, кроме того, в момент прохождения этого максимума при сдвижении полосы меняется мало, т.е. $(V_i'(f))^{-1}$ имеет максимум.

Поведение гистограммы вблизи нуля можно объяснить тем, что плотность вероятности при $V \to 0$ имеет асимптотику $V^{-2/3}$, поскольку объем самой малой части разбиения куба пропорционален f^3, а его производная $-f^2$.

Заметим, что разработанный метод и соответствующая ему программа позволяют вывести закон поведения второго максимума в зависимости от количества и параметров систем разрывов.

Метод позволяет также находить распределения блоков не только по объемам, но и по любым

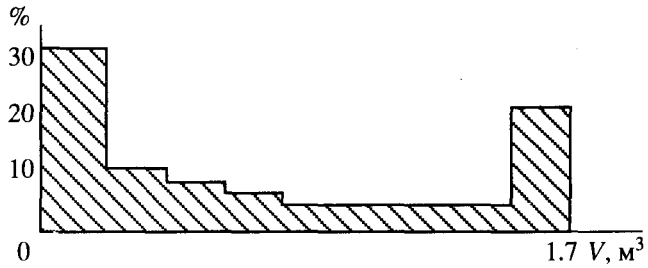

Рис. 1.

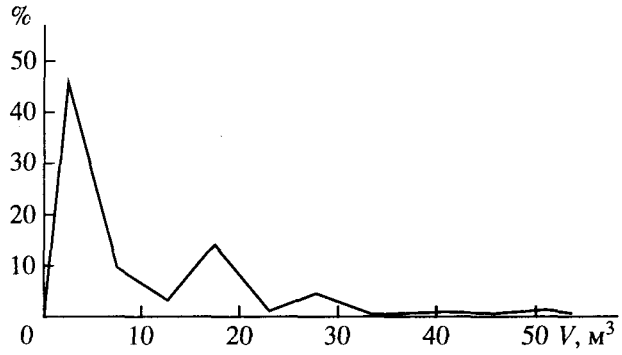

Рис. 2.

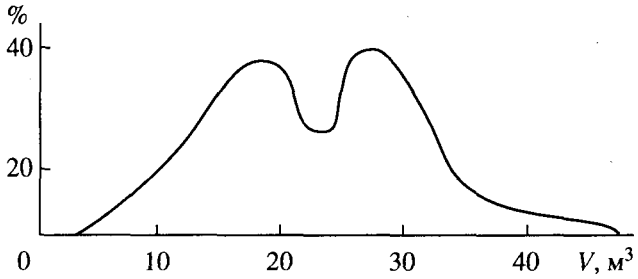

Рис. 3.

другим геометрическим параметрам, например, таким как количество и ориентации граней блоков. Как отмечалось в работах Р. Гудмена [4], в некоторых случаях ориентация граней блока определяет его подвижность. Кроме того, с помощью описанного метода можно строить распределения площадей граней блоков в заданных направлениях, что может быть полезным при решении ряда задач фильтрации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Батугин С.А., Бирюков А.В., Крылатчанов Р.М.* Гранулометрия геоматериалов. Новосибирск. Наука, 1989.
2. *Чернышев С.Н.* Трещины горных пород. М.: Наука, 1983.

3. *Анощенко Н.Н.* Геометрический анализ трещиноватости и блочности месторождений облицовочного камня. Метод. указания. М., 1983.

4. *Goodman R.E., Gen-hua Shi.* Block Theory and Its Application to Rock Engineering. New Jersey: Prentice-Hall, INC, Englewood Cliffs, 1985.

5. *Белов А.Я.* Геометрические свойства блочных сред. Деп. ВИНИТИ. 16.01.91, N272-B91.

6. *Количко А.В.* Опыт оценки блочности трещиноватого массива скальных пород. Тр. Гидропроекта. М.: Энергия, 1966.

7. *Садовский М.А.* // ДАН. 1983. Т. 269. № 1. С. 69 - 72.

8. *Садовский М.А., Болховитинов Л.Г., Писаренко В.Ф.* // Изв. АН СССР. Физика Земли. 1982. № 12. С. 3 - 18.

9. *Pavlova V.V.* Study of Geometrical Properties of Blocks in Jointed Rock Mass Using Statistical Geometry. Proc. of the XXIII Intern. Simp. on the Application of Computers and Operations Research in the Mineral Industry. Tucson, Arisona. USA. April 7 - 11, 1992. P. 367 - 373.

10. *Никитин В.В.* Оценки блочности месторождений облицовочного камня // Дис. ... канд. техн. наук. М.: МГИ, 1985.