Всероссийское СМИ
«Академия педагогических идей «НОВАЦИЯ»
Свидетельство о регистрации ЭЛ №ФС 77-62011 от 05.06.2015 г.
(выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций)

Сайт: akademnova.ru
e-mail: akademnova@mail.ru

Козырев А.В. Расчёты естественной трещиноватости и блочности горных пород // Академия педагогических идей «Новация». Серия: Студенческий научный вестник. – 2020. – №5 (май). – АРТ 56-эл. – 0,2 п.л. - URL: http: //akademnova.ru/page/875550

РУБРИКА: НАУКИ О ЗЕМЛЕ

УДК 622.035

Козырев Андрей Владимирович
студент 1 курса, Горный факультет
Научный руководитель: Молдован Д. В.,
доцент кафедры взрывного дела, к. т. н., доцент
ФГБОУ ВО «Санкт-петербургский горный университет»
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация
e-mail: dmitriy_moldovan@mail.ru

РАСЧЁТЫ ЕСТЕСТВЕННОЙ ТРЕЩИНОВАТОСТИ И БЛОЧНОСТИ ГОРНЫХ ПОРОД

Аннотация: Проведён метод подсчёта параметров систем трещин горного массива, показан наиболее эффективный. Показан метод расчёта естественных блоков в горной породе.

Ключевые слова: метод, расчет, трещиноватость горных пород, блочность.

Kozyrev Andrey Vladimirovich
1st year student, faculty of mining
Supervisor: D. V. Moldovan,
Associate Professor at the Department of Blasting, PhD, docent
«Saint-Petersburg Mining University»
Saint Petersburg, Russian Federation
e-mail: dmitriy_moldovan@mail.ru

CALCULATIONS OF NATURAL FRACTURING AND BLOCKING OF ROCKS

Abstract: The method of calculation of parameters of systems of cracks of a mountain file is carried out(spent), most effective is shown. The method of account of natural blocks in mountain breed is shown.

Keywords: method, calculation, fracturing of rocks, blocking.

Подход к изучению естественной блочности породного массива зависит от типа трещиноватости. При системной трещиноватости месторождений обычно наблюдается три системы трещин, а структурные блоки по форме близки к параллелепипеду, диаметром которого может служить наибольшее ребро [1]. В этом случае необходимую эмпирическую информацию дают замеры расстояния между трещинами в системе с минимальной частотой трещин.

По характеру сетей трещин выделяют системную, хаотическую и полигональную трещиноватости. При системной трещиноватости породный массив рассечён несколькими системами параллельных плоскостей трещин. Если трещины не объединяются в системы и случайно ориентированы в пространстве, то трещиноватость называют хаотической. Полигональные системы трещин разбивают природный массив на структурные блоки, близкие по форме к многогранникам [2].

Количественной характеристикой трещиноватости является частота трещин λ (среднее число трещин, пересекающих отрезок единичной длинны). Эта характеристика как функция направления в пространстве может обладать значимой вариацией. В этом случае трещиноватость анизотропная и

Всероссийское СМИ
«Академия педагогических идей «НОВАЦИЯ»
Свидетельство о регистрации ЭЛ №ФС 77-62011 от 05.06.2015 г.
(выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций)
Сайт: akademnova.ru
e-mail: akademnova@mail.ru

обуславливает сейсмическую анизотропию природного массива. Если же вариация λ незначима (случайна), то трещиноватость изотропная [2].

Измерение расстояния между трещинами в системах нередко оказывается затруднительным, а иногда и не возможным. Поэтому чаще всего используют линейный метод, состоящий в измерении расстояния между следами трещин на какой-либо прямой, то есть в определении длинны отрезков пересечения прямой со структурными блоками.

Непосредственные измерения частоты трещин возможны лишь на поверхности природного массив, что снижает ценность эмпирической информации.

Для изучения системной трещиноватости куб с единичным ребром рассекался m системами параллельных плоскостей с равномерно распределённым расстоянием между соседними плоскостями в каждой системе. Частота трещин вычислялась в направлениях рёбер и диагоналей куба с четырёх кратным повторением опыта для каждого числа систем трещин. В результате установлено, что при m=3 и m=4 направление в пространстве значимо влияет на вариацию величины λ, т.е. лишь в этих двух случаях системная трещиноватость обладает анизотропией. При $m \phi 4$ трещиноватость изотропна.

Моделирование хаотической трещиноватости осуществлялась сечением куба с единичным ребром n случайными плоскостями с равномерно распределёнными координатами точек соответствующего параметрического пространства. При таком разбитии число структурных блоков (выпуклых многогранников) составляет

$$N = {\left(n^3 + 5 \cdot n + 6\right)} \Big/ 6 \qquad (1)$$

[5] или для достаточно большого числа секущих плоскостей

$$N \approx n^3/6\,. \tag{2}$$

Следовательно, средний удельный объём структурного блока

$$\overline{V} = 1/N = 6/n^3\,. \tag{3}$$

Частота трещин с четырёх кратным повторением опытов вычислялась в тех же направлениях, как и прежде. Результаты вычислений по схеме однофакторного дисперсного анализа, показывает, что для всех значений $n \geq 4$ хаотическая трещиноватость изотропна [3].

А.В. Бирюков предложил рассматривать совокупность хаотических систем трещин как поле плоскостей с некоторой плотностью λ, равной среднему количеству плоскостей, секущих всякий линейный отрезок единичной длинны. Другими словами, значение $1/\lambda$ равно усреднённому расстоянию между следами трещин на произвольной прямой, что даёт простой способ экспериментального определения параметра λ. Плоскости, как говорилось выше, разбивают пространство на выпуклые многогранники (структурные блоки). Вероятность распределения геометрических характеристик многогранников неизвестна. В работе Майлза [4] предполагается определять некоторые средние значение характеристик, в частности математическое ожидание суммарной длинны рёбер L, площади поверхности S и объём V многограника равны, соответственно, $12/\lambda, 24/\pi\cdot\lambda^2, 6/\pi\cdot\lambda^2$. Вторые моменты этих величин составляют $24(\pi^2+1)/\lambda^2, 240/\lambda^4, 48/\lambda^6$. Опираясь на эти результаты и проведя математические преобразования, получим обобщённую функцию вероятности распределения структурных блоков по размерам:

$$F(X) = 1 - \exp \cdot \left(-\lambda \cdot x\right) \cdot \sum_{n=0}^{k} \left(\lambda \cdot x\right)^n \big/ n! \,. \qquad (4)$$

Далее была предложена следующая формула:

$$F(V) = 1 - \exp \cdot \left(-V \big/ \overline{V}\right) \cdot \left(1 + V \big/ \overline{V}\right). \qquad (5)$$

В обоих формулах F функция гранулометрического состава блоков.

Из этих формул можно сделать вывод, что при хаотической трещиноватости структуризация блоков проходит по экспоненциальному закону.

Полигональные сети трещин формируются за счёт внутренней энергии природного слоя. Такое явление характерно при застывании лавовых покровов. В этом случае сеть трещин локализована в одном породном слое и ортогональна к нему [3]. Поэтому можно рассматривать двухмерную картину трещиноватости с разбиением плоскости на многоугольные сетки.

Случайное разбиение пространства на клетки или ячейки производиться различными способами, исходя из некоторых постулатов. Один из таких постулатов относится к зарождению кристаллов. Вероятностная модель кристаллизации принадлежит А.Н. Колмогорову [5] и может служить основой для описания полигонального трещинообразования.

Рассмотрим однородное поле точек, у которого плотность равна среднему числу точек в области единичного объёма. Разделим данное пространство на клетки по правилу: клетка содержит все точки пространства, ближайшие к фиксированной точке по сравнению с другими точками поля. Соответствующая клетке точка поля называется её центром. Эта модель описывает процесс кристаллизации, когда ядра кристаллов зарождаются в центрах клеток и начинают равномерно расти с одинаковой скоростью во всех направлениях. При моделировании полигональной трещиноватости выбиралось n случайных точек и строилась диаграмма Вороного.

Для проверки изотропности полигональной трещиноватости вычислялись значения частоты трещин λ в четырёх направлениях с шагом 45^{o}. Наибольшее и наименьшее среднее значение частоты трещин по 4-ом параллельным наблюдениям сравнивались по критерию со статистикой $2 \cdot (\max\lambda - \min\lambda) / (R_1 - R_2)$, где R_1, R_2 - размах выборок [9]. В результате установлено, что сравниваемые средние значения на уровне значимости 0,05 отличаются друг от друга незначимо (случайно). Отсюда следует, что полигональная трещиноватость изотропна.

Таким образом, из всех типов трещиноватости породных массива анизотропией обладает лишь системная при наличии в массиве трёх и четырёх систем трещин.

При исследовании блочной структуры породного массива достаточно установить: для системной трещиноватости наибольшее расстояние между трещинами в системе с минимальной частотой трещин, для хаотической – среднюю частоту трещин в произвольном направлении, для полигональной – среднюю площадь ячейки. Эта минимальная эмпирическая информация позволяет найти любые гранулометрические характеристики естественной блочности [4].

Далее представлен расчёт естественной блочности горного массива, основанный на тех же принципах, что и представленные выше методы. Изменяемым параметром является величина λ (1,7; 2,0 и 2.3 $м^{-1}$), в зависимости от этого параметра изменяются данные графика, строимые по формуле:

Всероссийское СМИ
«Академия педагогических идей «НОВАЦИЯ»
Свидетельство о регистрации ЭЛ №ФС 77-62011 от 05.06.2015 г.
(выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций)
Сайт: akademnova.ru
e-mail: akademnova@mail.ru

$$I(x) = \ln(K_* + 1) \cdot (\lambda \cdot x)^4 \cdot e^{-\lambda \cdot x}, \qquad (6)$$

где K_*=5 (для скальных пород), x - размер трещины, от 0 до 5 метров, λ - среднее число трещин на единицу длинны профиля (средняя частота трещин

$$\lambda = \frac{1}{\bar{x}}, \qquad (7)$$

$\bar{x}$ - среднее расстояние между трещинами).

Ниже приведены примеры графиков распределения гранулометрического состава естественных блоков от размера трещин.

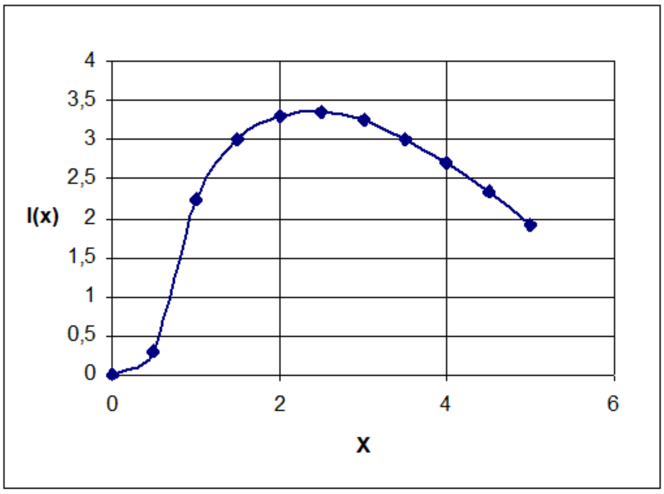

Рис №1. Распределение гранулометрического состава состав при частоте трещин 1,7 $м^{-1}$.

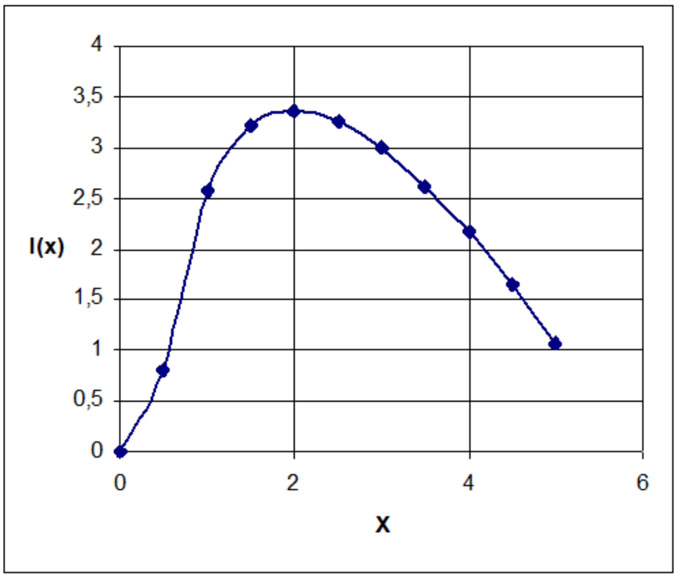

Рис №2. Распределение гранулометрического состава состав при частоте трещин

2,0 $м^{-1}$.

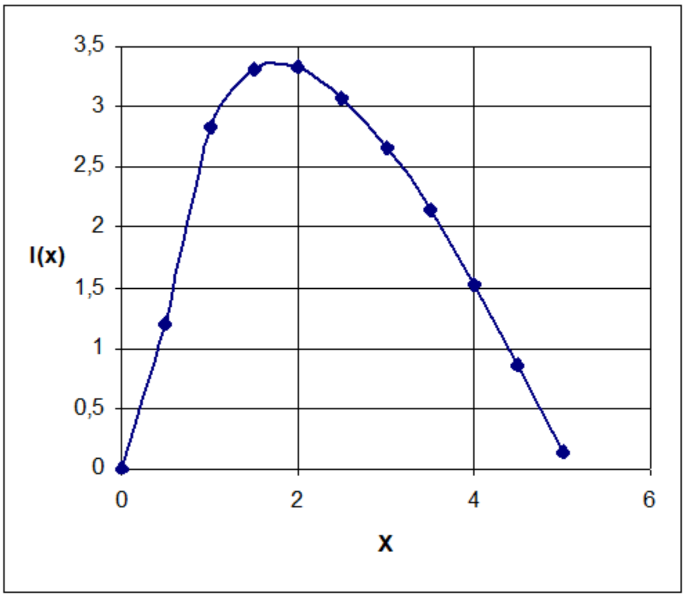

Рис №3. Распределение гранулометрического состава состав при частоте трещин

2,3 $м^{-1}$.

Всероссийское СМИ
«Академия педагогических идей «НОВАЦИЯ»
Свидетельство о регистрации ЭЛ №ФС 77-62011 от 05.06.2015 г.
(выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций)

Сайт: akademnova.ru
e-mail: akademnova@mail.ru

Список использованной литературы:

1. Бирюков А.В. «Гранулометрия естественной блочности пород», Горный журнал, №12, 1992.
2. Препарата Ф., Шеймос М. «Вычислительная геометрия», М., Мир, 1989.
3. Бирюков А.В, Гурьянов К.И. «Моделирование естественной трещиноватости горных пород», Вестник Кусбаского Государственного технического университета, №3, 2001.
4. Сантало Л. «Интегральная геометрия и геометрические вероятности», М., Наука, 1983. – 358 с.
5. Колмогоров А.Н. «Теория вероятностей и математическая статистика». Сборник статей, М., Наука, 1986.
6. Закс Л., «Статистическое оценивание», М., Статистика, 1976.

Дата поступления в редакцию: 29.04.2020 г.
Опубликовано: 05.05.2020 г.