

МЕТОДЫ КАЧЕСТВЕННОЙ И КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ ТРЕЩИНОВАТОСТИ ГОРНЫХ ПОРОД

Проведено ретроспективний огляд існуючих методик визначення якісних та кількісних показників тріщинуватості гірських порід.

QUALITATIVE AND QUANTITATIVE ASSESSMENT FRACTURED ROCKS

A retrospective review of the existing methods of determining the qualitative and quantitative indicators of fracturing of rocks.

Трещиноватость горных пород, как общее свойство горного массива, представляет собой фактор, действующий постоянно и оказывающий существенное влияние на условия разработки. Изучение трещиноватости необходимо для успешного решения целого ряда практических задач, таких, например, как оценка устойчивости обнажений, установление связи трещиноватости с углами обрушения и сдвига горных пород, оценка устойчивости бортов карьеров, определение коллекторских свойств горных пород, изучение влияния трещиноватости на дробление среды взрывом и т.п.

Трещины в горной породе обычно распределяются не хаотически, а по некоторым системам, характеризующимся определенной ориентировкой в пространстве, раскрытием трещин и их густотой, измеряемой количеством трещин на единицу длины в направлении, нормальном к их плоскостям. Однако необходимо отметить, что хотя интерес к изучению трещиноватости в настоящее время велик, до сих пор не разработаны ни методика ее изучения, ни методы учета ее при решении тех или иных горных задач. Поэтому разные авторы предлагают различные методы классификации и оценки трещиноватости горных пород, наиболее распространенные из них приведены ниже.

Различают трещины по их происхождению, деля их на эндогенные, образовавшиеся под влиянием внутренних процессов, и экзогенные – образовавшиеся в результате внешних воздействий (тектонических процессов). Ориентировка эндогенных трещин связана с простиранием пород и изменяется по мере его изменения. Экзогенные трещины разделены на три системы: продольные (совпадающее с основным направлением складчатости), поперечные (имеющие направление, близкое к меридиональному) и диагональные – секущие простирание основных складок с северо-востока на юго-запад.

В качестве основных характеристик трещиноватости массива наиболее часто применяются следующие.

- 1) Степень трещиноватости – n_T – число трещин одной системы на 1 м длины в направлении, перпендикулярном поверхности разрыва.
- 2) Среднее расстояние между трещинами – величина обратной степени трещиноватости $d_T=1/n_T$.
- 3) Структурный объем – наименьший однородный объем (отдельность) по-

роды, образованный системой трещин пересекающих массив $V_{с.о}=d_a d_b d_c$, где d_a , d_b и d_c – среднее расстояние между трещинами во взаимно перпендикулярных направлениях.

ВНИМИ предлагает характеризовать трещиноватость массива средними размерами структурных блоков, на которые он разбивается трещинами (табл. 1).

Таблица 1 – Характеристика трещиноватости массива

Степень трещиноватости пород	Сильно-трещиноватые	Средне-трещиноватые	Слаботрещиноватые
Средние размеры структурных блоков, см	<(10-15)	15-50	>(50-100)

Геометрическая классификация. Согласно этой классификации определяется ориентировка трещин относительно плоскости напластования. По углу φ между плоскостью трещины и плоскостью напластования трещины разделяются на две группы – нормальносекущие ($\varphi = 70 - 90^\circ$) и косесекущие ($\varphi = 0 - 70^\circ$), а по углу ω между линией простирания пород и линией пересечения плоскости трещины с плоскостью напластования – на три: продольные ($\omega = 0 - 20^\circ$), диагональные ($\omega = 20 - 70^\circ$) и поперечные ($\omega = 70 - 90^\circ$).

При разработке пластовых месторождений для решения многих горнотехнических вопросов, связанных с управлением горным давлением в подземных выработках и устойчивостью бортов в карьерах необходимо определять трещиноватость горных пород и параметры ориентировки трещин по отношению к поверхностям напластования и элементам системы разработки. Применяемая в настоящее время методика изучения трещиноватости пород с помощью определения азимутов и углов падения трещин, применяемая для общей геологической оценки трещиноватости пород и их связи с тектоническими процессами, для рассматриваемых целей неудобна, так как не дает возможности непосредственного измерения указанных углов. Для этого, как известно, требуется проведение трудоемких пересчетных операций. Кроме того, в подземных выработках возможны ошибки измерений из-за влияния магнитных масс.

Одна из предлагаемых методик изучения трещиноватости горных пород позволяет непосредственно измерять положение поверхностей трещин по отношению к поверхностям напластования и элементам систем разработки. Здесь условно принято за начальное (нулевое) направление отсчета углов – направление простирания пласта, которое, согласно известному правилу горной геометрии, считается направленным налево относительно наблюдателя, смотрящего на кровлю пласта или направо относительно наблюдателя, смотрящего на почву. В этом случае положение любой трещины относительно поверхности напластования может быть определено двумя углами – β и γ . (β – угол между направлением простирания пласта и линией пересечения трещины с кровлей или

почвой (следом трещины); γ – угол между поверхностью трещины и напластованием, определяемый в плоскости, перпендикулярной к линии их пересечения).

При определении степени трещиноватости горного массива важно установить, какими именно количественными показателями она должна характеризоваться. По мнению еще одних авторов, коэффициент, характеризующий степень трещиноватости, должен показывать степень раздробленности массива плоскостями ослабления при любом количестве систем трещин, причем структура этого коэффициента должна быть такой, чтобы в нем можно было учесть силы сцепления и силы трения по поверхностям трещин. Если коэффициент трещиноватости будет отвечать этим требованиям, с его помощью можно будет сравнивать не только отдельные участки месторождения, но и отдельные месторождения между собой.

В геологической литературе рекомендуется характеризовать трещиноватость горных пород объемной плотностью трещин T . Однако, практически кроме этой величины авторы предлагают еще одну – удельный объем трещинных пустот Π .

Из определения указанных двух величин следует, что они выражаются следующими формулами:

$$T = \frac{\sum_{i=1}^n S_i}{V}$$

$$\Pi = \frac{\sum_{i=1}^n S_i \varepsilon_i}{V}$$

где

$\sum_{i=1}^n S_i$ – суммарная поверхность трещин в объеме породы V ;

$\sum_{i=1}^n S_i \varepsilon_i$ – суммарный объем трещинных пустот в объеме V ;

ε_i – ширина раскрытия трещин i -той системы.

Помимо измерения элементов залегания для каждой трещины, должна быть произведена оценка характера ее поверхности. Для избегания субъективного подхода к этому вопросу предлагается пользоваться приводимой ниже класси-

фикацией, в которой классификационным признаком является чистота «обработки» поверхности трещины природными силами. Степень этой «обработки» в значительной мере определяют спаянность отдельностей, разделенных трещинами – чем ровнее и чище поверхности контактов, тем легче по ним происходит разрушение горных пород в обнажении.

Поверхности трещин предлагается разделить на следующие пять классов:

1) Поверхность зеркально гладкая, пришлифованная, блестящая; может быть волнистой, неровной. Следы перемещений, притираний отсутствуют.

2) Поверхность носит следы притирания, скольжения (борозды, струи и т.п.).

3) Поверхность ровная, гладкая или слегка шероховатая, матовая, без следов скольжений.

4) Поверхность неровная, шероховатая, иногда слегка раковистая.

5) Поверхность неровная, раковистая, ячеистая, или уступчатая, напоминающая поверхность излома, не связанную с какими-либо структурными ослаблениями.

Первые два класса характерны для тектонических (экзогенных) трещин, следующие три – для приуроченных (эндогенных) трещин.

При изучении трещиноватости массива горных пород все замеры трещин чаще всего производятся в одной плоскости обнажения. Системы замеряемых трещин могут быть по разному ориентированы относительно этой плоскости и, следовательно, частота их проявления в массиве будет в этой плоскости отражена неодинакова (под частотой трещиноватости подразумевается линейная частота, а именно количество трещин, проходящихся на единицу длины).

Очевидно, системы трещин, не перпендикулярные к плоскости обнажения, будут охарактеризованы заниженной частотой, так что сравнение частот трещин различных систем и определение их относительных частот проявления в массиве по наблюдениям в одной плоскости окажется неверным.

Чтобы правильно сравнивать частоты различных систем, А.В. Михайлова предлагает для каждой системы привести число замеренных трещин к плоскости, ориентированной нормально к этой системе. Очевидно, для этого замеренное в забое число трещин придется умножить на некоторый коэффициент k (табл. 2), величина которого зависит от угла между поверхностью обнажения и поверхностью трещины, т.е. $n' = n * k$, где n – линейная частота данной системы трещин в массиве, полученная в результате наблюдений в вертикальном забое и n' – частота, приведенная к вертикальной плоскости, перпендикулярной к поверхности данной системы трещин.

Таблица 2 – Коэффициенты для пересчета

Угол падения трещины δ , град	Угол α между направлением забоя и направлением падения трещин, град								
	10	20	30	40	50	60	70	80	90
90	1,02	1,06	1,15	1,30	1,56	2,00	2,94	5,79	–
80	1,02	1,06	1,15	1,30	1,51	1,92	2,70	4,17	5,79
70	1,01	1,05	1,14	1,25	1,45	1,72	2,13	2,70	2,94
60	1,01	1,04	1,12	1,20	1,33	1,51	1,72	1,92	2,00
50	1,01	1,03	1,09	1,15	1,23	1,35	1,45	1,51	1,56
40	1,00	1,02	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25	1,30	1,30
30	1,00	1,01	1,03	1,05	1,09	1,11	1,14	1,15	1,15
20	1,00	1,01	1,01	1,02	1,03	1,04	1,05	1,06	1,06
10	1,00	1,00	1,00	1,01	1,01	1,01	1,01	1,02	1,02

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Труды по изучению вопросов трещиноватости пород в горном массиве. – Ленинград: 1964. – 104 с.
2. Ушаков И.Н. Горная геометрия. – Госгортехиздат, 1962 – 147 с.
3. Инструкция по наблюдениям за сдвижением горных пород и земной поверхности при подземной разработке рудных месторождений. – Изд ВНИМИ, 1959
4. Машанов А.Ж. Механика массива горных пород. – Алма-Ата, 1961 – 215 с.