

УДК 622.831

**УЧЕТ ВЛИЯНИЯ СТРУКТУРЫ МАССИВА
ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ УСТОЙЧИВОСТИ ОТКОСА КАРЬЕРА**

Э.К. Абдылдаев

Рассмотрены вопросы влияния структуры массива при определении устойчивости откоса карьера.

Ключевые слова: трещины; углы падения; устойчивость; откос; массив; порода; плоскости скольжения.

TAKING NOTE OF STRUCTURE MASSIF IN CASE OF DETERMINATION STABILITY SLOPE PIT

E.K. Abdylidaev

The article regards questions influence of structure massif in case of determination stability slope pit.

Keywords: cracks; hades; stability; slope; massif; rock; sliding planes.

Многие исследователи при изучении условий устойчивости откосов пользуются в основном теорией Кулона–Мора. Эта теория позволяет получать вполне удовлетворительные решения задачи в случае земляных откосов. Достаточной точности решения задачи можно добиться, применяя эту теорию в случае сыпучих, глинистых, сланцеватых и подобных им пластичных пород, которые могут рассматриваться как бесструктурные. Но для скально-трещиноватых пород эту теорию надо применять с осторожностью, вводя в расчеты определенные поправки.

Задача заключается в том, чтобы показать, в какой степени структура массива оказывает влияние на определение условий механической устойчивости откоса в случае скально-трещиноватых пород. Практически работа сводится к построению двух поверхностей деформации по энергетической формуле (энергетическая поверхность) и по формуле Кулона–Мора (сколовая поверхность). Энергетическая поверхность строится по методу скалярного поля (т. е. обычным топографическим методом), а сколовая – по методу построения векторного поля.

При построении энергетической поверхности деформации месторождения форма, размеры и ориентация структурных блоков определяются статистически – путем многочисленных замеров трещин в пределах некоторого объема или площади обнажения массива и соответствующей их обработки на стереографических сетках.

В местах обнажения пород и руд по всем бортам карьеров и в их окрестностях измеряются элементы залегания плоскостей отдельности пород (азимуты простирания и падения, угол падения) и среднее расстояние между ними. Места замеров наносятся на соответствующий маркшейдерский план. Каждую плоскость отдельности пород в виде точки проставляют на полярную ортографическую сетку. Точечная диаграмма обрабатывается статически. Путем соединения точек с одинаковой плотностью трещин получают диаграмму в изолиниях. Точки с наибольшей изолинией (2 фокальные точки) и являются проекциями тех главных направлений, по которым находят значения относительных деформаций. Таких направлений, однако, может оказаться больше трех. Тогда необходимые три направления определяют путем геометрического суммирования. Далее вычисляется интенсивность трещинной деформации данного элементарного объема пород в данной точке замера. Центры площадок таких замеров наносят на маркшейдерский план в виде точек и около каждой точки подписывают значения интенсивности деформации. По этим значениям строят изолинии подобно тому, как по отметкам топографической поверхности строят ее горизонтали.

Это будет поверхность топографического порядка, представляющая собой поверхность сдвиговой деформации массива трещиноватых горных пород. Символическое изображение этой поверхности в математическом выражении имеет вид:

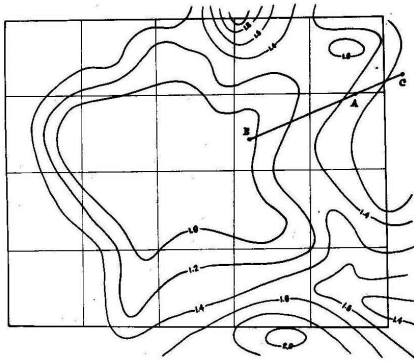


Рисунок 1 – Поверхность сдвиговой деформации рудного карьера

$$P_1 = f(X, Y, Z, W), \quad (1)$$

где X, Y, Z – координаты точек поля.

На рисунке 1 приведена поверхность сдвиговой деформации для одного из месторождений Северного Казахстана, построенная на основе замеров нескольких тысяч трещин.

При построении сколовой поверхности деформации месторождения мы использовали методику определения интенсивности деформации горных пород, аналогичную методике В.В. Соколовского, и показали способ построения плана этой интенсивности методом геометрии недр [1]. Наряду с этим для анализа трещинной тектоники может быть применен и графический метод. Остановимся на сравнении этого метода с методом анализа пластической деформации и на технике построения. Для пояснения этого способа обратимся к схеме, изображенной на рисунке 2.

Здесь системы скольжения показаны в виде плоскостей P_1 и P_2 . Элементарная линия σ_2 является линией их пересечения. Одновременно линия σ_2 представляет собой короткую диагональ ромба сдвига $OM_2M_0M_1$, а σ_1 – его длинную диагональ.

Для простоты задаемся соотношением диагоналей ромба сдвига $\sigma_1 = 2\sigma_2$. Центральная точка фигуры M имеет координаты $dx = dy = \sigma_0^0$. Координаты точек M_1 и M_2 можно выразить через соотношения:

$$dx_1 = dy_2 = 3dx_2 = 3dy_1; \quad dx_2 = dy_1; \quad dx = 2dx_2 = \frac{2}{3}dx. \quad (2)$$

Для последних точек справедливы дифференциальные уравнения:

$$\frac{dy}{dx} = tg(\psi + \varphi); \quad \frac{dy}{dx} = tg(\varphi - \psi). \quad (3)$$

Решая совместно уравнения 2 и 3, находим:

$$\frac{dy^2}{dx^2} = 3,0; \quad \frac{dy_1}{dx_1} = \frac{1}{3}.$$

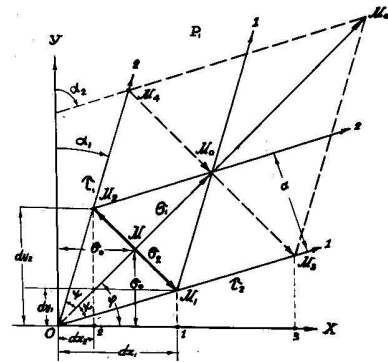


Рисунок 2 – Схема сравнения векторного метода с аналитическим

Откуда $\varphi + \psi = 72^\circ + \psi = 18^\circ$, так как $\frac{\partial \varphi}{\partial \psi} = 1$, $\varphi = 45^\circ$, $\psi = 27^\circ$.

Длина малой диагонали σ_2 определяется как расстояние между точками M_1 и M_2 , координаты которых известны. В итоге получаем:

$$\sigma_2 = \sigma_0 \sqrt{2} = 0,5\sigma_1.$$

Длину ромба сдвига $\tau_1 = \tau_2 = t$ получаем из соотношения $\tau = \frac{dx}{\cos(\varphi - \psi)} = 1,6\sigma_0$ или $t = 0,57\sigma$.

Проекция диагонали σ_2 на горизонтальную ось равна σ_0 , т. е. $\frac{\sigma_2'}{\sigma_2} = \cos\varphi = \frac{1}{\sqrt{2}}$; $\sigma_2' = \frac{\sigma_2}{\sqrt{2}}$ или $\sigma_2 = \sigma_0$.

Таким образом, полностью найдены все линейные элементы ромба сдвига, представляющего собой элемент или ячейку сдвиговой системы деформации полупространства. При определении этого элемента был использован тот же метод, который обычно применяется при анализах пластической деформации.

На рисунке 3 видно, что положение прямых OM_0 и MM_2 определяется простым графическим построением как линий пересечения двух плоскостей скольжения. Прямая может представлять собой отрезок кривой предельного равновесия, который получается путем решения систем дифференциальных уравнений.

Определение положения линии σ_2 на практике сводится к следующему. Измеряются в натуральных условиях элементы залегания плоскостей трещин (направлений линий и падения, а также углы падения). Путем простого способа проекции с числовыми отметками по каждой паре сопряженных плоскостей трещин устанавливается линия их пересечения, т.е. линия σ_2 . Как векторная величина, она должна быть определена и по величине, и по направлению. Для этого линии простираются

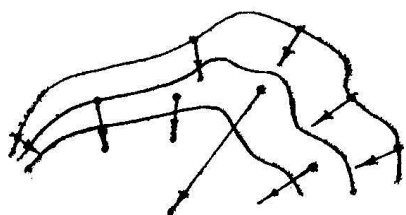


Рисунок 3 – Схема построения изоклин

(горизонталь) плоскостей трещин наносятся на план согласно измеренному азимуту их простирания (α_1 и α_2). Интервалы между горизонталями, т. е. заложения, находят графическим путем по величине угла падения d . Для простоты углы падения двух плоскостей приняты равными. На рисунке 3 показано построение проекции вектора σ_2 на горизонтальную ось X .

Начальной точкой вектора $\sigma_0 = \sigma'$ служит точка замера трещин.

Следовательно, точки 1, 2, 3 ... на плане являются точками замера системы трещин. В случае необходимости строятся результирующие векторы. Таким образом, изучаемый участок покрывается векторами, и получается векторное или градиентное поле.

Далее путем графического интегрирования этого поля находим деформации участка в изолиниях одинакового наклонения (изоклинах) кри-

вых предельного равновесия. В результате имеем поверхность топографического порядка, представляющую собой контурную поверхность предельного равновесия массива горных пород, разбитых системой трещин. Так как линейные элементы этой поверхности в каждой точке изображены в виде векторов напряжений, то ее можно назвать планом одинакового наклона векторов, т. е. планом изоклин (рисунок 3).

Символическое изображение этой поверхности может быть представлено как

$$P_2 = f(X, Y, Z, \text{grad } V), \quad (4)$$

где V – скалярная величина поля тектонического напряжения; $\text{grad } V$ – его градиент, численно равный касательному напряжению τ .

Следовательно, построение этого плана аналогично графическому изображению гравитационных (или иных) аномалий при геофизическом методе разведки [2].

Литература

1. Ракишев Б.Р. Структура массива и деформируемость горных пород / Б.Р. Ракишев, А.А. Машанов, Э.К. Абдылдаев. Алматы, 2011. 281 с.
2. Абдылдаев Э.К. Метод конечных элементов при решении прикладных задач: учеб. пособие / Э.К. Абдылдаев. Алматы: "Полиграфия-сервис и КО", 2011. 111 с.