

*д.т.н. Гайко Г.И.,
Должиков Ю.П.
(ДонГТУ, г. Алчевск, Украина)*

ИССЛЕДОВАНИЯ ТРЕЩИНОВАТОСТИ ПОРОДНОГО МАССИВА В СОДИЗ'ЮНКТИВНЫХ ЗОНАХ

У статті розглянуто залежність коефіцієнту структурного послаблення від густоти тріщин біля диз'юнктивного порушення. Отримано емпіричну залежність густоти тріщин від відстані до порушення, а також загальну залежність коефіцієнту структурного порушення від найбільш впливових чинників біля диз'юнктивного порушення.

Ключові слова: *виробка, диз'юнктивне порушення, тріщини, структурне послаблення, залежність.*

В статье рассмотрена зависимость коэффициента структурного ослабления от густоты трещин возле дизъюнктивного нарушения. Получена эмпирическая зависимость густоты трещин от расстояния до нарушения, а также общая зависимость коэффициента структурного нарушения от наиболее влиятельных факторов возле дизъюнктивного нарушения.

Ключевые слова: *выработка, дизъюнктивное нарушение, трещины, структурное ослабление, зависимость.*

В практике шахтного строительства важнейшее место занимает проблема пересечения горной выработкой зоны дизъюнктивного нарушения. Это непосредственно связано с весьма низкой устойчивостью горных пород в обозначенных зонах [1].

Исследования устойчивости протяженной одиночной выработки выполняются сегодня в детерминированной постановке, которая предполагает существенную идеализацию породного массива и граничных условий. Однако сопоставление аналитических расчетов в геомеханике всегда связано с разбросом значений, полученных в натуральных условиях. Это обстоятельство приводит в тому, что проектировщики используют эмпирические зависимости по результатам шахтных исследований. Задаваясь конкретными горно-геологическими условиями, возможно с высокой точностью определить поведение геомеханической системы по эмпирическим уравнениям [1].

Строительство и поддержание горной выработки вблизи тектонического нарушения – в содизъюнктивных зонах – требует детального изучения изменения коэффициента структурного ослабления пород в зависимости от расстояния до нарушения со стороны висячего и лежащего бока [2].

Цель работы – исследование закономерности изменения коэффициента структурного ослабления пород в содизъюнктивных зонах.

Коэффициент структурного ослабления в случае нормального распределения прочности структурных элементов в соответствии с формулой Шашенко А.Н. принимает вид [1]:

$$k_c = 1 - \sqrt{0,5\eta} \exp(-0,25\eta). \quad (1)$$

Приведенная зависимость связывает коэффициент структурного ослабления с реальной характеристикой – относительной вариацией значений прочности пород относительно своего среднего. Очевидно, для идеально однородной среды $\eta = 0$ и коэффициент структурного ослабления равен единице. По мере увеличения вариации данных, т.е. с ростом трещиноватости среды, величина k_c уменьшается, приближаясь к значению $k_c = 0,4$.

Степень неоднородности массива отображается значением дисперсии. Следует отметить, что влияние трещиноватости породного массива на величину дисперсии неоднозначно: при увеличении расстояния между трещинами до определенного предела дисперсия возрастает, а затем резко падает, т.е. среда по своим свойствам приближается к монолитному массиву.

Такой вывод соответствует ее физической природе: невозможно сделать образец из породного блока, размеры которого меньше, чем размеры стандартного образца. Если ввести рассмотрение коэффициент вариации для обычного опробования $\eta_0 = \sqrt{\frac{D}{m}}$, то получим коэффициент вариации для тектонически нарушенного массива:

$$\eta = \sqrt{\frac{l_m + l_0}{l_m} (\eta_0^2 + 1)} - 1, \quad (2)$$

где l_0, l_m – размеры испытываемого образца и расстояние между трещинами.

В таком виде коэффициент вариации отражает не только структурную неоднородность содизъюнктивной зоны, но и механическое ее

ослабление системами трещин. На рисунке 1 показаны графики значения коэффициента вариации η от плотности трещин ν и степени неоднородности породной среды [1].

Важно то, что в приведенных выше выражениях для коэффициента структурного ослабления величина η должна определяться выражением (2), отражающим влияние макродефектов на прочность массива.

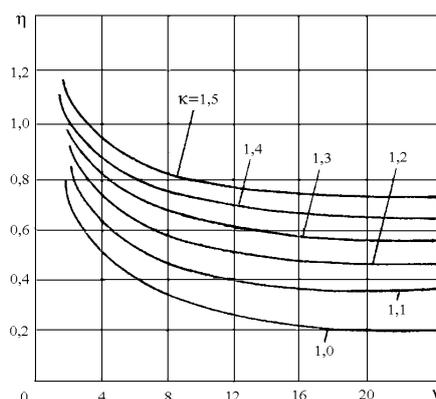


Рисунок 1 – Зависимость коэффициента вариации трещиноватого массива от расстояния между трещинами и степенью неоднородности среды

Перейдем теперь к зависимости коэффициента структурного ослабления k_c от расстояния между трещинами.

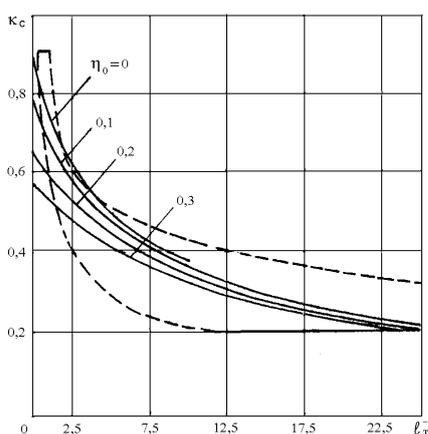


Рисунок 2 – Зависимость коэффициента структурного ослабления от расстояния между трещинами и коэффициента вариации выборки

Из рисунка 2 следует, что влияние макродефектов значительно. При приближении величины ν к предельному значению коэффициент

структурного ослабления уменьшается в 4 раза. Следовательно, прочность массива уменьшится в 2-4 раза.

На рисунке 2 показано (поле, ограниченное штриховой линией), насколько близко соответствуют значения коэффициента структурного ослабления, рекомендуемые в СНиП-II-94-80, вычисленным по предлагаемым зависимостям.

Видно, что используемые зависимости содержат две основные характеристики породного массива, требующие определения: коэффициент вариации выборки и среднее расстояние между трещинами. Коэффициент вариации выборки может быть получен в результате отбора, консервирования, изготовления и испытаний образцов горных пород в соответствии с принятыми стандартами. Известно, что вариация прочности углевмещающих пород, определенная применительно к литологическим разностям в целом, достигает больших величин (50-70%). Однако большинство исследователей приходят к единому выводу: при тщательном изготовлении образцов рассеивание значений прочности вокруг среднего значения не превышает 40%. При этом образцы должны быть привязаны к конкретному пласту и иметь одну фациальную принадлежность [1, 2].

Намного сложнее происходит определение параметров трещинной тектоники: ориентировки трещин, их интенсивности и т.п. Такие работы долгие годы выполнялись ПО «Укруглегеология» и «Спецтампонажгеология» [3]. В результате этих работ были исследованы системы трещин и определена их ориентировка. Для шахт Восточного Донбасса в полярной системе координат Шмидта построены круговые диаграммы, позволяющие определить ориентировку трещин в пределах шахтных полей. Для примера на рисунке 3 приведены круговые диаграммы трещиноватости для основных пород кровли.

Весьма эффективными способами оценки структурной неоднородности массива являются реометрический и емкостный методы, разрабатываемые на кафедре строительных геотехнологий [4], а также скважинная интроскопия горных пород [5].

Однако для получения более точной зависимости коэффициента структурного ослабления в содизъюнктивных зонах были проведены натурные измерения трещиноватости массива, основанные на замерах раскрытия трещин микроскопом МПБ-3 с точностью до 0,1 мм. Исследования проводились в условиях шахты «Комсомольская» при строительстве 1-ого, 2-ого и 3-ого северных конвейерных штреков, пересекавших I и II

Ясеновский сброс. Результаты исследований трещиноватости по трем выработкам усреднялись и представлены на рисунках 4 и 5.

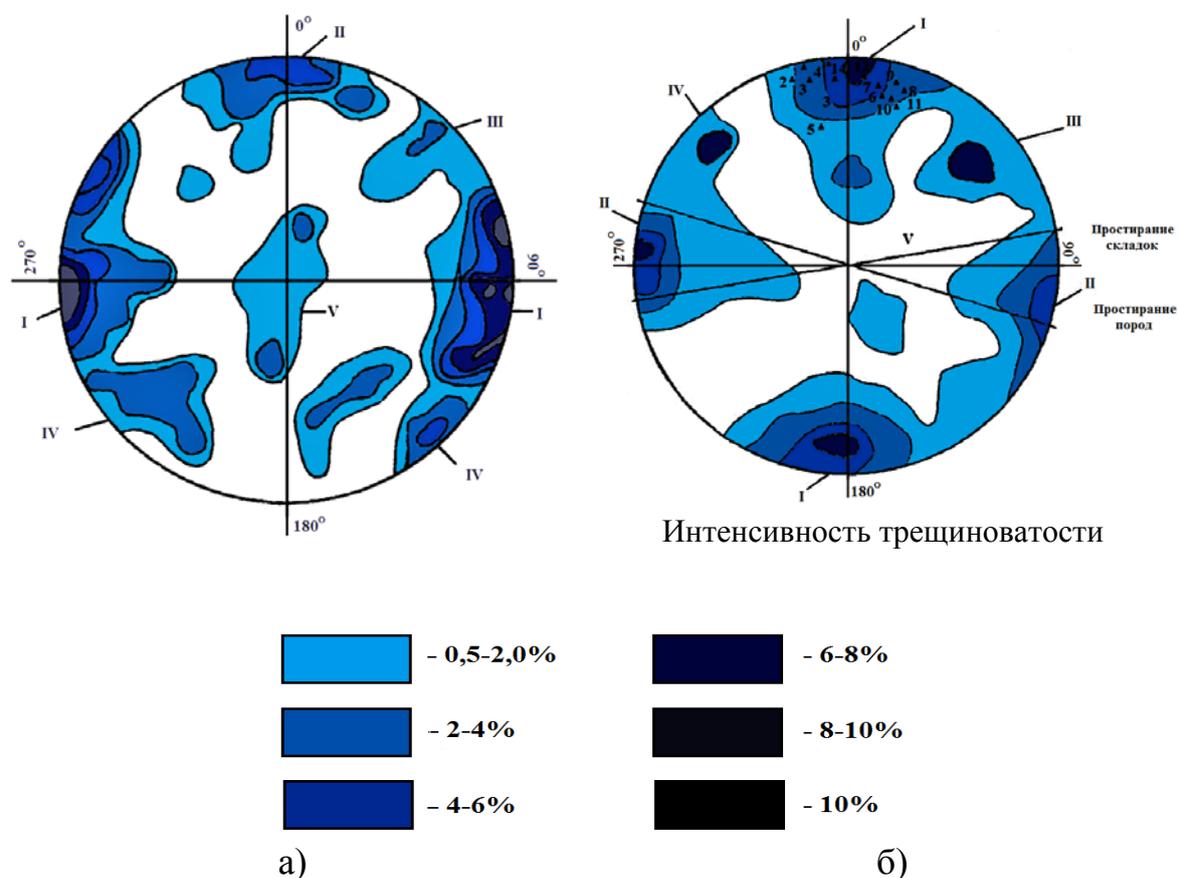


Рисунок 3 – Сводная диаграмма ориентировки трещиноватости пород в зонах поперечных разрывов(а) и продольных разрывов (б)

Расстояние между трещинами и их раскрытие усреднялось для участков длиной 10 м. Как следует из полученных результатов среднее расстояние между трещинами составляет 10 – 20 см, затем увеличивается до 0,5 – 0,6 м. Усредненное раскрытие трещин составляет 1 – 2 мм. Причем раскрытие сместителя нарушения достигало 5 см.

Густота трещин висячего и лежачего бока нарушения не совпадали и имела разброс значений. Построение закономерности изменения густоты трещин в содизъюнктивных зонах осуществлялось по среднему значению. Установлено, что основное изменение густоты трещин в 4 – 5 раз происходит на расстоянии 20 – 25 м от нарушения, достигая величины $18 - 20 \text{ м}^{-1}$.

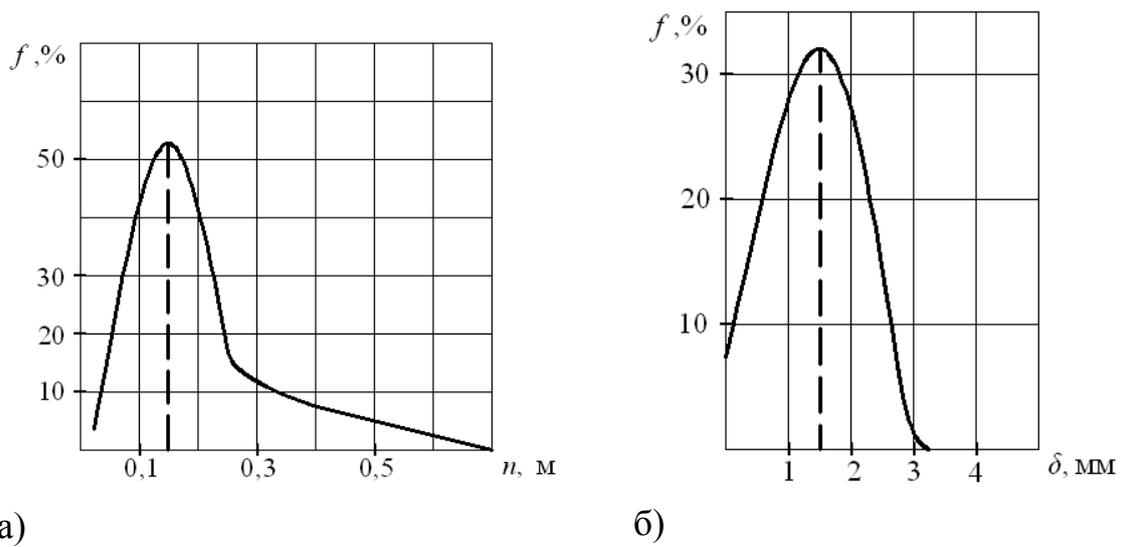


Рисунок 4 – Распределение расстояний между трещинами (а) и их раскрытия (б) в содизъюнктивных зонах

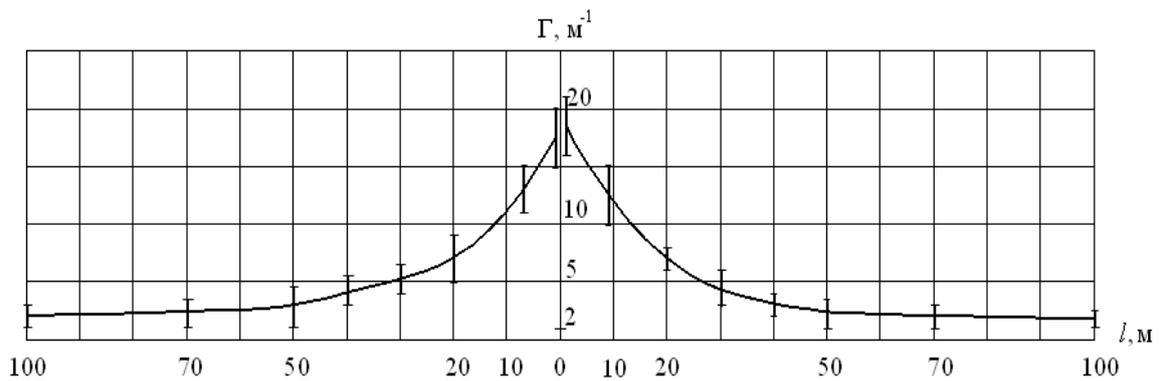


Рисунок 5 – Изменение густоты трещин в породах кровли при пересечении дизъюнктивного нарушения

Общий вид аппроксимирующего уравнения запишем в виде экспоненциальной функции:

$$\Gamma(l) = a \cdot \exp(\pm b \cdot l) + c,$$

где Γ – густота трещин, м^{-1} ;

l – расстояние до/от дизъюнктивного нарушения, м;

a , b и c – параметры аппроксимации (причем, c соответствует значению густоты трещин в массиве).

Получаем эмпирические коэффициенты:

$$\Gamma(l) = 18,22 \cdot \exp(\pm 0,06 \cdot l) + 2,30, \quad r^2 = 0,96.$$

Отсюда следует, что аппроксимирующее уравнение для коэффициента нарушенности содизъюнктивной зоны имеет вид:

$$k_3(l) = 7,91 \cdot \exp(\pm 0,06 \cdot l) + 1,00.$$

Следовательно, в общем виде новая функциональная зависимость коэффициента структурного ослабления для породного массива в содизъюнктивной зоне имеет вид:

$$k_c = k_w \cdot k_t \cdot k_3 \cdot \frac{R_M}{R_c},$$

где k_w – коэффициент обводненности выработки;

k_t – коэффициент времени эксплуатации выработки;

R_M , R_c – прочность пород на сжатие в массиве и для образцов.

Таким образом, в результате проведенных инструментальных измерений трещиноватости в выработках установлена новая закономерность распределения густоты трещин, которая позволяет построить функцию изменения коэффициента структурного ослабления пород в содизъюнктивных зонах.

Библиографический список

1. Шашенко А.Н. *Некоторые задачи статической геомеханики* / Шашенко А.Н., Тулуб С.Б., Сдвижникова О.О. – К.: Пульсары, 2002. – 304 с.
2. *Устойчивость горизонтальных горных выработок глубоких шахт в обводнённых породах: монография* / [Должиков П.Н., Кипко А.Э., Кобзарь Ю.И., Должиков Ю.П.]. – Донецк: Норд-Пресс, 2010. – 191 с.
3. Смородин Г.М. *Разрывные нарушения в пределах Ровенецкого поднятия в Донбассе* / Смородин Г.М. // Уголь Украины, 1984. - №4. – С. 38-39.
4. Литвинский Г.Г. *Измерение структурных неоднородностей массива при сооружении выработок* / Г.Г. Литвинский, В.А. Касьянов // *Технология, механизация и организация строительства горных выработок*. – Кемерово: КПИ, 1988. – С. 100-107.
5. Гайко Г.И. *Исследования трещиноватости пород кровли штрека при движении фронта лавы* / Г.И. Гайко, Т. Майхерчик // *Научковий вісник НГА України*, 2002. - №5. – С. 24-26.

Рекомендована к печати д.т.н., проф. Антощенко Н.И.