

ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРЫ ГОРНЫХ ПОРОД НА ПРОЧНОСТЬ ЛЕНТОЧНЫХ ЦЕЛИКОВ

Досліджено вплив структурних особливостей гірських порід на міцність стрічкових між камерних ціликів.

THE STRENGTH OF TAPE PILLARS INFLUENCED BY STRUCTURE OF ROCKS

The strength of tape pillars between chambers influenced by rocks structure peculiarities is researched.

Введение. Оценка устойчивости подземных горных выработок, расположенных на глубине, при которой во вмещающих породах появляются пластические деформации, базируется на применяемом условии прочности. В этой связи его обоснованию в прикладных исследованиях всегда уделяют большое внимание [1-3]. Одно из наиболее часто используемых в геомеханике условие прочности [1, 2] имеет следующий вид:

$$\frac{(1-\psi)(\sigma_1 + \sigma_3) + \sqrt{(1-\psi)^2(\sigma_1 + \sigma_3)^2 + 4\psi(\sigma_1 - \sigma_3)^2}}{2\psi} = R_c k_c. \quad (1)$$

Здесь σ_1 , σ_3 - наибольшее и наименьшее главные напряжения; ψ - коэффициент хрупкости $\psi = R_p / R_c$; R_c , R_p - пределы прочности на одноосное сжатие и растяжения; k_c - коэффициент, учитывающий масштабный эффект.

Коэффициент хрупкости ψ ($0 \leq \psi \leq 1$) является физическим параметром, определяющим в концентрированном виде структуру горной породы: при $\psi = 0$ имеет место идеальная хрупкость, при $\psi = 1$ идеальная пластичность исследуемого твердого тела. Для осадочных горных пород величина ψ определяется степенью их литификации и может, в связи с этим, изменяться в достаточно широком диапазоне. Например, для крепких песчаников и известняков Донбасса $\psi \rightarrow 0$, для влажных глин $\psi \rightarrow 1$. В соответствии с этим правильной оценке величины ψ в геомеханике методически уделяется большое внимание.

Основная часть. Формирование и литификация осадочных пород происходит в результате образования структур растворения под влиянием давления и температуры. Индикаторами являются регенерационные зерна кварца и типичные структуры цемента. Основные зоны изменения типов цементов и сопряженные с ними изменения физико-механических свойств, согласно А.Г. Косовской и В.Д. Шутову [4], приведены в табл. 1. Из табл. 1 следует, что от стадии ДГ-ПК₁, где вмещающие породы представлены несцементированными песками и пластичными глинами, легко размыкаемыми в воде и в ряде мест порой

находящимися в плавунном состоянии, до стадии АК₃-АК₄ происходит постепенное формирование прочностных свойств (литификация) с одновременным повышением роли хрупких и уменьшением пластических качеств исходного материала.

Таблица 1 – Соотношение степени изменения типов цементации пород в процессе литогенеза с их физико-механическими свойствами

Градация литогенеза	Зоны постдиагенетического изменения осадочного вещества	Физическая модель горной породы	Механическая модель горной породы
ДГ-ПК ₁	Зона неизменного глинистого цемента	Рыхлая пористая среда с газовой-жидкостным заполнением порового пространства	Среда Паскаля
ПК ₂ -ПК ₃	Зона низменного глинистого и кварц-регенерационного цемента	Пористая среда с газовой-жидкостным заполнением (пластическая среда)	Среда Кулона
МК ₁ -МК ₂	То же	Упруго-пластически-вязкая среда	Среда Бингама-Шведова
МК ₃ -МК ₄	То же		
АК ₁ -АК ₂	Зона кварцитовидных структур и диоктаэдрически-гидрослюдистохлоритового цемента	Сплошное твердое тело: упруго-вязкая среда	Среда Кельвина
АК ₃ -АК ₄	Зона «шиповидных» песчаников и филитоподобных сланцев	Упругая (хрупкая) среда	Среда Гука

Последнее обстоятельство в значительной мере связано с изменением структуры осадочных пород, в частности с увеличением размера зерен за счет вторичных процессов регенерации: минеральная масса становится более однородной по прочности, ее сопротивление хрупкому разрушению понижается. Хрупкое разрушение, когда разрыв структурных связей происходит практически без нарушения закона Гука при очень малой деформации, является ярко выраженным признаком упругих свойств горных пород.

Осадочные породы являются средой, в которой проходит горная выработка. При достижении определенной глубины породный массив в окрестности искусственной полости под действием концентрации напряжений начинает разрушаться. Процесс разрушения пород разной степени литификации (хрупкости) протекает неодинаково. Хрупкое разрушение происходит с высокой скоростью и минимальной диссипацией энергии. Деформирование же пластических пород при одном и том же пределе прочности требует значительно больших затрат энергии и протекает довольно медленно [5]. В последнем случае этот процесс в горных выработках часто носит незатухающий характер.

Достаточно четкого критерия, согласно которому породы могут быть отне-

сены к пластичным или хрупким, нет. Одни и те же породы в зависимости от вида напряженного состояния, скорости нагружения, температуры, влажности и т.п. ведут себя и как хрупкие и как пластичные. Имеется предложение оценивать хрупкость горных пород отношением количества работы, затраченного на разрушение реального образца, к количеству работы, затраченного на разрушение идеально упругой породы с тем же пределом прочности [6].

В работах [7, 8] предлагается оценивать хрупкость горных пород, затраченной на деформирование породного образца в условиях одноосного сжатия до предела прочности, к работе, затраченной на разрушение того же образца за пределом прочности.

Л.А. Шрейнер [9] указывает на возможность оценивать хрупкость горных пород отношением энергии сдвигообразования к полной энергии взаимодействия в плоскости скольжения.

Все отмеченные выше предложения, как и многие другие, имеют один общий недостаток: их невозможно ввести в условие прочности, которое служит основой для математического описания равновесного состояния породного массива в окрестности выработки. Такой величиной, свободной от указанного недостатка, является отмеченная выше величина ψ , входящая в формулу (1). Физический смысл коэффициента хрупкости ψ по определению Г.С. Писаренко и А.А. Лебедева Х10Б состоит в том, что она «характеризует степень участия в макроразрушении сдвиговой деформации, создающей благоприятные условия для разрыхления материала и образования трещин».

Оценка влияния коэффициента хрупкости, или структуры горных пород, на прочность междукамерных целиков была выполнена методом конечных элементов с применением соотношения (1). На рис. 1. показано влияние величины ψ на запас прочности целика при различной его ширине.

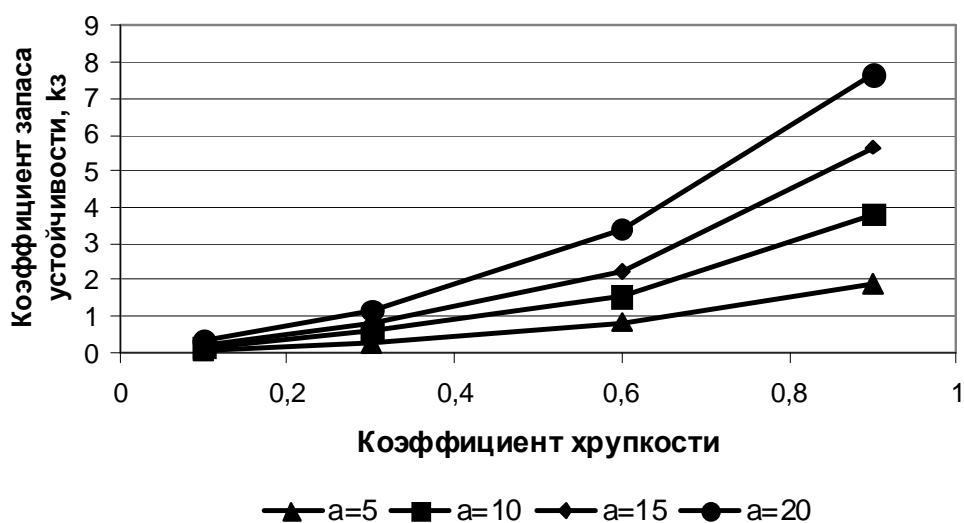


Рис. 1 – График зависимости коэффициента запаса устойчивости Z от размеров целика a

Из графиков видно, что с ростом величины ψ при одном и том же коэффициенте запаса прочности ширина целика существенно уменьшается, т.е. становится прочнее. Таким образом, точное определение коэффициента хрупкости является важной инженерной и научной задачей. Методические подходы к определению этой величины изложены в [11].

Выводы.

1. Коэффициент хрупкости, характеризующий структуру горных пород, определяет степень участия в акте разрушения сдвиговой компоненты, которая приводит к разрыхлению твердых тел и образованию в них трещин.

2. При одной и той же ширине целика увеличение коэффициента хрупкости на 20 % приводит к увеличению запаса прочности на 30-40 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шашенко А.Н., Сдвижкова Е.А., Гапеев С.Н. Деформируемость и прочность массивов горных пород. Монография. – Днепропетровск: изд-во НГУ, 2008. – 224 с.
2. Шашенко А.Н., Пустовойтенко В.П. Механика горных пород. К.: Новий друк, 2004. – 400 с.
3. расчеты на прочность в машиностроении / С.Д. Пономарев, В.Л. Бидерман, К.К. Лихарев и др., т. 1. – М.: Машгиз, 1956. – 884 с.
4. Коссовская А.Г., Шутов В.Д. Проблема эпигенеза. В кн.: «Эпигенез и его минеральные индикаторы» - М.: Наука, 1971, С. 9-34.
5. Спивак А.И., Шутов В.Д. Механика горных пород. – М.: Недра, 1975. – 200 с.
6. Лавров В.В. Природа Масштабного эффекта у льда и прочность ледяного покрова // ДАН СССР / 1958. Вып. 122. - № 4. – 248 с.
7. Литвинский Г.Г. Кинетика разрушения породного массива в окрестности горной выработки. – ФТРПИ, 1974. № 5. С. 15-22.
8. Литвинский Г.Г. Аналитическая теория прочности горных пород и массивов: Монография / Дон ГТУ. – Донецк: Норд-Пресс, 2008. – 207 с.
9. Баландин П.П. К вопросу о гипотезах прочности. – Вестник инженера и техника, 1937, № 1. С. 19-24.
10. Писаренко Г.С., Лебедев А.А. Сопротивление материалов деформированию и разрушению при сложном напряженном состоянии. – К.: Наукова думка, 1969. – 209 с.
11. Шашенко А.Н., Тулуб С.Б., Сдвижкова Е.А. Некоторые задачи статической геомеханики. – К.: Пульсары, 2002, - 302 с.