

Р.Н. Терещук, А.Э. Кипко, Д.А. Шашенко

СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОЧНОСТИ ГОРНЫХ ПОРОД
НА ОДНООСНОЕ РАСТЯЖЕНИЕ

Розглянуто спосіб визначення міцності гірських порід на одноосовий розтяг, який дозволить розширити діапазон досліджуваних порід.

Рассмотрен способ определения прочности горных пород на одноосное растяжение, позволяющий расширить диапазон исследуемых пород.

The method of determining the strength of the rocks in uniaxial tension, which allows wider range of investigated rocks is considered.

Введение. Осадочные породы являются средой, в которой проходится 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 пластичных пород при одном и том же пределе прочности требует значительно больших затрат энергии и протекает довольно медленно [1]. В последнем случае этот процесс в горных выработках часто носит незатухающий характер.

Достаточно четкого критерия, согласно которому породы могут быть отнесены 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, затраченной на разрушение реального образца, к количеству работы, затраченной на разрушение идеально упругой породы с тем же пределом прочности [2].

В работах [3, 4] 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 [5] 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 параметр ψ , равный отношению предела прочности на одноосное растяжение – R_p к пределу прочности на одноосное сжатие – R_c . Физический смысл коэффициента хрупкости ψ по опреде-

лению Г.С. Писаренко и А.А. Лебедева [6] состоит в том, что она «характеризует степень участия в макроразрушении сдвиговой деформации, создающей благоприятные условия для разрыхления материала и образования трещин».

Основная часть. 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 [7, 8]. Одно из наиболее часто используемых в расчетах на прочность условие [8], близкое к условию П.П. Баландина [5], имеет следующий вид:

$$4\tau^2 - 2\sigma(1-\psi)R_c - R_c^2\psi = 0. \quad (1)$$

Здесь τ и σ – максимальные касательные и нормальные напряжения; ψ – коэффициент хрупкости ($\psi = R_p/R_c$); R_c – пределы прочности на одноосное сжатие.

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 коэффициента хрупкости в геомеханике методически уделяется большое внимание.

Определение параметра ψ , как было отмечено выше, связано с оценкой предела прочности горных пород на одноосное сжатие – R_c и растяжение – R_p . Измерить предел прочности R_c не представляет проблем, поскольку существует ряд нормативных документов и рекомендаций, регламентирующих этот процесс [8]. Иначе складываются обстоятельства в отношении определения предела прочности на одно-

осное растяжение. Применяемые методики определения величины R_p – сложны, трудоемки и часто вообще не реализуемы. Из косвенных методов наиболее популярен так называемый «бразильский» [8], при этом его применяемость ограничена крепкими породами. То же можно сказать и о способе опреде-

ления величины R_p с помощью продавливания дисков [8]: для мягких же пород описанные выше способы дают большую ошибку. В этой связи для испытаний мягких осадочных пород на одноосное растяжение предлагается следующий способ и устройство (рис. 1) для его реализации.

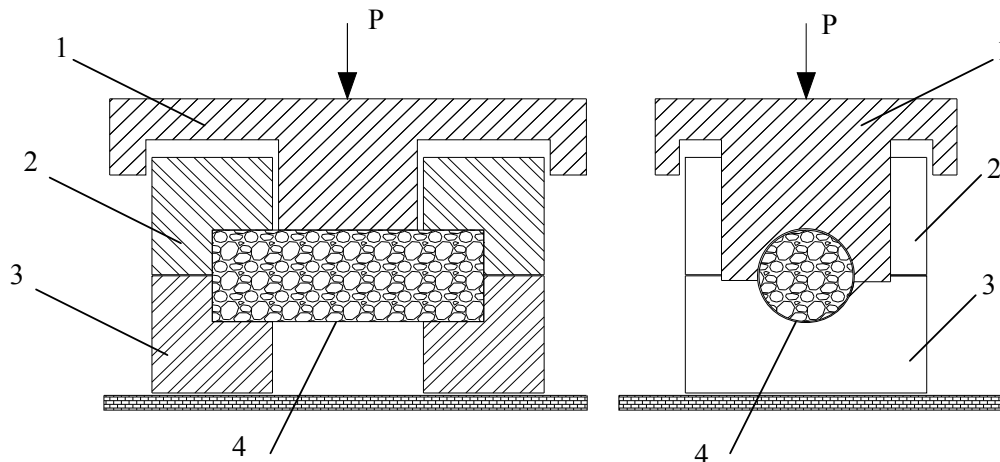


Рис. 1. Схема установки для определения предела прочности мягких осадочных пород на одноосное растяжение: 1 – пуансон; 2 – верхний захват; 3 – нижний захват; 4 – образец

Способ определения предела прочности горных пород на одноосное растяжение, заключается в том, что из выбуренного в месте естественного залегания пород керна изготавливают два типа образцов: с соотношением диаметра к высоте 1:2 и 1:3. Образцы первого типа испытывают по стандартным методикам для определения предела прочности породы на одноосное сжатие – R_c , образцы второго типа закрепляют горизонтально в специальных захватах, затем с помощью вертикального пуансона, имеющего полцилиндрическую выемку, радиус которой совпадает с радиусом породного образца, а продольная ось её расположена в вертикальной плоскости параллельно продольной оси образца, прикладывают разрушающую нагрузку, равную пределу прочности горной породы на сдвиг – R_τ , и определяют искомую физическую величину по формуле $R_p = 0,5\sqrt{R_c R_\tau}$, которая получена из (1) при $\sigma = 0$.

Выводы

Известные способы определения предела прочности на одноосное растяжение не позволяют с достаточной точностью измерить эту величину для мягких пород типа влажных глин.

Предлагаемый способ лишен недостатков, присущих известным рекомендациям, и позволяет получить величину предела прочности на одноосное растяжение для мягких пород.

Список литературы

1. Спивак А.И., Шутов В.Д. Механика горных пород. – М.: Недра, 1975. – 200 с.
2. Лавров В.В. Природа масштабного эффекта у льда и прочность ледяного покрова // ДАН СССР. – 1958. – Вып. 122. – № 4. – 248 с.
3. Литвинский Г.Г. Кинетика разрушения породного массива в окрестности горной выработки // ФТРПИ. – 1974. – № 5. – С. 15-22.
4. Литвинский Г.Г. Аналитическая теория прочности горных пород и массивов: Монография. – Донецк: Норд-Пресс, 2008. – 207 с.
5. Баландин П.П. К вопросу о гипотезах прочности // Вестник инженера и техника. – 1937. – № 1. – С. 19-24.
6. Писаренко Г.С., Лебедев А.А. Сопротивление материалов деформированию и разрушению при сложном напряженном состоянии. – К.: Наук. думка, 1969. – 209 с.
7. Шашенко А.Н., Сдвижкова Е.А., Гапеев С.Н. Деформируемость и прочность массивов горных пород: Монография. – Д.: НГУ, 2008. – 224 с.
8. Шашенко А.Н., Пустовойтенко В.П. Механика горных пород. – К.: Новый друк, 2004. – 400 с.

Рекомендовано до публікації д.т.н. А.М. Роєнком 21.10.09