

РАСЧЕТ УДЕЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ НА ОБРАЗЦЫ ГОРНЫХ ПОРОД ПРАВИЛЬНОЙ ФОРМЫ ПРИ ИХ РАЗДАВЛИВАНИИ

Приведені результати аналітичного визначення найбільших нагрузок при роздавлюванні зразків гірських порід різної довжини. Дано пояснення зниження міцності зразків гірських порід залежно від їх висоти.

По величине временного сопротивления - удельного давления на образцы правильной формы при их раздавливании определяют важнейший показатель - коэффициент крепости по М.М. Протодьяконову. Однако известно изменение этого коэффициента в зависимости от высоты испытываемых образцов при постоянной их ширине [1]. До сих пор теоретического исчерпывающего толкования этому явлению дано не было по ряду причин. Во-первых, исследователи-горняки полагают, что на контакте пуассона с образцом имеет место равномерное распределение нормальных сжимающих напряжений. Во-вторых, не учитывается при строгом решении задач влияние контактного трения, которое имеет существенное значение.

В данной работе воспользуемся методом приближенных уравнений равновесия и уравнения пластичности [2]. Этот метод определяет напряжения на контакте тела с инструментом.

Обозначим геометрические размеры образца. Ширину образца принимаем равной b , высоту - h . Начало координат расположим на середине ширины и высоты образца. Вследствие симметрии образца относительно y определим напряжения для правого сечения. Напряжение трения τ_{xy} зависит от высоты образца линейно, то есть

$$\tau_{xy} = \frac{2 \tau_k \cdot y}{h} \quad (1)$$

Тогда

$$\frac{d\tau_{xy}}{dy} = -\frac{2\tau_k}{h} \quad (2)$$

Теперь воспользуемся известным уравнением равновесия малого элемента на контактной поверхности

$$\frac{d\sigma_x}{dx} + \frac{d\tau_{xy}}{dy} = 0. \quad (3)$$

Предстоит установить связь между математическими производными от σ_x и σ_y . Известно выражение между σ_x и σ_y , применительно к деформированию горных пород при наличии внешнего и внутреннего трения [3]

$$\sigma_x = 2(\mu^2 \sigma_y + k \mu \frac{k + \mu \sigma_y}{\cos \rho} \sqrt{1 - b_1^2}) + \sigma_y, \quad (4)$$

где μ - коэффициент внутреннего трения;
 k - сопротивляемость породы на сдвиг;
 $\rho = \text{arctg } \mu$ - угол внутреннего трения породы;

$$b_1 = \frac{f \sigma_y}{k + \mu \sigma_y};$$

f - коэффициент контактного трения.

Наличие параметра " b_1 " в представленном виде серьезно усложняет получение дифференциала от σ_x в явном виде. Этот параметр при значении, равном единице, характеризует возможности для горных пород максимального значения внешнего трения, превышающего значения 0,5 (максимальное значение пластичных материалов, например, металлов) и гиперболического его снижения от давления. Такое явление возможно, если на контакте имеет место сцепление, равное k . В книге Барона Л.И. [4] имеется достаточно экспериментального материала, подтверждающего наличие гиперболического снижения коэффициента внешнего трения от давления, значит, и сцепления на контактной поверхности, при котором значение коэффициента внешнего трения превышает 0,5-1,0. Принимаем поэтому b_1 равным единице, учитывая при этом, что

это упрощает получение аналитических уравнений. Тогда, дифференцируя выражение (4), имеем:

$$\frac{d\sigma_x}{dx} = (2\mu^2 + 1) \frac{d\sigma_y}{dx}. \quad (5)$$

Подставив полученное значение $\frac{d\sigma_x}{dx}$ в выражения (2) и (3), получим

$$\frac{d\sigma_y}{dx} = \frac{2f\sigma_c}{(2\mu^2 + 1)h}, \quad (6)$$

где σ_c - предельное значение разрушающей нагрузки, которое определяется для прямоугольного образца выражением [5]

$$\sigma_c = -\frac{k}{\mu} \left[1 - \frac{1 + \sin \rho}{1 - \sqrt{1 - b_1^2} \cdot \sin \rho} \exp \left| \mu \cdot \operatorname{arctg} \frac{b_1 \cos \rho}{\sin \rho - \sqrt{1 - b_1^2}} \right| \right]. \quad (7)$$

Примем по аналогии [2], что для широких образцов имеет место равномерное нагружение на контакте касательными напряжениями $f\sigma_c$.

Из выражения (6) имеем

$$\sigma_y = \frac{2f \cdot \sigma_c \cdot x}{(2\mu^2 + 1)h} + C. \quad (8)$$

В итоге после интегрирования имеем

$$\sigma_y = -\sigma_c \left[1 + \frac{f(b - 2x)}{h(2\mu^2 + 1)} \right]. \quad (9)$$

Просуммируем теперь нормальные напряжения на контактной поверхности и найдем удельное давление p

$$p = \sigma_c \left[1 + \frac{f \cdot b}{2h(2\mu^2 + 1)} \right]. \quad (10)$$

Формула (10) пригодна для расчета широких образцов, так как в ней предположено, что касательное напряжение распределено равномерно по всей линии контакта.

Для узких образцов характерно линейное распределение касательных напряжений. Тогда формула (11) будет иметь другой вид.

В этом случае напряжение трения на контактной поверхности изменяется по линейному закону

$$\tau_{xy} = \frac{2 \tau_k^b \cdot x}{b}, \quad (11)$$

где τ_k^b - значение касательного напряжения в угловой точке образца.

Подставляя τ_k^b по выражению (11) в дифференциальное уравнение (2), получим

$$\sigma_y = -\sigma_c \left[1 + \frac{2f}{h \cdot b} \left(\frac{b^2 - x^2}{4} \right) \right] \quad (12)$$

Интегрируя (2) и определяя произвольную постоянную из граничных условий: при $x=0,5$; $\sigma_y = -\sigma_c$, имеем удельное давление

$$p = \sigma_c \left[1 + \frac{f \cdot b}{3h \cdot (2\mu^2 + 1)} \right] \quad (13)$$

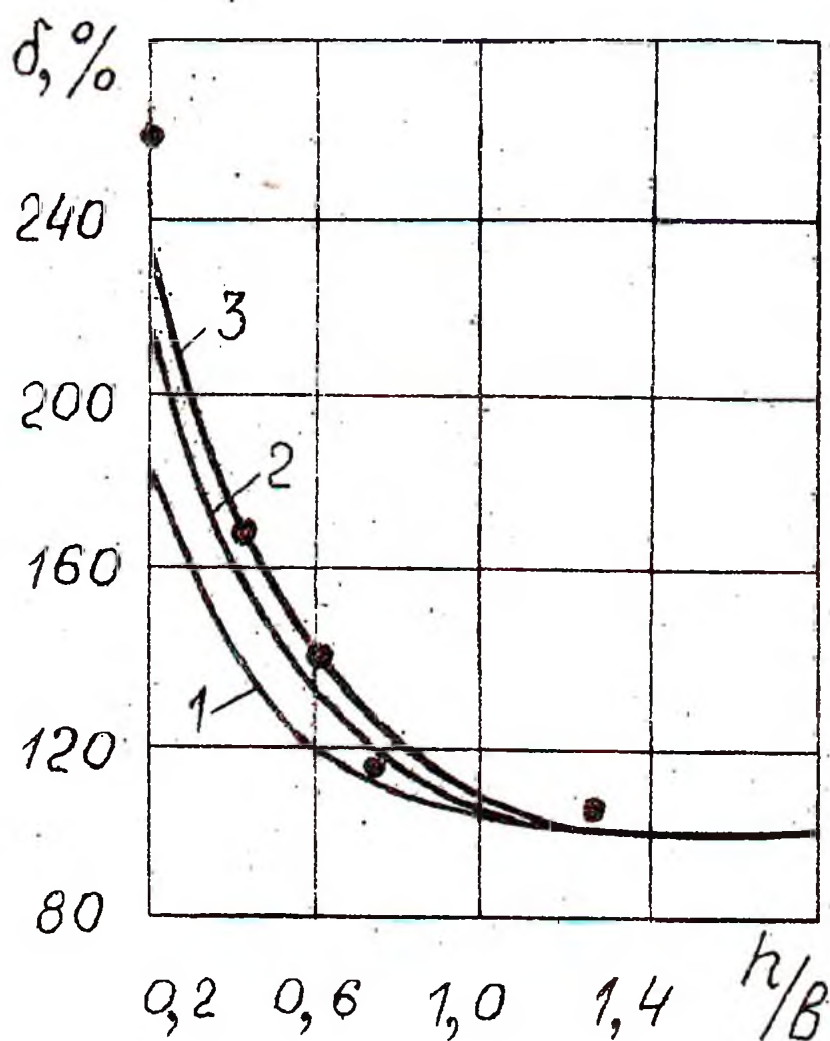
Теперь рассмотрим закономерность изменения удельного давления с изменением h/b . Для этой цели возьмем отношение выражений (10) и (13)

$$P_{отн} = \frac{1 + \frac{f \cdot b}{2h \cdot (2\mu^2 + 1)}}{1 + \frac{f}{3} (2\mu^2 + 1)} \quad (14)$$

Здесь при выводе последних соотношений учтено то положение, что формула (13) пригодна для узких образцов, когда влияние размеров образцов несущественно. Поэтому в знаменателе принято, что отношение b/h равно единице. Теперь проведем сопоставление теоретических положений с экспериментальными данными.

Для этой цели используем экспериментальные данные проф. Барона А.И. [1]. Им было испытано 77 типов пород, разделенных на восемь групп в зависимости от величины соотношения h/b , средние значения которой по группам изменялось от 0,27 до 1,78. Средняя величина временного сопротивления одноосному сжатию

p для наиболее многочисленной группы с соотношением $h/b = 0,9-1,1$ была принята за 100%. Вычисленные же значения средних для других групп выражали в процентах. Изменение относительных значений p по экспериментальным данным в зависимости от величины соотношения h/b показано на рисунке. Сопоставление теоретических кривых с экспериментальными данными свидетельствует о достаточно хорошей их сходимости.



Зависимости относительного временного сопротивления одноосному сжатию от величины соотношения h/b :

1 - при $\mu = 0,4$; $f = 0,6$; 2 - при $\mu = 0,7$; $f = 0$; 3 - при $\mu = 0,8$; $f = 1,2$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Барон Л.И. Коэффициенты крепости горных пород. - М.: Наука, 1972. - 176 с.
2. Громов Н.П. Теория обработки металлов давлением. - М.: Metallургия, 1967. - 340 с.

3. Васильев Л.М. Расчет коэффициента бокового распора угольного пласта при его предразрушении // Повышение эффективности разрушения горных пород. - Киев: Наук. думка, 1991.-С. 131-135.

4. Барон Л.И. Характеристики трения горных пород. - М.: Наука, 1967. - 207 с.

5. Васильев Л.М., Бочков О.Н. Метод расчета напряжений при внедрении плоского штампа в упругий материал, обладающий внешним и внутренним трением // Новые методы разрушения и механика горных пород.-Киев: Наук. думка, 1981.-С.3-9.

УДК.504.06:622

Н. А. Емец

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ФРЕЗЕР- НЫХ КОМБАЙНОВ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КАРБОНАТНОГО СЫРЬЯ

Ограничения экологического характера, вводимые на производство взрывных работ при эксплуатации месторождений карбонатного сырья (например, в Крыму), ставят задачу совершенствования технологии их отработки в направлении снижения роли пылегазового фактора в деятельности карьеров. Для карьеров, разрабатывающих различные полускальные и частично скальные горные породы, эта задача может быть решена при использовании машин (комбайнов) с фрезерным рабочим органом. В зарубежной практике имеются многочисленные примеры использования такого оборудования для добычи известняка, гипса, песчаника, бурого и каменного угля, некоторых других полезных ископаемых. Фрезерные комбайны для открытых горных работ, помимо обеспечения высокой мобильности (позволяют легко и быстро перемещаться из одного забоя в другой) и селективности отработки забоев (обеспечивают минимальные потери при добыче, способствуют селективной выемке полезных ископаемых различного качества, снижают показатели разубоживания горных пород), позволяют достичь высокого уровня поточности горного производства. Кроме этого комбайновая технология формирует целый комплекс