ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ ПО ТОПЛИВНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
ПРИ ГОСПЛАНЕ СССР

ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ И МАРКШЕЙДЕРСКОГО ДЕЛА
ВНИМИ

ИНСТРУКЦИЯ

ПО ПРИБЛИЖЕННОМУ ИСПЫТАНИЮ ОБРАЗЦОВ ГОРНЫХ ПОРОД НЕПРАВИЛЬНОЙ ФОРМЫ НА ОДНООСНОЕ СЖАТИЕ

Ленинград
1964

gost.e-ecolog.ru

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ ПО ТОПЛИВНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
ПРИ ГОСПЛАНЕ СССР

ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ И МАРКШЕЙДЕРСКОГО ДЕЛА
ВНИМИ

ИНСТРУКЦИЯ

ПО ПРИБЛИЖЕННОМУ ИСПЫТАНИЮ ОБРАЗЦОВ ГОРНЫХ ПОРОД НЕПРАВИЛЬНОЙ ФОРМЫ НА ОДНООСНОЕ СЖАТИЕ

Ленинград
1964

Инструкция составлена инж. Ю.М.Карташовым

Прочностные характеристики горных пород (пределы прочности на одноосное сжатие и растяжение) широко используются при решении различных горно-технических задач. Для определения этих характеристик обычно производятся испытания образцов пород геометрически правильной формы (цилиндры, кубы, призмы, диски). В последнее время, наряду с испытанием образцов правильной формы, определение прочностных характеристик производится на образцах неправильной формы /1-8/. Результаты испытаний образцов неправильной формы, как правило, сопоставляются с результатами испытаний образцов правильной формы и связываются с ними определенной корреляционной зависимостью. Естественно,что разброс данных при таких испытаниях получается значительно больше, а точность - меньше, чем при испытаниях образцов правильной формы.

Основные причины, заставляющие исследователей прибегать к упрощенным (или скоростным) методам испытаний, сводятся к следующему:

1. Для изготовления образцов правильной формы требуется затрата большого количества труда и времени.
2. Для изготовления образцов правильной формы необходимо иметь сложное камнерезное оборудование и прессы различной мощности.
3. Структурные особенности некоторых горных пород (в частности, сильная трещиноватость) делают изготовление из них образцов правильной формы вообще невозможным.

Среди простых методов испытаний образцов неправильной формы наибольшее распространение получил метод, разработанный М.М.Протодьяконовым (младшим) и В.С.Вобликовым /1, 4, 5/. В основу предложенного ими метода положено допущение о том, что площадь поперечного сечения образцов пропорциональна квадрату, а вес их - кубу линейных размеров. Испытания

заключаются в раздавливании на прессе образцов неправильной формы, причем предъявляется требование, чтобы три взаимно перпендикулярных размера образца отличались друг от друга не более, чем в 1,5 раза. Прочность образцов неправильной формы определяется по формуле

$$\sigma'_{сж.} = P \left(\frac{\gamma_k}{g} \right)^{0,67} ,$$

где $\sigma'_{сж.}$ - временное сопротивление образца неправильной формы, кг/см^2, p - усилие раздавливания, кг, γ_k - объемный вес породы, г/см^3 и g - вес образца, г.

Временное сопротивление $\sigma'_{сж.}$ образцов неправильной формы, как правило, в несколько раз меньше прочности на одноосное сжатие $\sigma_{сж.}$ образцов правильной формы. Отношение $\sigma'_{сж.} : \sigma_{сж.}$ для разных типов пород колеблется в пределах от 0,08 до 0,22, составляя в среднем 0,19. Таким образом, величина прочности на одноосное сжатие может быть определена по формуле

$$\sigma_{сж.} \simeq \sigma'_{сж.} : 0,19 \quad \text{или} \quad \sigma_{сж.} \simeq 5,3\, \sigma'_{сж.} .$$

Показатель прочности, получаемый при таком методе испытаний, по своей природе более близок к прочности на разрыв /5/. Поэтому результат испытания на раздавливание образцов неправильной формы, как указывают авторы метода, можно рассматривать, как условную прочность на разрыв.

Для определения коэффициента крепости пород и углей М.М.Протодьяконовым (младшим) предложен метод толчения /2, 3, 5/, вместо обычно применяемого для этой цели испытания образцов правильной формы на одноосное сжатие. При испытании методом толчения используются необработанные кусочки пород и углей, причем методика испытаний (для угля) заключается в следующем. Отбираются 10 кусков угля величиной с кулак и разбиваются молотком. Из полученной мелочи отбираются кусочки угля размером (в поперечнике) не менее 10 мм, из которых берется пять порций, весом по 40-100 г каждая.

Каждая порция угля помещается в специальный стакан и подвергается ударной нагрузке (пятикратное опускание гири весом 2,4 кг с высоты 0,6 м). После такой обработки все пять порций угля высыпаются на сито с размером ячеек 0,5 мм и тщательно просеиваются. Просеянная через сито пыль высыпается в трубку объёмометра, по шкале которого определяют высоту столба пыли. Коэффициент крепости f определяется по формуле

$$f \simeq \frac{20n}{l} \pm b \quad ,$$

где n - число ударов гири, l - высота столба пыли в объёмометре, мм и b - коэффициент, зависящий от степени хрупкости и пластичности пород (для значительной части пород и углей этот коэффициент равен нулю).

Простой и эффективный способ определения механических свойств горных пород предложен М.И.Койфманом /6/. Образцы для испытаний изготовляются в виде пластин с двумя параллельными плоскостями, т.е.обработанные только с двух сторон. Для испытаний могут быть использованы также керны буровых скважин, обломки пород и грубо обработанные глыбы. Специальными нажимными клиньями (или цилиндрическими стержнями) образец раскалывается на бруски, а затем каждый брусок - на образцы кубовидной формы. Полученные при таких раскалываниях показатели нагрузок используются для определения предела прочности на растяжение. Образцы кубовидной формы испытываются на одноосное сжатие.

При испытаниях на растяжение методом раскалывания предел прочности на растяжение $\sigma_р$ определяется по формуле

$$\sigma_р = \frac{2}{\pi} \cdot \frac{P}{S} \quad ,$$

где P - разрушающее усилие при раскалывании, кг;

S - площадь плоскости разрыва, $см^2$.

Предел прочности на одноосное сжатие $\sigma_{сж.}$ определяется по формуле

$$\sigma_{сж} = \frac{P}{S} \quad ,$$

где P - разрушающее усилие, кг; S - площадь поперечного сечения образцов, $см^2$.

Для испытаний образцов горных пород неправильной формы в лабораторных и шахтных условиях применимы разработанные Н.К.Тимченко метод и прибор, основанные на принципе "откусывания" осколков горных пород /7/. Испытания прочности пород по этому методу заключаются в сжатии осколков пород между двумя заостренными клиньями. Этот метод, однако, непригоден для испытаний пород с резко выраженной трещиноватостью, при наличии крупных включений в породе и т.д.

При испытаниях углей и пород на прочность при срезе в наклонных матрицах могут также применяться образцы неправильной формы /8/.

Остальные методы и приборы, применяемые для исследования прочностных характеристик на образцах неправильной формы, не получили широкого распространения в практике научно-исследовательских и производственных организаций.

В лаборатории механических испытаний ВНИМИ определение прочностных и деформационных характеристик производится, в основном, на образцах правильной геометрической формы. Испытания на образцах неправильной формы производятся только в том случае, если невозможно изготовить требуемые методикой испытаний образцы (например, из сильно трещиноватых, слабых или рыхлых пород). При испытаниях образцов неправильной формы на одноосное сжатие в части подготовки образцов, за основу принят метод, предложенный М.И.Койфманом /8/.

Задача испытаний

Задачей приближенных лабораторных испытаний образцов неправильной формы является получение предела прочности горной породы на одноосное сжатие.

Подготовка образцов для испытаний

Необработанные куски горной породы предварительно обстукиваются молотком, обтесываются топором или распиливаются пилой (в зависимости от крепости породы) с целью придания им кубовидной или призмообразной формы.

При невозможности обработки всех граней можно, в крайнем случае, ограничиться грубой обработкой двух противоположных граней куска породы, оставив остальные грани необработанными. Затем плоскости граней, на которые будет передаваться давление при испытании, шлифуются на шлифовальном станке. Выбор места на образце для шлифовки граней зависит от конкретной горно-технической задачи, для решения которой производятся испытания. Направление этих граней может быть параллельным, перпендикулярным или наклонным по отношению к плоскости напластования породы.

Технология изготовления образцов

1. Три взаимно перпендикулярных размера образца должны отличаться друг от друга не более, чем в три раза.

2. Отношение высоты образца к его ширине должно заключаться в пределах от 0,5 до 3,0.

3. Площади сечения двух плоскостей, на которые производится давление при испытании, должны отличаться одна от другой не более, чем в 1,5 раза (определение размеров образца и площадей сечения его граней производится по методике, описанной ниже).

4. Минимальный размер образца должен быть не менее 20 мм, максимальный - не более 200 мм.

5. Плоскостность отшлифованных граней должна соблюдаться в пределах $\pm 0{,}02$ мм.

6. Параллельность отшлифованных граней должна соблюдаться в пределах $\pm 0{,}5$ мм.

7. Для испытаний необходимо изготовить не менее 5-7 образцов (в каждом конкретном случае необходимое количество образцов должно выбираться с учетом неоднородности данной горной породы и желаемой точности получения средней прочности породы).

Определение размеров и площади сечения образцов

1. Высота образца h определяется замером штангенциркулем расстояния между отшлифованными поверхностями (в 2-3 местах) с точностью $\pm 0{,}1$ мм.

2. Ширина и длина образца определяются следующим образом. Подготовленный к испытанию образец прикладывается отшлифованными поверхностями (сначала одной, а затем другой) к листу миллиметровой бумаги и контуры этих поверхностей обводятся карандашом (рис.1). По полученным эскизам контуров поверхностей для каждой из граней находятся минимальный (ширина a) и максимальный (длина b) размеры. По полученным двум значениям ширины (a_1 и a_2) и длины (b_1 и b_2) находятся средняя ширина и средняя длина образца

$$a_{cp} = \frac{a_1 + a_2}{2} \quad \text{и} \quad b_{cp} = \frac{b_1 + b_2}{2} .$$

3. Площадь сечения образца S_{cp} принимается равной полусумме площадей верхней (S_1) и нижней (S_2) граней образца

$$S_{cp} = \frac{S_1 + S_2}{2} .$$

Площади S_1 и S_2 определяются по эскизам контуров граней подсчетом по миллиметровой бумаге (при подсчете учитываются целые квадратные сантиметры и их доли) или с помощью планиметра.

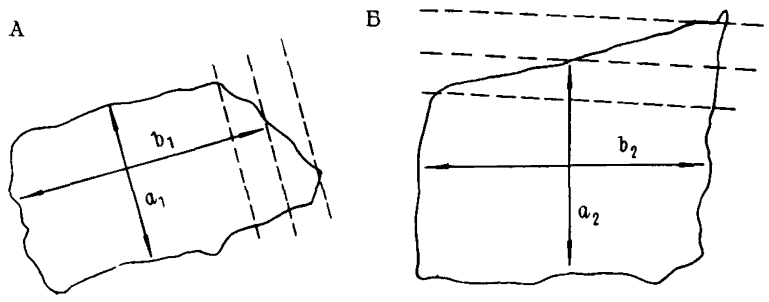


Рис.1. Определение размеров и площади сечения образца
А-верхняя грань образца, Б-нижняя грань образца

Техника проведения испытаний

Подготовленный к испытанию образец устанавливается на прессе и подвергается действию сжимающей нагрузки до его разрушения. Для обеспечения плотного прилегания давильных поверхностей пресса к отшлифованным граням образца следует применять каленые шлифованные плитки и шаровой шарнир, устанавливаемый (на-глаз) в центре верхней грани образца. Испытания проводятся без применения смазки граней образца. Нагружение образца при испытании осуществляется со скоростью около 5 кг/см^2 в секунду. В момент разрушения образца регистрируется максимальное значение разрушающей нагрузки P.

Обработка результатов испытаний

Естественно, что при испытании нескольких образцов одной и той же породы их размеры (длина, ширина и высота) не могут быть одинаковыми, поскольку испытаниям подвергаются образцы неправильной формы. Поэтому, для того, чтобы полученные результаты могли быть сопоставлены между собой, должен быть произведен их пересчет по специальной формуле, учитывающей влияние размеров образцов на их прочность.

В основу пересчета результатов испытаний нами положена формула Баушингера-Джонсона, предложенная Международным бюро по механике горных пород при Германской Академии Наук (Берлин, ГДР) и включенная в Международный стандарт по определению прочности горных пород на одноосное сжатие /9/:

$$\sigma_N = \frac{9\sigma_D}{7 + 2\frac{D}{h}} . \qquad (1)$$

Здесь σ_N – прочность образца с отношением $D : h = 1$, кг/см^2, σ_D – прочность испытываемого образца с любым отношением $D : h$, кг/см^2, D – диаметр испытываемого образца, мм и h – высота образца, мм.

Для того, чтобы можно было воспользоваться этой формулой для обработки результатов испытаний, проводи-

мых по описанной выше методике, в формулу (1) вместо диаметра образца нужно ввести его среднюю ширину $a_{ср}$, а за стандартную прочность принять прочность образца с отношением высоты к диаметру (ширине) $h : D = h : a_{ср} = 2$, так как при таком соотношении размеров не наблюдается продольный изгиб образца при сжатии, средняя его часть находится под действием равномерно-распределенной нагрузки и не проявляется влияние торцов на деформации средней части образца. Кстати, именно в силу указанных причин в большей части существующих методик испытаний (определение объёмной прочности в стабилометрах, определение деформационных характеристик, определение прочности на одноосное сжатие, испытание на ползучесть и т.п.) предусматривается использование образцов с отношением $h : D = 2$.

С учетом сказанного, формула (1) преобразуется следующим образом.

Из формулы (1) следует:

$$\sigma_D = \frac{7 + 2\frac{D}{h}}{9}\sigma_N . \qquad (2)$$

Подставляя $\frac{D}{h} = 0{,}5$, получим:

$$\sigma_{2:1} = \frac{8}{9}\sigma_N . \qquad (3)$$

Заменяя диаметр образца на среднее значение ширины образца неправильной формы и подставляя выражение (1) в (3), получаем расчетную формулу для обработки результатов испытаний образцов неправильной формы

$$\sigma_{2:1} = \frac{8\sigma_u}{7 + 2\frac{a_{ср}}{h}} . \qquad (4)$$

Здесь $\sigma_{2:1}$ – прочность образца с отношением $a_{ср} : h = 0{,}5$, кг/см^2, $\sigma_u = P/S_{ср}$ – прочность испытываемого образца с иным соотношением $a_{ср}$ и h, кг/см^2, P – разрушающая нагрузка при испытании, кг, $S_{ср}$ – среднее значение площади сечения образца, см^2, $a_{ср}$ – среднее значение ширины образца, см и h – высота образца, см.

Дальнейшая обработка результатов испытаний заключается в следующем /9/:

1. Вычисляется среднее арифметическое значение прочности, по формуле

$$\bar{\sigma} = \frac{\Sigma\sigma_i}{n} ,$$

где σ_i - результат отдельного испытания /после пересчета по формуле (4)/, кг/см^2 и n - число испытанных образцов.

2. Вычисляется средняя квадратическая ошибка определения прочности, по формуле

$$\bar{\Delta} = \pm \sqrt{\frac{\Sigma(\sigma_i - \bar{\sigma})^2}{n-1}} .$$

3. Вычисляется коэффициент вариации прочности, по формуле

$$V = \frac{\bar{\Delta}}{\bar{\sigma}} 100\% .$$

4. Определяется наименьшее число образцов для испытаний, по следующей таблице:

Коэффициент вариации, %	30	25	20	15
Число образцов, шт.	9	6	4	3

ЛИТЕРАТУРА

1. Протодьяконов М.М., Воблик ов В.С. Определение крепости горных пород на образцах неправильной формы "Уголь", 1957, № 4.

2. Протодьяконов М.М. К вопросу о единой методике определения крепости угля. "Известия АН СССР", ОТН, 1953, № 2.

3. Протодьяконов М.М. Опыт определения крепости углей и пород методом толчения. Сборник "Механические свойства горных пород". Госгортехиздат, Москва, 1959.

4. Николин В.И.Определение прочности крепких пород и их сопротивляемости динамическим нагрузкам. Сборник "Сопротивляемость горных пород разрушению при добывании". Изд.АН СССР, Москва, 1962.

5. Барон Л.И., Логунцов Б.М., Позин Е.З. Определение свойств горных пород. Госгортехиздат, Москва, 1962.

6. К о й ф м а н М.И. Скоростной комплексный метод определения механических свойств горных пород. Сборник "Механические свойства горных пород". Изд. АН СССР, Москва, 1963.

7. Т и м ч е н к о Н.К. Временная инструкция по определению прочности известковистого щебня и камня экспресс-методом с помощью индикатора Н.К. Тимченко. Изд.НИИ железобетон, Москва, 1959.

8. Я г о д к и н Г.И., Ч е к а н о в А.Н., Т е р п и г о р е в А.М.Определение механических характеристик углей на образцах произвольной формы. Сборник "Разрушение углей и пород". Углетехиздат, 1958.

9. П р о т о д ь я к о н о в М.М.Метод определения прочности горных пород на одноосное сжатие. Сборник "Механические свойства горных пород". Изд. АН СССР, Москва, 1963.

Печатный цех ВНИИМИ Заказ № 57 Тираж 500 31/XII-64 г.
М-24501

gost.e-ecolog.ru