Практическая работа № 5

Определение прочностных параметров горных работ

План:
1.Основные задачи
2. Порядок выполнения работы
3. Задания
4.Блиц тест
5.Глоссарий

Цель работы: определение пределов прочности при растяжении и сжатии, построение паспорта прочности горных пород.

Задания:

1. Паспорт прочности горных работ.
2. Опрделение прочности при сжатии полуправильной формы.
3. Знакомство с пресс машиной.
4. Формулы теоретической прочности.
5. Кривая Мора

Материалы и оборудование: пресс или универсальная машина; раскалывающее устройство в виде стальных клиньев с длиной лезвия, превышающей наибольший линейный размер образца, с углом заточки клиньев 90˚ и радиусом закрепления лезвий 3 – 5мм; линейка; штангенциркуль.

Методическое указание

Разрушение горных пород – основной процесс при добыче и переработке полезных ископаемых. Определяющим фактором этого процесса является прочность пород. Прочность породы определяется величиной критических напряжений, при которых происходит ее разрушение. Эти напряжения различны для различных пород и для различных видов приложенных нагрузок. Они носят название пределов прочности. Различают пределы прочности пород при сжатии, растяжении, сдвиге, изгибе и т.д. Эти показатели прочности характеризуют критическое состояние породы при ее одноосном нагружении. В реальных суловиях горная порода находится в сложном напряженном состоянии, которое характеризуется различным сочетание нормальных и касательных напряжений. Это состояние горных пород наиболее точно описывается теорией прочности Мора, основанной на зависимости между касательными и нормальными напряжениями в каждой точек тела, находящегося в сложном напряженном состоянии.

Для представления напряженного состояния породы в теориях упругости и пластичности используют гарфические изображения, называемые кругами напряжения Мора. Они дают возможность исследовать напряжения в плоскости с любым наклоном. Круги напряжений строят следующим образом (рис. 8.1.). По оси абсцисс от начала координат откладывают максимальное σ_1 и минимальное σ_3 значения нормальных напряжений, дейстующих на образец породы. На разности отрезков $\sigma_1 - \sigma_3$, как на диаметре, строят круг (или полуокружность). Значения касательного и нормального напряжений в любой точке породы могут быть найдены, если задан

угол наклона плоскости α , в которой определяются напряжения. Под этим углом из точки пересечения окружности с абсциссой проводят прямую до ее пересечения с окружностью. Ордината точки пересечения окружности с прямой численно равна значению отыскиваемых касательных напряжений τ, абсцисса – значению нормальных напряжений σ.

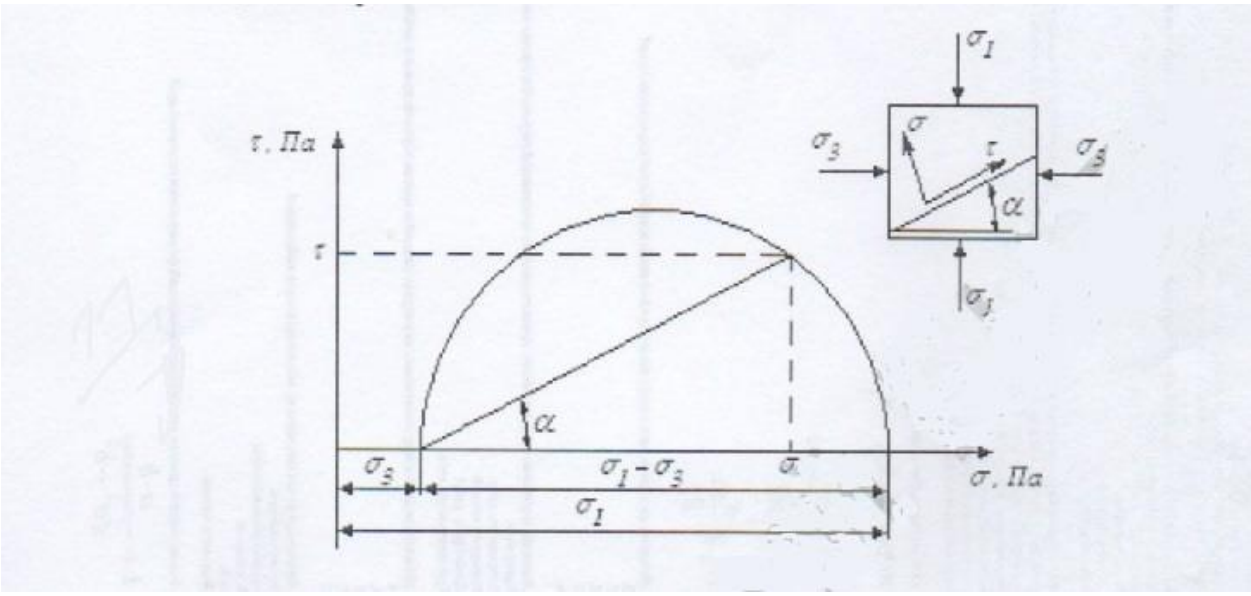

Рис. 8.1. Взаимосвязь между нормальными и касательными напряжениями в породе

Каждому частному значению предельного напряженного состояния породы соответствует свой круг напряжений. Таким образом, можно построить целое семейство кругов напряжений. Очевидно, что любое напряженное состояние породы, характеризуемое точкой на графике, лежащей вне этого семейства, является разрушающим для данной породы. Поэтому, проведя огибающую этих кругов напряжений, получают кривую, характеризующую предельное напряженное состояние тела в ммомент его разрушения.

Огибающую предельных кругов напряжений называют паспортом прочности горных пород.

На рис. 8.2. представлены наиболее характерные предельные круги напряжений Мора и их огибающая.

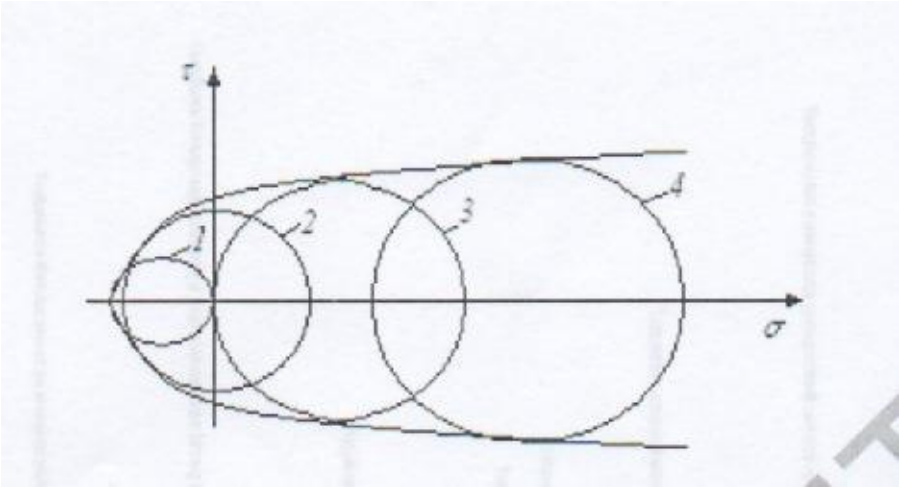

Рис. 8.2. Круги напряжений Мора и их огибающая: 1 – одноосное растяжение;

2 – чистый сдвиг; 3 – одноосное сжатие; 4 – всестороннее сжатие

Построение паспорта прочности производится различными методами, но наиболее широкое применение в горной практике вследсвие простоты и достаточной прочности метод растяжения и сжатия. Сущность метода заключается в построении кругов напряжений Мора для одноосного растяжениия и сжатия и огибающей этих кругов.

Существуют следующие методы ределения прочности пород при одноосном сжатии:

1. Определение прочности образцов правильной формы (рис. 8.3, а). В соответствии с международным стандартом должны изготовляться образцы цилиндрической формы с отношением высоты к диаметру, равным единице. В качестве нормы рекомендуется цилиндрический образей диаметром 42 мм. Отклонение от этих размеров допускается в пределах от 40 до 45 мм, а отклонение в отношении высоты к диаметру – до 5%. Могут применяться образцы в виде кубиков размером 50*50*50 мм. Торцы образцов должны быть строго параллельными и прошлифованными. Изготавление таких образцов сопряжено с высокой трудоемкостью.

2. Опрделение прочности образцов полуправильной формы. В этом случае для испытания на сжатие используют куообразные образцы с линейными размерами параллельных плоскостей 20*20 мм и допускаемыми отклонениями о каждого размера не более $\pm$ 2 мм. Эти образцы получаются в результате определения прочности при растяжении методом раскалывания пластин клиньями (это позволяет при минимальном объеме пробы получить максимальное число данных по прочности пород).

Предел прочности при одноосном сжатии σсж определяется по формуле

$$\sigma сж = \frac{P}{F}$$

где Р – максимальная нагрузка на образец в момент разрушения, Н;

F - площадь поперечного сечения образца, м^2

3. Метод соосных пуансонов (рис. 8.3., б). Предназначен для массовых исследований прочности скальных и полускальных пород (однородных и не крупнозернистых). Сущность метода заключается в сжатии дисковых образцов (ддиаметром от 30 до 100 мм и толщиной 10…12 мм) двумя одинаковыми цилиндрическими соосно раположенными пуансонами. Предел прочности определяется по величине разрушающей нагрузки и диаметрам образца и пуансонов.

Методы определения прочности при растяжении подразделяются на следующие группы:

1. Методы прямого растяжения (рис. 8.3, в) заключается в непосредственном разрыве образца. Вследствие сложности изготовления фигурных образцов и разрыва не в расчетных сечениях, а вместах концентрации напряжений на неоднородностях породы, эта группа методов для горных пород практически не применяется.

2. Методы изгиба пластин или балочек (рис. 8.3, г). Существенным недостатком ределения прочности при растяжении этими методами является то, растягивающие напряжения возникают только на выпуклой стороне изгибаемого образца, вследствие чего прочность может значительно колебаться в зависимости от состояния его поверхности.

3. Методы разрыва полых образцов правильной и произвольной формы (рис.8.3, д). Сущность метода заключаеется в разрыве горной породы давлением изнутри, создаваемым с помощью гидропатрона или расщиряющегося под нагрузкой вязкого сплава, помещаемых в отверстие образца. Методам присущи недостатки: относительная сложность изготовления образцов породы с отверстием и невысокая точность определения прочности.

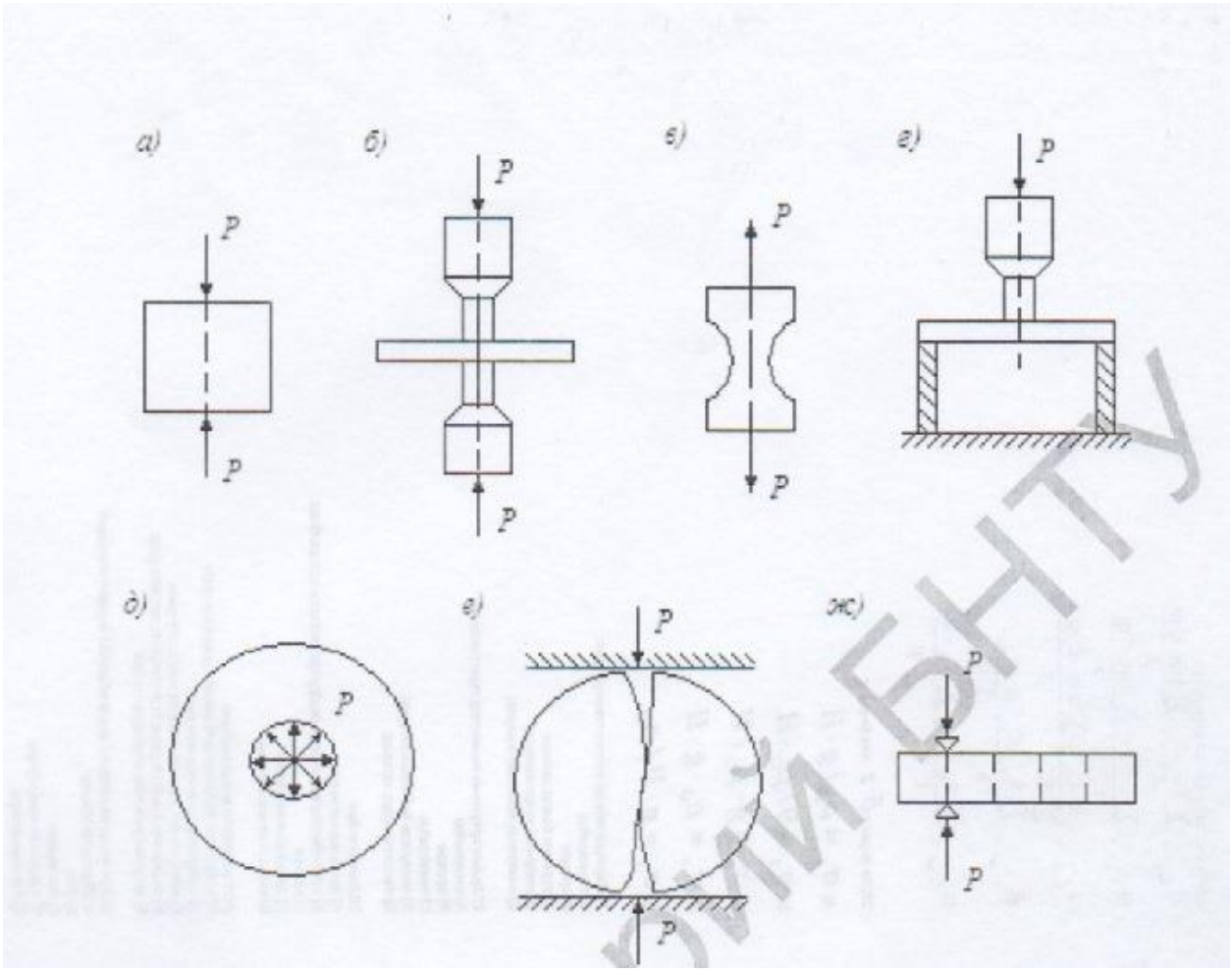

Рис.8.3. Методы определения прочности пород

4. Метод диаметрального сжатия (рис. 8.3, е). Этот метод заключается в раскалывании цилиндрических образцов (кернов) силами, приложенными по диаметрально протиоположным образующим. Возникающие в плоскости, препендикулярной приложенной нагрузке. Растягивающие напряжения разрывают образец. Метод применим, главным образом, для пород, обладающих хрупким характером разрушения.

Прочности при растяжении σр подсчитывается поформуле:

$$\sigma p = \frac{2P}{\pi F} = \frac{0{,}637P}{F}$$

где Р – разрушающая нагрузка, Н;

F – площадь поперечного сечения образца,м^2.

5. Метод раскалывания пластин клиньями (рис. 8.3, ж). Один из распространенных методов определения прочности горных пород на разрыв. Хотя метод и является косвенным, он позволяет получать результаты, вполне сходные с результатами испытаний пород непосредственно на растяжение. Сущность метода состоит в испытании образца пластинообразной формы на сжатие линейно сосредоточенной нагрузкой с двух сторон между клиньями. Такая нагрузка вызывает разрыв образца на две части по поверхности, проходящей вдоль контакта породы с линейно сосредоточенной сжимающей нагрузкой.

Для испытания расклыванием используют образцы в виде пластин размером не менее 100*100 мм и толщиной 20 мм, изготавливаемые на камнерезной машине. Плоскости ореза образца должны быть параллельными. Отклонения от параллельности допускается не более 0,5

мм по минимальному размеру образца. Предел прочности при растяжении σр определяется по формуле:

$$\sigma р = \frac{P}{hl},$$

где P – разрушающая нагрузка, Н;

h – толщина образца, м;

l – длина линии раскола, м.

Испытание горных пород на разрыв и сжатие чаще всего производится многократным раскалыванием пластины образца клиньями и раздавливанием полученных после раскалывания кубиков полуправильной формы с линейными размерами параллельных плоскостей 20*20*20 мм.

Последовательность выполнения работы

А) Определение прочности при растяжении методом раскалывания пластин клиньями.

1. На одной из поверхностей пластины породы с помощью линейки карандашом наносят сетку со стороной квадрата 20 мм. Линейки сетки должны отстоять от края образца нее менее чем на 10 мм.

2.Образец укрепляют между раскалывающими клиньями пресса, совмещая лезвия клиньев с одной из линий нанесенной сетки.

3. Приводят пресс в дейтсвие и раскалывают образец на бруски, а затем по поперечным линиям – на кубики полуправильной формы. При каждом раскалывании образца фиксируют максимальную разрушающую нагрузку P, измеряют штангенциркулем толщину образца h и длину линии раскола l с точностью до 0,5 мм.

4. Вычисляют предел прочности при растяжении для каждого опыта (выполняют 10-15 опытов). Результаты измерений и вычислений записывают в таблицу 8.1.

Таблица 8.1

№ пп	Толщина образца *h,* м	Длина раскола *l, м*	Разрушающая нагрузка *P,*Н	Прочность при растяжении σр, МПа	
				Отдельного образца	средняя

б) Определение прочности при сжатии образцов полуправильной формы

1. Образцы кубообразной формы, оставшиеся после раскалывания, нумеруют, измеряют стороны *а* и *в* параллельных оснований. Вычисляют площадь сечения образца как полусумму площадей верхнего и нижнего оснований.

2. Образец устанавливают между платами пресса по центру. Приводят пресс в действие, сохраняя постоянной скорость нагружения до разрушения образца. Скорость нагружения должна находиться пределах 0,5-1 Мпа/с. Фиксируют максимальную величину разрушающей образец нагрузки.

3. Вычисляют предел прочности при сжатии. Результаты измерений и вычислений записывают в табл. 8.2.

Таблица 8.2.

№ пп	Размеры образца, м		Площадь образца F, м^2	Разрушающая нагрузка P, Н	Прочность при растяжении σр, МПа	
	а	*в*			Отд.образца	средняя

в) Построение паспорта прочности горных пород

1. По полученным значениям σр и σсж строят паспорт прочности в виде линейной огибающей (рис.8.4). Для этого в прямоугольной системе координат $\sigma - \tau$ строят два круга предельных напряжений радиусами $r_1 = \frac{\sigma р}{2}$ $r_2 = \frac{\sigma сж}{2}$. Проводят к этим кругам касательную

$$\tau = C + \sigma\, tg\varphi$$

где C – сцепление породы, Мпа;

φ – угол внутреннего трения.

Определяют количественные показатели прочности породы: сцепление C , угол внутреннего трения φ, коэффициент внутреннего трения $tg\varphi$.

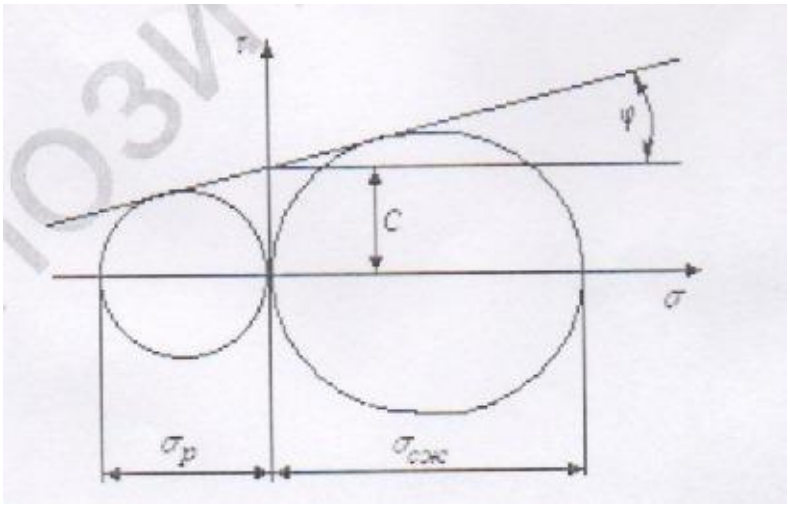

Рис. 8.4. Паспорт прочности горной породы

2. Более точно теории прочности Мора соответствует нелинейная огибающая кругов напряжений. Паспорт прочности горных пород часто представлчют в виде параболы

$$\tau = \sqrt{(\sigma р + \sigma(2\sigma р - 2\sqrt{\sigma р(\sigma р + \sigma сж)}} + \sigma сж\,,$$

Где $\sigma р + \sigma$ – нормальное напряжение относительно начала координат в точке пересечения огибающей с осью абсцисс.

Паспорт прочности с огибающей в виде параболы строят не менее чем по 7 точкам: σ = - σр ; - 0,5σр; 0; 0,25 σсж ; 0,5 σсж; 0,75 σсж ; σсж.

Контрольные вопросы:

1. Расскажите, для каких горнотехнических задач необходимо знать прочностные параметры пород?
2. Что называется прочностью горной породы?
3. Что понимают под теоретической и реальной прочностью горных пород?

4. Что называется паспортом прочности горной породы?Как строится паспорт прочности горной породы?

5. Почему прочность горной породы при сжатии значительно выше, чем при растяжении?

6. Построить паспорт прочности горной породы с $\sigma_{сж}$ = 65 МПа и $\sigma_р$ = 6 МПа и определить графически силу сцепления и угол внутреннего трения породы.

7. Что означает коэффициент анизотропии прочности горных пород? Напишите пределы изменения прочности коэффициента анизотропии твердых горных пород.

8. Прочность пород при сжатии – 120 Мпа, а при растяжении – 10 Мпа. С помощью графика коэффициента силы сцепления и внутреннего трения.

Блиц-тест:

1. Единица измерения прочности в системе СИ?
   a. кг/м²;
   b. Н/м²;
   c. Н;
   d. Кл.
   e. Кг

2. Специфическая закономерность прочности горных пород?
   a. σc > σи > σco
   b. σc < σи < σco
   c. σc > σи < σco
   d. σc < σи> σco
   e. нет ответа

3. Какие значения принимаются для определения прочности крупнозернистых пород?
   a. 3;
   b. 5;
   c. 8;
   d. 7.
   e. 4.

4. Уравнение прочности горных пород и какое оно имеет значение при разрушение горных пород?
   a. Кривая Мора;
   b. Нулевой дифект;
   c. Крайнее;
   d. Максимальная сила деления образца
   e. Сила

5. Как характеризуется угол наклона прочности рыхлых горных пород?
   a. Альфа;
   b. Бета;
   c. Природный;
   d. Угол падения
   e. Тангенс

Глоссарий:

Прочность горных пород - свойство горных пород в определённых условиях, не разрушаясь, воспринимать воздействия механических нагрузок, температурных, магнитных, электрических и других полей.

Дислокационный дефект – сравнительное перемещение тела с другой частью.

Реальная прочность – связано с изменением горных пород в окружвющей среде, с учетом всех макро и микро дефектов.

Теоритическая прочность – прочность, связанная с элементами идеальной кристаллической решетки.

Кривая Мора – определение паспорта прочности при огибающей всех кругов.

Заключение: В данной лабораторной работе научились строить паспорт прочности и определять по одной оси пределы прочности на сжатие и растяжение.