

## **Испытания скальных грунтов на объемное сжатие**



**Промышленные и гражданские сооружения, передающие нагрузку на массив скального грунта, обычно не вызывают в нем существенного изменения напряженного состояния. Но в горном деле, а также при добыче полезных ископаемых необходимо учитывать фактическое напряженное состояние массива и последствия его изменения. Для этого применяется специализированный прибор трехосного сжатия, известный как камера Хука.**

**Новая статья из цикла о лабораторных методах испытаний посвящена порядку проведения данных испытаний и интерпретации результатов опыта.**

**Мирный Анатолий Юрьевич**

Старший научный сотрудник Геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, к.т.н.

**Идрисов Илья Хамитович**

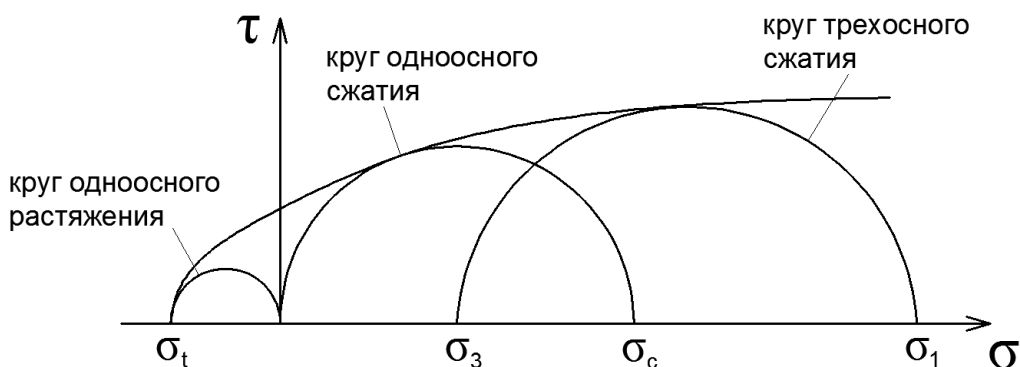
Генеральный директор ООО НПП «Геотек», к.т.н.

Как и в случае дисперсных грунтов, прочность и жесткость скальных грунтов определяется действующим напряженным состоянием: по мере увеличения всестороннего давления, все параметры повышаются. Однако в силу существенно большей жесткости материала экспериментально оценить этот эффект возможно только при давлениях, составляющих единицы и даже десятки МПа. Такие технические условия требуют применения специализированного оборудования.

Одним из первых камеру трехосного сжатия для скальных грунтов разработал известный специалист Эверт Хук (его фамилия голландского происхождения - Ноек - часто ошибочно транслитерируется как "Хоек"). Выполненные исследования позволили ему разработать специализированное условие прочности для скальных грунтов, учитывающее нелинейность зависимости предельного сопротивления сдвигу от нормальных напряжений. В связи этим прибор трехосного сжатия для скальных грунтов во всем мире называют "камерой Хука" или "ячейкой Хука" ("ячейка" - некорректный в данном случае перевод английского "cell").

Конструктивно камера Хука повторяет прибор трехосного сжатия для дисперсных грунтов, но позволяет создавать значительные боковые давления. Для этого камера выполняется цельнометаллической. Образец имеет форму цилиндра и помещается внутри камеры в оболочке, выполненной из тонкостенной металлической трубки. Это позволяет изолировать поровое пространство образца от камеры и управлять напряженным состоянием независимо. Более примитивные конструкции могут использовать полимерные оболочки или просто слой клея, изолирующий поровое пространство (как это описано в ГОСТ 21153.8-88). В качестве рабочей жидкости обычно используется масло. При необходимости камеры могут быть оборудованы так же системой контроля и поддержания температуры.

Порядок проведения испытания не отличается от дисперсных грунтов - при постоянном давлении в камере вертикальная нагрузка увеличивается вплоть до разрушения, после чего производится построение кругов Мора. Однако, принимая во внимание, что для скальных грунтов обычно доступны результаты одноосного сжатия и растяжения, паспорт прочности допускается строить по трем кругам, как это показано на рисунке.



**Рис. 1.** Пример построения кругов Мора для скального грунта

Дальнейшая интерпретация результатов выполняется в зависимости от заданного диапазона нормальных напряжений. В пределах этого диапазона огибающая считается линейной, что позволяет определить условные параметры сопротивления сдвигу - угол внутреннего трения  $\varphi$  и сцепление  $c$ .

ГОСТ 21153.8-88, регламентирующий данный метод испытаний в нашей стране, допускает так же применение расчетного метода построения огибающей по данным определения пределов прочности при одноосном сжатии и растяжении. Для этого предлагается использовать эмпирическое уравнение:

$$\tau = \tau_{\max} \left( \frac{\sigma_{\kappa}^2}{\sigma_{\kappa}^2 + a^2} \right)^{3/b},$$

где  $\tau_{\max}$  - максимальное сопротивление породы сдвигу при полностью сомкнувшихся трещинах,  $\sigma_{\kappa}$  - нормальное напряжение в точке кривой, принятое относительно начала координат, перенесенного в начальную точку огибающей,  $a$  - параметр формы огибающей.

Расчетный метод позволяет описать нелинейное сопротивление сдвигу скального грунта без применения трехосного (объемного) сжатия. Однако следует помнить, что допустимая область применения любых расчетных методов ограничена классом ответственности сооружения: в случае выполнения данных испытаний для объектов КС-3 необходимо выполнить построение огибающей по результатам непосредственных трехосных испытаний.

Проведение данных испытаний необходимо при проходке тоннелей и горных выработок в скальных массивах, проектировании гидротехнических сооружений и месторождений полезных ископаемых.

ООО НПП «Геотек» предлагает разнообразное оборудование на базе комплексов АСИС Про (рис. 2) и АСИС Спец (рис. 3) для проведения испытания на трехосное сжатие скальных грунтов.



**Рис. 2 АСИС для проведения испытания на трехосное сжатие**



**Рис. 3 Установка трехосного сжатия ГТ 1.3.9**

В зависимости от потребностей заказчика установка может комплектоваться нагрузочными устройствами, реализующими осевое усилие 100 либо 500 кН, нагнетателями для контроля давления в камере и поровом пространстве (10, 30, 70 МПа), а так же камерами под образцы диаметром 25, 42, 50 и 63 мм. Установка спроектирована таким образом, чтобы максимально оптимизировать работу оператора при установке образца и подготовке опыта: камера размещена на подвижном основании. В состав комплекса входит необходимая измерительная аппаратура высокой точности для измерения малого уровня деформаций. Испытания проводятся в автоматизированном режиме с контролем всех параметров испытания в режиме реального времени.

Более подробную техническую информацию можно получить у специалистов компании или на сайте [www.npp-geotek.ru](http://www.npp-geotek.ru).

### **Список литературы**

1. ГОСТ 21153.8-88 Метод определения предела прочности при объемном сжатии.

2. Механика горных пород. Учебное пособие под ред. Гребёнкина С.С. Донецк, ДонНТУ, 2004.