

УРАВНЕНИЕ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ УСЛОВИЙ РАЗРУШЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД ПРИ ВЫСОКИХ ДАВЛЕНИЯХ

САРБАЛИЕВ А.Ш.

Министерство образования и науки Кыргызской Республики
izvestiya@ktu.aknet.kg

В начале прошлого века Мор выявил возможность изображения любого напряженного состояния на плоскости нормального и касательного напряжения. Далее он высказал предположение, что предельные круги напряжений (круги разрушающих напряженных состояний), изображенные на плоскости, должны образовать закономерное семейство.

Состоятельность этого предположения была выявлена первыми же опытами. Опытные круги располагались таким образом, что к ним можно провести огибающую линию. Далее это положение подтвердилось результатами многочисленных испытаний материалов в камерах трехосного сжатия. Сейчас обстоятельство, что предельные круги напряжений образуют огибаемое одной линией семейство, является общепризнанным положением.

Поиску математически обоснованного уравнения этой линии посвящена работа Дуйшеналиева Т.Б. и Койчуманова К.Т./1/. Все виды огибающей линии, как оказалось, лишь с разной степенью приближения описывают действительное поведение материалов только вблизи тех напряженных состояний, которые использовались при определении констант /1/. С удалением от этих напряженных состояний отклонения все больше и больше возрастают. В связи с этим, такие виды огибающих линий не были пригодны для прогнозирования, ибо они дают отклонения уже в пределах имеющихся опытных данных. За пределами опытных данных, т.е. в области высоких давлений, прогнозы на их основе будут далекими от действительности.

Более того, попытки количественного описания могут привести к запутанности, появлению множества представлений, точек зрения, объясняющих одно и то же явление. Ни одно из большого числа уравнений, предложенных до работы /1/ в качестве количественного описания гипотезы Мора, не имели математического обоснования.

Предлагаемое в работе /1/ уравнение

$$\sigma_3 = \frac{a+b}{2} + \sqrt{\frac{(a-b)^2}{8}} + \sigma_1^2 \quad (1)$$

отличается тем, что его можно отнести к категории обоснованных, выведенных математически уравнений.

Уравнение (1), выражающее количественное соотношение между предельными величинами наименьшего σ_3 и наибольшего главных напряжений σ_1 , является весьма простым соотношением. Тем не менее, оно определяет все те напряженные состояния, которые приводят к разрушению материала.

По этому уравнению можно определить ориентировку тех площадок, по которой происходит разрушение, вычислить нормальное и касательное напряжения на этих площадках. Используя это уравнение, можно построить огибающую линию предельных кругов напряжений.

Напряженные состояния, в которых находятся массивы горных пород, вообще говоря, можно определить. Также можно рассчитать изменения этих состояний с изменением глубины залегания горных пород. На больших глубинах горные породы находятся в условиях трехосного сжатия с высокими и сверхвысокими давлениями. Являются ли эти напряженные состояния разрушающими для данного материала?

Уравнение (1), как показано в работе /1/, очень хорошо описывает опытные данные при всех величинах напряжений, которые достигнуты в камерах высокого давления. Это дает основание говорить, что уравнение (1) верно описывает поведение материалов и при больших величинах напряжений.

Как определить такие напряженные состояния? На основе уравнения (1) очень просто можно определить разрушающие напряженные состояния для сколь угодно больших уровней напряжений.

Покажем это на примере карраского мрамора. Опытными данными здесь являются величины напряжений, при которых этот материал разрушался. Напишем эти данные в виде вектора (размерность напряжений – кгс/см²)

$$\sigma_1 := (1360 \ 2350 \ 3150 \ 3565 \ 4055 \ 5550)$$

$$\sigma_3 := (0 \ 250 \ 500 \ 685 \ 845 \ 1650) \quad (2)$$

Нанесем эти данные на плоскость главных напряжений σ_1, σ_3

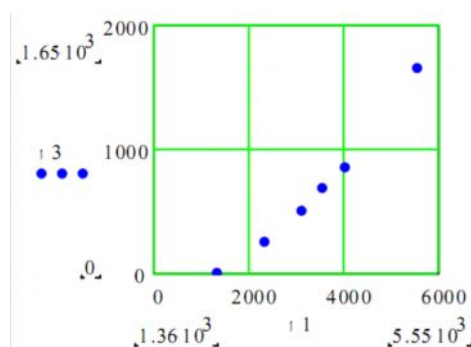


Рис. 1. Опытные данные на плоскости напряжений σ_1, σ_3 .

Нанесем эти данные и на плоскость нормального и касательного напряжений

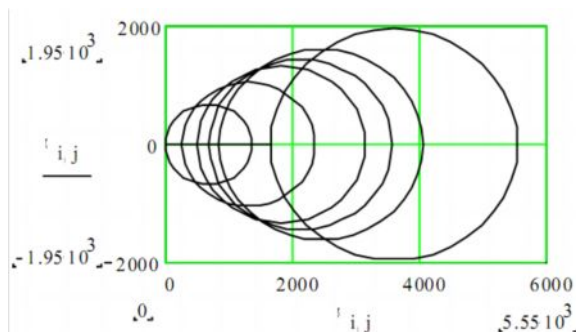


Рис.2. Круги напряжений опытных данных.

Продолжим эти графики в область больших давлений, где опытные измерения не проведены. Для этого можно пользоваться любыми методами, которые рассмотрены в /1/. Для этого материала в

главе 5 /1/ определены величины констант a, b , а также величина предела прочности σ_p . Тут можно непосредственно пользоваться уравнением (1). Можно пользоваться и тем видом этого уравнения, в котором оно представлено через пределы прочности на осевое сжатие и осевое растяжение. Результаты будут одними и теми же. Воспользуемся вторым методом и напишем уравнения (1) в виде

$$\sigma_3 = \frac{\sigma_p^2 + \sigma_{сж}^2}{2 \cdot \sigma_p} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_{сж}^2 - \sigma_p^2}{2 \cdot \sigma_p}\right)^2 + \sigma_1^2} \quad (2)$$

Дополним опытные напряжения σ_1 выбранными наугад большими величинами

$$\sigma_1 := (0 \ 1360 \ 2350 \ 3150 \ 3565 \ 4055 \ 5550 \ 20000 \ 23000 \ 27000 \ 38000 \ 44000 \ 60000 \ 66000 \ 72000) \quad (3)$$

Пользуясь уравнением (3), можно определить величины главного напряжения σ_3 , а также σ_3' и продолжить вышеприведенные графики в область больших давлений. На рисунках 3 и 4 приведены эти графики.

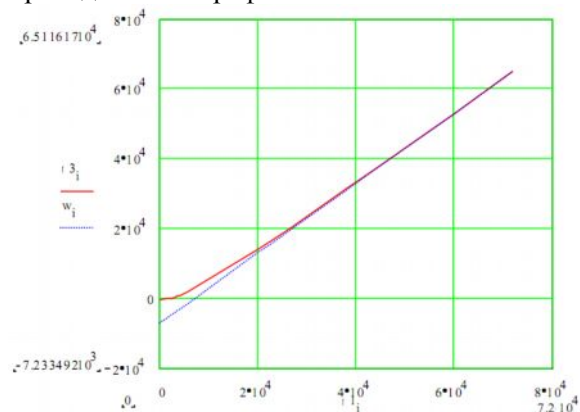


Рис. 3. Продолжение графика 1 в область больших давлений.

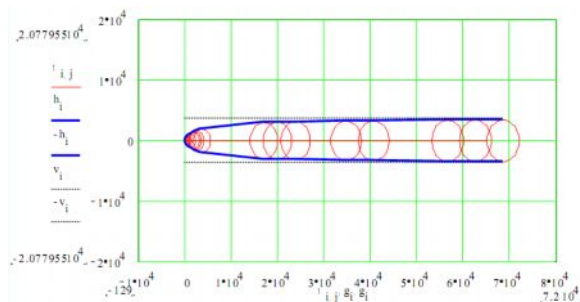


Рис. 4. Продолжение графика 2 в область больших давлений.

Литература

1. Дуйшеналиев Т.Б., Койчуманов К.Т. Уравнение огибающей линии предельных кругов напряжений. – Бишкек: Илим, 2006, 128 с.