

УДК 622.831.1:620.171.5

РАСЧЕТ ТАНГЕНЦИАЛЬНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ ПО ДАННЫМ С ФОТОУПРУГОГО ДАТЧИКА

Т.И. Янина, к.т.н., доцент (КузГТУ)

З.Г. Пименов студент ГМс-171, I курс (КузГТУ)

А.С. Гуменный, к.т.н., доцент (КузГТУ)

Научный руководитель: С.А. Шепелева к.т.н., доцент (КузГТУ)

Кузбасский государственный технический университет

имени Т.Ф.Горбачева

г. Кемерово

На кафедре физики разработана система контролирующая напряжение массива горной породы по изменению интерференционной картины с фотоупругого датчика. На предыдущей конференции были предложены методики расчета главных напряжений по радиусу интерференционной картины с фотоупругого датчика при гидростатическом и однородном сжатии. При расположении датчика в нетронутом массиве, напряжения определяются глубиной залегания пласта.



Перед началом проектирования тонелей и шахт для работы с горными выработками необходимо расчитать давление горной породы. Это нужно для того чтобы определить прочность несущих элементов будущей конструкции.

Современные цифровые технологии позволяют облегчить решение нетривиальных задач. Благодаря автоматической обработке интерференционной картины (Рис. 1), полученной от датчика, установленного в определенной точке нетронутого массива под гидравлической нагрузкой, осуществляется непрерывный контроль напряженного состояния его горных пород.

Программа автоматически вычисляет масштаб: количество пикселей в миллиметре. Зная радиус кольца, можно рассчитать нагрузку, максимально допустимую для его области, с помощью следующей формулы:

$$(p - q) = \frac{4 * \left(\sqrt{\frac{d^2 * r_z^2 + m^2 * \lambda^2 * l^2}{d^2 * l^2 * 4}} - n_0 \right)}{c b_1},$$

где $(p - q)$ – распределенная нагрузка, [Па]; m – порядковый номер интерференционного кольца; b_1 – коэффициент, зависящий от упругих постоянных датчика и породы и относительных размеров датчика; r_z – радиус z-го интерференционного кольца, [м]; l – расстояние от источника оптического сигнала до датчика, [м]; n_0 – показатель преломления датчика без нагрузки; d – толщина датчика, [м]; λ – длина волны источника излучения.

В случае, когда массив был так или иначе деформирован, датчик вместо конических окружностей выявляет конические эллипсы (Рис.2). В этом случае необходимо воспользоваться системой из двух формул, в которых вместо радиуса взять расстояние от начала координат до границы исследуемого эллипса вдоль оси OX и OY :

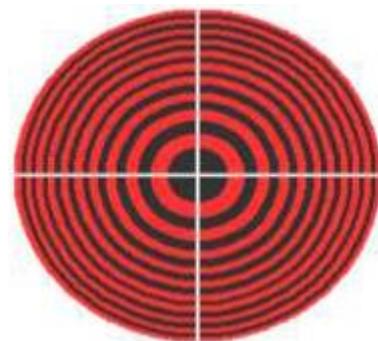


Рис. 1

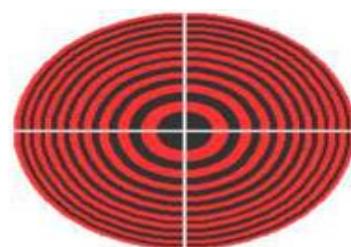


Рис. 2

$$\begin{cases} (p - q)_x = \frac{4 * \left(\sqrt{\frac{d^2 * r_x^2 + m^2 * \lambda^2 * l^2}{d^2 * l^2 * 4}} - n_0 \right)}{cb_1} \\ (p - q)_y = \frac{4 * \left(\sqrt{\frac{d^2 * r_y^2 + m^2 * \lambda^2 * l^2}{d^2 * l^2 * 4}} - n_0 \right)}{cb_1} \end{cases}$$

где $(p - q)_x$, $(p - q)_y$ – распределенная нагрузка на оси OX и OY соответственно [Па].

В случае неравномерного распределения нагрузки происходит сдвиг или же разрушение породы, что приводит к авариям, уничтожению конструкции и гибели людей.

При воздействии на какое-либо тело, будь то шар или массив горной породы, внутри него появляется напряженность, препятствующая деформации этого тела. Поскольку напряжение численно равно давлению, оказываемому на тело, рассчитывается оно по формуле:

$$\sigma = \frac{F}{S}$$

При одноосной нагрузке величина нормальных тангенциальных напряжений зависит от угла α между направлением силы и поверхностью датчика:

$$\sigma_\alpha = \sigma * \cos 2\alpha,$$

$$\tau_\alpha = \sigma * \cos \alpha * \sin \alpha = \frac{\sigma}{2} * \sin 2\alpha.$$

В параллельных и перпендикулярных к силе направлениях касательные напряжения равны 0. Максимальное значение касательных напряжений достигается при угле в 45° и рассчитывается как:

$$\tau_{max} = \frac{\sigma}{2}$$

При нагрузке, действующей во взаимно перпендикулярных направлениях величина нормальных тангенциальных напряжений определяется:

$$\sigma_\alpha = \sigma_1^n + \sigma_2^n = \frac{(\sigma_1 + \sigma_2)}{2} + \left(\frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} \right) * \cos (2\alpha);$$

$$\tau_\alpha = \frac{\sigma_1}{2} * \sin(2\alpha - 180) = \left(\frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} \right) * \sin (2\alpha).$$

Гидростатическое сжатие, возникающее на больших глубинах, приводит к равенству всех нормальных напряжений (всестороннее равномерное сжатие), при этом касательные напряжения равны нулю.

Возникающие в массиве напряжения могут быть представлены в виде тензора напряжений – совокупности трех нормальных и трех касательных напряжений в элементарном объеме и записываются в виде матрицы:

$$\sigma = \begin{vmatrix} x & xy & xz \\ yx & y & yz \\ zx & zy & z \end{vmatrix}$$

С практической точки зрения, возможность определения концентрации тангенциальных напряжений на контуре выработки, в краевых зонах массива горных пород позволяет найти реальные значения коэффициентов между напряжениями и деформациями, что дает возможность снизить затраты на обеспечение устойчивости и эксплуатации горных выработок.

Список литературы:

1. Гуменный, А.С. Зависимость параметров интерференционной картины сплошного фотоупругого датчика от механических напряжений // А. С. Гуменный, В.В. Дырдин, Т.И. Янина // Вестник Научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. – 2011. – № 2. – С. 69–72.
2. Гуменный, А. С. Оценка напряжений в краевых зонах массива горных пород с помощью сплошного фотоупругого датчика / А. С. Гуменный, В. В. Дырдин, Т. И. Янина // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2012. – № 11. – С. 103–107.
3. Изменение интерференционной картины фотоупругого датчика при одноосной нагрузке/ В.С.Зимина// Материалы IX Всероссийской науч.-практич. Конференции молодых ученых «Россия Молодая».- Кемерово: КузГТУ, 18-21 апреля 2017 г.