

НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ АНИЗОТРОПНОГО ГОРНОГО МАССИВА ВБЛИЗИ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВЫРАБОТОК

В работах [1-3] предложен метод решения задач о напряженном состоянии анизотропных сред с границами произвольной конфигурации. Метод основан на аппроксимации граничного контура криволинейными элементами. В качестве таких элементов выбираются контуры эллипсов или их части. Подбором параметров эллипса можно с достаточной точностью аппроксимировать любую часть граничного контура. Это дает возможность построить гибкий вычислительный инструмент, который позволяет легко модифицировать задачу, подлежащую решению, чтобы увидеть, как меняется решение при изменении конфигурации контура.

В данной работе указанный подход используется при решении задач геомеханики для исследования закономерностей распределения напряжений и деформаций в горных породах с протяженными горизонтальными выработками под воздействием собственного веса.

Отнесем горный массив в виде полупространства к прямоугольной декартовой системе координат $Ox_1x_2x_3$. Начало системы поместим на глубине H , ось Ox_2 направим вертикально вверх, а плоскость Ox_1x_3 совместим с горизонтальной плоскостью, параллельной плоскости, ограничивающей полупространство.

Считаем, что свойства горных пород различны в разных направлениях и для описания их поведения используем модель упругого анизотропного тела. Предполагаем линейную связь между напряжениями и деформациями, выраженную обобщенным законом Гука.

Если выработка, пройденная в породном массиве, является протяженной в направлении оси Ox_3 , то на некотором расстоянии от ее краев все поперечные сечения находятся в одинаковых условиях. В общем случае анизотропии поперечные сечения будут искривляться, но все одинаково. Такую деформацию называют обобщенной плоской [4]. В этом случае компоненты перемещения и напряжений не меняются вдоль оси Ox_3 и зависят только от координат x_1 и x_2 .

Для численных исследований использовались упругие постоянные, полученные на образцах донбасского алевролита [5]:

Порода	E_1/E	E_2/E	G_2/E	ν_1	ν_2	ρ кг/м ³
Алевролит анизотропный	1.074	0.523	0.120	0.413	0.198	2500
Алевролит Изотропный	0.620	0.620	0.258	0.200	0.200	2500

Здесь $E = 10^4 \times 9.81 \text{ МПа}$.

Глубина прохождения выработок H принималась равной 1000 м.; размерность напряжений - МПа; угол наклона плоскости изотропии к горизонту - φ и угол поворота оси выработки относительно плоскости изотропии ψ задаются в градусах. Начальное напряженное состояние нетронутого массива на глубине H определялось из соотношений [6]:

$$\sigma_k^0 = \tau_k \rho g (x_2 - H), \quad (1)$$

где величины τ_k зависят от упругих постоянных; ρ - плотность породного массива; g - ускорение силы тяжести.

Наибольшее значение для обоих материалов имеет компонента $\sigma_2^0 = -24.5$ МПа. Значения других компонент для алевролита анизотропного будут зависеть от углов поворота φ и ψ . Приведем значения этих компонент для некоторых углов φ и ψ :

φ	ψ	σ_1^0	σ_2^0	σ_3^0	σ_4^0	σ_5^0	σ_6^0
0	0	-17.0	-24.5	-17.0	0	0	0
20	50	-17.8	-24.5	-17.9	0	-0.40	0
50	20	-16.6	-24.5	-16.8	0	0.10	0
90	0	-7.50	-24.5	-13.2	0	0	0

Для алевролита изотропного $\sigma_1^0 = \sigma_3^0 = -6.10 \text{ МПа}$, $\sigma_4^0 = \sigma_5^0 = \sigma_6^0 = 0$ при любых значениях углов φ и ψ .

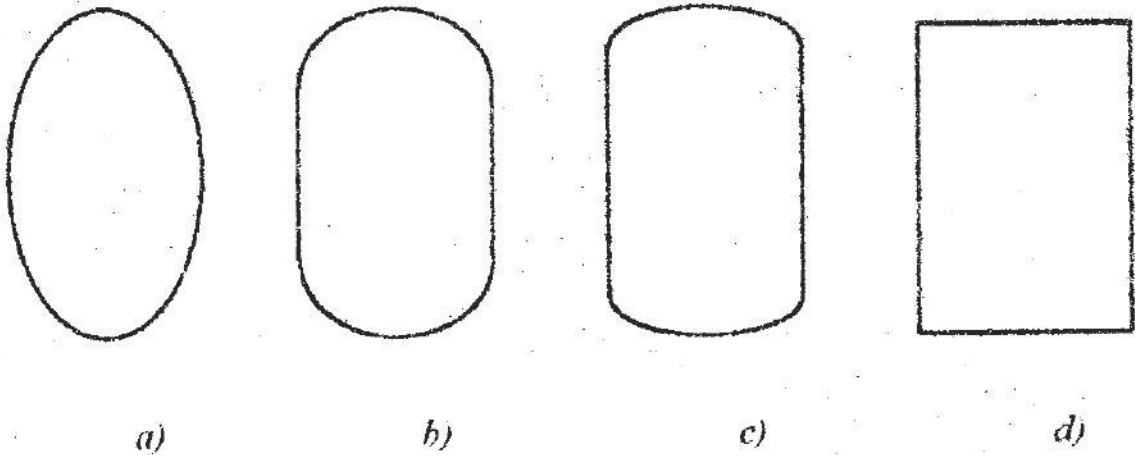


Рисунок 1

Численные исследования проводились для случаев, когда задавались одна, две или три параллельные выработки. Поперечные сечения выработок варьировались от эллиптической до прямоугольной (рис.1). Параметры выработок подбирались так, чтобы они имели одинаковую ширину $2a = 4 \text{ м}$ и высоту $2b = 6 \text{ м}$.

В случае эллиптической выработки напряжения σ_θ , действующие в массиве вблизи контура поперечного сечения выработки, являются сжимающими. Интересным с практической точки зрения является развитие зоны растягивающих напряжений в кровле и почве выработки для алевролита изотропного, когда контур отличается от эллиптического. Наибольших значений эта зона достигает в случае прямоугольного сечения. В той зоне возможно разрушение породы.

Результаты исследований показывают, что для каждого конкретного материала можно подобрать конфигурацию выработки, когда напряжения будут только сжимающими. Так выработка, изображенная на рис.1с., является наиболее подходящей для алевролита анизотропного. Напряжения в этом случае являются близкими к равномерно распределенным. Наиболее неподходящий с этой точки зрения является прямоугольная выработка (рис.1d) для алевролита изотропного. Здесь наблюдается тенденция к расширению зоны растягивающих напряжений.

Исследование многосвязных областей выполнены для выработок, изображенных на рис.1с. Анализ данных показывает, что напряжения значительно возрастают в зоне между контурами при их сближении.

Проведены также исследования по изучению распределения относительных значений упругого потенциала в окрестности выработок. Для вычисления полного значения упругого потенциала V и упругого потенциала V_0 в нетронутом массиве использовались выражения в виде [4]:

$$\bar{V} = \frac{1}{2E} \sum_{i=1}^6 \sum_{k=1}^6 a_{ik} \sigma_i \sigma_k, \quad \bar{V}_0 = \frac{1}{2E} \sum_{i=1}^6 \sum_{k=1}^6 a_{ik} \sigma_i^0 \sigma_k^0 \quad (2)$$

где σ_i полные напряжения в любой точке горной породы; σ_i^0 напряжения в нетронутом массиве; a_{ik}/E - коэффициенты деформации.

Относительные значения упругого потенциала V вычисляются по формуле

$$V = \bar{V} / \bar{V}_0 \quad (3)$$

Величину V равную единице будем называть фоновым значением. К такому значению будет стремиться величина V при удалении от выработок.

Результаты позволяют выяснить роль взаимного влияния выработок на напряженное состояние горного массива вблизи них. Так, если две выработки расположить на расстоянии не менее $4p$ (здесь и далее через p обозначено значение ширины выработки), то взаимное влияние выработок будет малым. Сближение выработок ведет к росту концентрации энергии в зоне между ними. Так если толщина перемычки равна $0.5p$, то максимальная концентрация энергии на прямых стенках превышает фоновое значение в 7.4 раза. Если же толщина перемычки равна $0.25p$, то концентрация энергии по всей перемычке превышает фоновое значение в десять раз. Аналогичная картина наблюдается и в случае, когда число выработок равно 3. Так, когда толщина перемычек равна p , то максимальное значение концентрации энергии на прямых стенках в 4.67 раза превышает фоновое значение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Космодамианский А.С., Нескородев Н.М. Напряженное состояние анизотропной пластинки с отверстиями произвольной формы // Доклады АН Украины. - 1993. - №7. - С. 54-56.
2. Нескородев Н.М. Метод граничных элементов в задачах о напряженном состоянии анизотропной пластинки с отверстиями // Теоретическая и прикладная механика. Харьков: Изд. Основа, 1993. - Вып. 24. - С.44-50.

3. Космодамианский А.С. Напряженное состояние анизотропных сред с отверстиями или полостями. - Киев - Донецк: Вища школа, 1976. - 200 с.

4. Лехницкий С.Г. Теория упругости анизотропного тела. - М.: Наука, 1977. - 415 с.

5. Ержанов Ж.С., Айталиев Ш.М., Масанов Ж.К. Сейсмонапряженное состояние подземных сооружений в анизотропном слоистом массиве. - Алма-Ата: Наука, 1980. - 212 с.

6. Космодамианский А.С., Пескородев Н.М. Напряженное состояние массива горных пород с выработками произвольного поперечного сечения. Донецк. 1993. - 23 с. Деп. в ГНТБ Украины 22.05.1993. № 992 - Ук.93.

УДК 622.453

Г.А. Шевелев

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВОЗНИКНОВЕНИИ ВЫБРОСОВ УГЛЯ, ПОРОДЫ И ГАЗА

Любая сложная техническая или технологическая система таит в себе опасность "отказов". Их проявление влечет за собой нарушение технологического цикла вплоть до тяжелых социальных последствий. Поэтому всегда при решении технологических задач параллельно создаются так называемые "линии защиты", назначение которых связано с обеспечением безопасности данного технологического процесса.

При отработке выбросоопасных угольных пластов создано много "линий защиты". К ним следует отнести методы прогноза выбросоопасности, способы предотвращения выбросов, оценка надежности их выполнения, контроль за содержанием метана, опережающее отключение электроэнергии и многое другое. Они направлены на предотвращение аварийных ситуаций. Тем не менее, опасность возникновения выбросов не исключается. Поэтому, наряду с созданием новых и совершенствованием существующих методов и средств прогноза и предотвращения выбросов угля, породы и газа, необходимо постоянно развивать другое направление, связанное с безопасностью горнорабочих при возникновении аварийной ситуации. В этом направлении также сделано немало (использование самоспасателей, планы ликвидации аварий и др.). Последние регламентируют пути выхода людей из аварийных участков и другие мероприятия. Но при этом в них не учитывается, что при выбросах возникает опасность опрокидывания воздушных потоков и загазирования выработок, нормально проветриваемых свежей струей.