

требуемой скоростью, а также обеспечит очистку воды от содержащихся в ней инородных и некондиционных включений, что в целом повысит надежность работы сепаратора.

В ИГТМ НАН Украины в настоящее время ведутся поиски путей по дальнейшему снижению граничной крупности пленочной классификации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Pat. 3 591 000 USA ICB 03b 3/100. Method and apparatus for siring and separating solids / I. Humphreys. — Pub. 6.07.71.
2. Заявка 428595/03. Способ гидравлической классификации и устройство для его осуществления/ В.Н. Потураев, А.М. Туркенич, Е.С. Лапшин // Решение о выдаче а.с. от 8.07.87.
3. Заявка 4950782/03. Устройство гидравлической пленочной классификации/ В.Н. Потураев, А.М. Туркенич, Е.С. Лапшин, А.И. Шевченко// № 055041 от 27.06.91.

УДК 550.06:622.28

Ю. Н. Пилипенко, С. Я. Иванчишин

ГЕОМЕХАНИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ ПРИ ПОДХОДЕ ОЧИСТНЫХ РАБОТ К ЗОНЕ ТЕКТОНИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ

Для описания напряженного состояния угольного массива в окрестностях тектонических нарушений прежде всего необходимо определить поле напряжений в краевой части угольного пласта и размеры зоны предельного равновесия, где напряжения превышают предел прочности. Поскольку напряжения на кромке пласта значительно превышают прочность угля и прочностные свойства вмещающих пород выше, чем угля, то угольный пласт моделируется пластическим слоем, зажатым между двумя шероховатыми плитами.

В ходе построения математической модели возникает задача предельного равновесия, относящаяся к классу неупругих ее решение осуществляется без учета деформаций и сводится к совместному решению уравнений равновесия и условий предельного состояния при заданных граничных и начальных условиях.

Если x_1 - размер зоны предельного равновесия, то изменение нормального напряжения $\sigma_{y1}(x)$ в зоне опорного давления определяется по формуле [1]:

$$\sigma_{y1}(x) = \begin{cases} g_1 e^{\kappa x} - g_2, & \text{если } 0 \leq x \leq x^* \\ AK_1 h^{-1}(x - x^*) + \omega, & \text{если } x^* \leq x \leq x_1 \end{cases} \quad (1)$$

Напряжения в упругой зоне пласта, для которой $x > x_1$ вычисляются по формуле:

$$\sigma_{y1}(x) = K_f \gamma H \left\{ 1 + (K_f \gamma H)^{-1} \left[AK_1 h^{-1}(x_1 - x^*) + \omega - K_f \gamma H \right]^{(1-x)(1-x_1)} * \right. \\ \left. * (N-1)^{(x-x_1)(1-x_1)} \right\} \quad (2)$$

Из условия статического равновесия, выраженного в равенстве дополнительных нагрузок в зоне опорного давления нагрузке P , приложенной к пласту в результате зависания пород, получаем трансцендентное уравнение для определения размера зоны предельного равновесия x_1 .

Вторая часть решения состоит в определении поля напряжений от тектонического нарушения, моделируемого эллиптическим включением с варьируемыми осями и углом наклона [2]. Для этого рассмотрим бесконечную упругую область, подверженную однородному двухосному растяжению на бесконечности. Область содержит эллиптическое включение из другого материала, напряженное состояние которого считается однородным. Так как различие температур включения и основного материала не учитываем, то полагаем смещения непрерывными на границе раздела двух сред.

Бесконечная область находится в условиях плоского напряженного состояния, для которого эффективным является использование методов теории аналитических функций и введение комплексной переменной $z = x + iy$, где: x и y - декартовы координаты.

Эллиптическая граница раздела упругих сред L описывается уравнением:

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1,$$

где a и b - полуоси эллипса, $a = R(1+m)$; $b = R(1-m)$; где m и R - параметры эллипса.

Напряжения и смещения в плоской задаче теории упругости можно представить с помощью комплексных потенциалов Колосова-Мусхелишвили $f(z)$ и $k(z)$, которые являются аналитическими функциями

комплексного переменного z всюду в области, занятой однородной упругой средой:

$$\begin{aligned}\sigma_x + \sigma_y &= 4\operatorname{Re} \psi'(z) \\ -\sigma_x + \sigma_y + 2i\tau_{xy} &= 2[zf''(z) + k''(z)], \\ 2\mu(u + iv) &= xf(z) - f'(z) - k(z)\end{aligned}\quad (3)$$

где: $\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$ - компоненты напряжений; u и v - компоненты перемещений соответственно по осям x и y ; μ - модуль сдвига; ν - коэффициент Пуассона.

Контур эллипса является линией, на которой комплексные потенциалы $f(z)$ и $k(z)$ терпят скачок. Определим граничные условия задачи: всюду на границе контакта L плотное прилегание; в этом случае нормальные и касательные напряжения на любой дуге, являющейся частью L , будут непрерывны справа и слева от дуги, а следовательно, будут непрерывны образуемые ими главные векторы.

$$f(z) + zf'(z) + k_1(z) = f_2(z) + zf_2'(z) + k_2(z), \quad (4)$$

где точка z принадлежит контуру L . Полагаем, что индекс 1 - для всех величин, относящихся к включению, а индекс 2 - к основному материалу. Запишем условия на бесконечности: считаем, что при z^∞ действуют постоянные напряжения $\sigma_x = \sigma_{x^\infty}$, $\sigma_y = \sigma_{y^\infty}$. В нашем случае $\sigma_{y^\infty} = \gamma H$, $\sigma_{x^\infty} = \lambda \gamma H$; где γ - удельный вес вмещающих пород; H - глубина разработки; λ - коэффициент бокового подпора. При этом:

$$\begin{aligned}f_2(z) &= \frac{1}{4}(\sigma_{x^\infty} + \sigma_{y^\infty})z + o\left(\frac{1}{z}\right), \\ k_2(z) &= \frac{1}{2}(\sigma_{y^\infty} - \sigma_{x^\infty} + 2i\tau_{xy^\infty})z + o\left(\frac{1}{z}\right).\end{aligned}\quad (5)$$

Напряжения во включении постоянны и равны величинам $\sigma_x = \sigma_x^0$, $\sigma_y = \sigma_y^0$, $\tau_{xy} = \tau_{xy}^0$, которые должны быть определены в процессе решения.

В составном теле на границе L для смещений из [2] находим граничное условие:

$$\frac{x_1 f_1(z) - zf_1'(z) - k_1(z)}{\mu_1} = \frac{x_2 f_2(z) - zf_2'(z) - k_2(z)}{\mu_2}, \quad (6)$$

Функции f_1, f_2, k_1 и k_2 определяем из краевых условий (4), (5) и (6) на эллипсе L .

Используя полученные выражения для функций f_1 , f_2 , k_1 и k_2 и соотношение (2), после ряда математических преобразований найдем поле напряжений в основном материале. В результате суперпозиции решения (1) о напряженном состоянии в краевой части угольного пласта и решения о возмущении, вносимом геологическим нарушением, получим:

$$\begin{aligned}\sigma_x + \sigma_y &= \frac{2\mu_1 + \mu_2(x_1 - 1)}{\mu_1(1 + x_2)}(\sigma_x^0 + \sigma_y^0) + \sigma_{y1}(x) + \frac{4}{1 + x_2} \operatorname{Re} \left(A \frac{m\zeta^2 - 1}{\zeta - m} \right) + \frac{1}{A} * \\ & * \left[g_1(I^{kh} - 1) - \frac{MQx}{x_1} \right] \\ \sigma_x - \sigma_y + 2i\tau_{xy} &= \frac{x_2\mu_1 + \mu_2}{\mu_1(1 + x_2)}(\sigma_x^0 + \sigma_y^0 + 2i\tau_{xy}) + \frac{4Az(1 - m^2)\zeta^3}{R(1 + x_2)(\zeta^2 - m)^3} - \frac{2A}{1 + x_2} * \\ & * \frac{m^2\zeta^4(\zeta^2 - 3m) + 3\zeta^2 - m}{(\zeta^2 - m)^3} + \frac{D(\sigma_x^0 + \sigma_y^0)}{1 + x_2} \cdot \frac{m\zeta^2 - 1}{\zeta^2 - m} + \sigma_{y1}(-x) - \frac{g_1}{A}(e^{kh} - 1) + \frac{MQ}{Ax_1}x,\end{aligned}\quad (7)$$

где $\sigma_{y1}(x)$ определяется соотношением (1).

Система уравнений при подстановке конкретных значений координат x , y и комплексной переменной ζ определяет поле напряжений в призабойной части угольного пласта в зоне влияния тектонического нарушения.

Для прогноза напряженного состояния в зоне тектонических нарушений было выполнено физическое моделирование с привлечением горно-геологической информации. Комбинируя одиночные и сложные разрывы, создавались различные ориентации тектонических нарушений по отношению к направлению главного напряжения, оценивалось влияние величины нагружения на изменение качественной картины изучаемого локального поля напряжений тектонических нарушений на различном удалении от угольного забоя.

При подходе очистной выработки к крутопадающему тектоническому нарушению максимальные касательные напряжения наблюдаются в точках пересечения пласта и вершины дизъюнктива. Сравнительный анализ напряженного состояния в зоне очистной выработки показал, что тектоническое нарушение создает довольно сложную картину распределения напряжений, которая осложняется при изменении угла его падения и пространственного положения.

Результаты моделирования были дополнены исследованиями в натуральных условиях на шахте им. РККА ПО "Добропольеуголь". Было установлено, что производственная ситуация осложняется не только из-за необходимости перехода нарушения механизированным комплексом, но и из-за изменения состояния геомеханической системы. Исследования в различных горно-геологических условиях позволили типизировать проявления горного давления и формализовать основные ситуации в зоне разрывов. Это позволило классифицировать тектонические нарушения по способности аккумулировать упругую энергию при подходе очистных работ к дизъюнктиву. Расширение этой классификации позволит для различных горно-геологических условий разработать мероприятия, которые позволят разрядить энергию тектонических напряжений в массиве, либо путем проведения дополнительных мер создать энерговод для перемещения волны опорного давления в глубь угольного массива, с целью уменьшения пригрузки боковых пород и безаварийного перехода нарушений горными работами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Управление состоянием предельно напряженного породного массива малоэнергетическими воздействиями / Булат А. Ф., Курносков А. Т., Русанцов Ю. А.; АН УССР, Ин-т геотехн. механики. - Киев: Наукова думка, 1993. - 175 с.

3. Структурные модели горного массива в механизме геомеханических процессов / Вылегжанин В. Н., Егоров П. В., Мурашов В. И. - Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1990. - 295 с.

УДК

Н.Н. Беляев, В.В. Ракуляк

ЧИСЛЕННАЯ МОДЕЛЬ РАСЧЕТА РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЙ С ПОДЗЕМНЫМИ ВОДАМИ

Днепропетровская область характеризуется размещением в ней большого количества различных техногенных очагов загрязнения подземных вод (хвостохранилище, отстойники, свалки и т. д.). Проникновение загрязняющих веществ в водоносные горизонты вызывает сильное ухудшение качества