

А.А. СОВА, канд. техн. наук, А.В. САЗОНОВ, инженер,
М.И. РУСАКОВ, и.о. мл. научн. сотрудника,
НИГРИ ГВУЗ «Криворожский национальный университет»

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЕОМЕХАНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МАССИВА И РЕЗУЛЬТАТОВ МОНИТОРИНГА

Для решения задачи по разработке модели геомеханического состояния массива горных пород в зоне сдвижения шахты "Артем-1" был выбран метод конечных элементов, который позволяет создать цифровую модель напряженно-деформированного состояния горного массива. Эта модель создается на основе цифровой геометрической и геологической модели горного массива, выработанного пространства и геологических слоев горных пород.

Расчет напряженно-деформированного состояния методом конечных элементов можно схематически подразделить на три стадии: Идеализация рассматриваемой среды, то есть представление первоначальной сплошной среды набором дискретных элементов. Оценка свойств каждого элемента, т.е. представление упругих и геометрических характеристик среды, а также характеристик нагрузки в матричной форме. На этой стадии рассматриваются физико-механические свойства среды (в обязательном порядке - объемный вес, модуль упругости Юнга, коэффициент Пуассона), характеризующие жесткостью элементов и вводится соотношение между силами (вводятся нагрузки на рассматриваемый массив), приложенными к узловым точкам и вызванными ими перемещениями (определяются условия защемления и перемещения краевых узловых точек модели). Это соотношение представляется матрицей жесткости элемента. Вторая стадия расчета геомеханической модели методом конечных элементов - вычисление перемещений и напряжений с помощью методов матричной алгебры. Третья стадия расчета МКЭ (представление результатов расчета) зависит от применяемого программного комплекса, т.е. для решения каких задач он "заточен". Обязательным условием представления результата является таблицы, в которых приведены данные по напряженно-деформированному состоянию каждого узла и элемента. В качестве граничных условий принято запрещение горизонтальных смещений на вертикальных границах моделируемой области, а также горизонтальных и вертикальных смещений на нижней границе области. Источником формирования силовой обстановки массива служит собственный вес пород.

Для условий шахты "Артем -1" было выбрано программное обеспечение FemScore ED-Elas2D. Это программное обеспечение имеет простой и дружелюбный интерфейс, однако, создание сетки треугольников (элементов) выполняется в ручном режиме. Поэтому были разработаны программные модули позволяющие, создавать сетку элементов из цифровой и геологической модели горного массива шахты "Артем -1". Результаты расчета получаются в виде таблиц (текстовые файлы) и графических файлов в виде изолиний горизонтальных, вертикальных и результирующих смещений, относительных горизонтальных, вертикальных и результирующих деформаций и нормальных горизонтальных, вертикальных и результирующих напряжений. Кроме этого, в виде графиков изолиний получены и главные максимальные и минимальные деформации и напряжения, а также максимальные тангенциальные деформации и напряжения.

Использование сориентированных в пространстве трех- и шестикомпонентных измерительных зондов и соответствующего программного обеспечения позволяет определять координаты гипоцентров явлений. В конечном итоге в программу оценки состояния массива поступают паспорта событий, включающие вид явления, энергетическую характеристику, координаты гипоцентра и естественно время события. Трехмерная модель контролируемого массива позволяет визуализировать зоны активности тех или иных, или всех событий. С учетом детальной характеристики каждого события и обобщенной характеристики всего «облака» событий можно оценить состояние массива. Трехмерная динамическая модель позволяет визуализировать динамику развития и траекторию движения активной зоны в пространстве и во времени. Сопоставление траекторий зон сейсмической активности с траекторией ведения горных работ позволит прогнозировать аварийные ситуации.