$$\bar{b}'_{se} = \left[\frac{l_0}{(L_0 l_0 + 1) + (L_0 + 1)(m_0 - 1)} \right], \ \bar{b}''_{se} = \left[\frac{1}{(L_0 l_0 + 1) + (L_0 + 1)(m_0 - 1)} \right]. (10)$$

Значения констант $c' = 1, c'' = L_0 l_0 + 2$ можно получить аналогично значениям c'_u, c''_u.

Литература

1. *Сегерлинд Л.* Применение метода конечных элементов / Пер. с англ. А. А. Шестакова; под ред. Б. Е. Победри. М.: Мир, 1979. 392с.
2. *Репченков В. И., Нагорный Ю. Е., Репченкова Е. В.* Векторная параметризация номеров степеней свободы и номеров элементов в МКЭ. / Белгосуниверситет. Мн., 2003. 13 с. Деп. в БелИСА.

ПОСТРОЕНИЕ ЧИСЛЕННЫХ МОДЕЛЕЙ ИЗУЧЕНИЯ НДС В МАССИВЕ ГОРНЫХ ПОРОД С УЧЕТОМ ВОЗМОЖНОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ТРЕЩИН ДО ВОДОНОСНЫХ ГОРИЗОНТОВ

Ю.В. Напрасникова

Изучение деформаций сдвижения горных пород важно, помимо целенаправленного управления горным давлением и защиты горных выработок от чрезмерного проявления горного давления, также для защиты горных выработок от поступления подземных вод (водозащитная роль толщи) в горные выработки.

В настоящее время основным месторождением по добыче калийных солей в Беларуси является Старобинское месторождение. Исходя из его геологического профиля, были предложены две двумерные расчетные схемы (поскольку выработка протяженная, то можно ввести предположение о плоском деформируемом состоянии), имеющие одинаковую геометрию и различные граничные условия. Задача решалась в упругой постановке. Определяющими уравнениями являются уравнения Навье. Предполагается, что напряжения возникают только под действием массовых сил тяжести.

Для решения использовался программный комплекс FlexPDE.

Для того, чтобы убедиться в адекватности полученных моделей и выбрать расчетную схему, наиболее точно описывающую исследуемые процессы, были проведены тестирования, позволяющие сравнить результаты численного расчета с известными аналитическими решениями. Кроме того, численные результаты сравнивались с известными экспериментальными данными. В качестве тестовой рассматривалась задача определения напряженно-деформированного состояния (НДС) в массиве горных пород с горизонтальной одиночной выработкой кругового поперечного сечения радиуса 6 м.

На основе сравнения численных решений с аналитическими и экспериментальными предпочтение было расчетной схеме со следующими граничными условиями: на вертикальных границах рассматриваемой прямоугольной области касательные напряжения равны нулю, нормальные напряжения гидростатические; на нижней границе расчетной области перемещения вдоль вертикальной оси равны нулю, касательные напряжения равны нулю; на верхней границе и на контуре выработки нормальные и касательные напряжения равны нулю.

Далее решалась задача по выделению характерных зон в подработанном массиве горных пород. Были построены картины распределения горного давления на разных горизонтах породной толщи от отрабатываемого пласта. Полученные результаты полностью соответствует картине, построенной по результатам аналитических и экспериментальных исследований: в области выработанного пространства наблюдается область разгрузки (горное давление меньше по величине уровня естественного напряженного состояния); с удалением от отрабатываемого пласта наблюдается уменьшение максимального значения опорного давления, а зона опорного давления расширяется.

Рассчитана область разрушения массива горных пород. Например, в пределах 8м от границы выработки мощность зоны разрушения не превышает высоты выработки.

Построены изолинии распределения максимальных касательных напряжений. Как следует из полученных результатов, они совпадают с аналогичными картинами, полученными другими способами и приведенными в литературных источниках. Используя предельное условие вида «максимальное касательное напряжение меньше предельного», можно определить область, в которой проявляются линии скольжения (зона трещиноватости). Например, при предельном касательном напряжении 10000000 Па эта область будет распространяться не более чем на 75 м.

В качестве обобщения результатов была построена трехмерная расчетная схема с граничными условиями, аналогичными выбранной двумерной расчетной схеме. Сравнивались результаты, полученные на основе трехмерной модели, с аналогичными картинами, соответствующими двумерной расчетной схеме. Были построены характерные зоны подрабатываемого массива и картины НДС. Все результаты хорошо согласуются с аналитическими решениями и экспериментальными исследованиями, а также с картинами, полученными на основе двумерной расчетной схемы.

Литература

1. *Журавков М. А.* Математическое моделирование деформационных процессов в твердых деформируемых средах (на примере задач механики горных пород и массивов). Мн.:БГУ, 2002. 456с.
2. *Журавков М. А., Напрасникова Ю. В.* Численное исследование напряженного состояния в породе с выработкой. Материалы Международной научно-технической конференции «Наука – образованию, производству, экономике» 4–7 марта 2003г, БНТУ. Мн.: БНТУ, 2003.

ЛИНЕЙНЫЙ АЛГОРИТМ НАХОЖДЕНИЯ СВЯЗНЫХ КОМПОНЕНТ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ГРАФА

А. Х. Перез-Чернов

Введение

В работе описывается алгоритм, который по списку смежности вершин графа предъявляет связные компоненты или самого графа, или его дополнения. Каждая строка списка смежности должна быть упорядоченной. Главное преимущество алгоритма заключается в том, что он позволяет за линейное $O(n+m)$ время найти связные компоненты дополнительного графа $(n=|VG|, m=|EG|)$. Эта задача может быть решена и традиционным способом, путем непосредственного перехода к дополнению. Однако, использование связки «переход к дополнению — применение волнового алгоритма» приводит к сложности $O(n^2)$. В случае, если данная проблема входит в качестве подзадачи в алгоритм, имеющий сложность меньшую, чем квадрат, необходимо использовать более быстрые алгоритмы нахождения связных компонент графа $\bar{G}$.

Существуют практические алгоритмы, в которых желательно использовать именно линейное нахождение связных компонент дополнительного графа. В сфере работ, связанных с модульной декомпозицией, данная процедура часто востребована. Например, с помощью данного алгоритма удалось получить машинно-ориентированную $O((n+m)$ $Log(n+m))$ реализацию (P,S,N)-декомпозиции. Более того, алгоритм описывает программную реализацию одного из этапов модульной декомпозиции [1], которая в ряде случаев позволяет уменьшить размерность некоторых сложных задач. В некоторых классах графов применение модульной декомпозиции оказывается эффективным методом для решения определенных NP-полных задач, например, КЛИКА и ХРОМАТИЧЕСКОЕ ЧИСЛО.