

# ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ В ОБЛАСТЯХ ПОРОДНОГО МАССИВА С ГЕОЛОГИЧЕСКИМИ НАРУШЕНИЯМИ

Стагурова О. В.

Белорусский государственный университет  
Пр. Ф. Скорины 4, 220050 г. Минск, Беларусь

Научно-исследовательская работа посвящена изучению влияния разломов на напряженно-деформированное состояние массива.

**Ключевые слова:** моделирование, напряженное состояние, породный массив, блочное строение, метод конечных элементов.

Рассматриваем породный массив, который в соответствии с теорией блочного строения рассматривается как часть блочной структуры более высоко-го порядка. Пространственную задачу разбиваем на несколько плоских.

Задачи решаем универсальным численным методом конечных элементов с помощью пакета "Геомеханика".

Рассмотрим породный массив в плоскости, параллельной земной поверхности. Моделируем численные расчетные схемы, соответствующие естественному состоянию массива с различными видами геологических нарушений (разрезов) и не противоречащие экспериментальным результатам (рис.1).

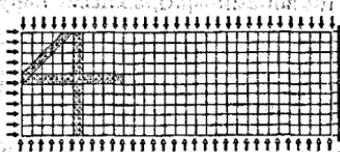


Рис.1

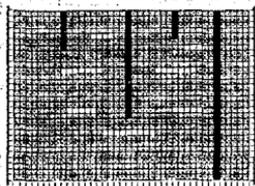


Рис.2

По решенным задачам делаем выводы. Во всех случаях можно сделать заключение: при введении в массив разреза, поле главных напряжений изменяется, становится неоднородно, главные напряжения поворачиваются на некоторый угол. Наблюдается симметричность главных напряжений относительно срединной нормали к разрезу. Внутри разреза главные напряжения ориентируются таким образом, чтобы одна из компонент напряжений была ортогональна нормали разреза. Изменение ориентации напряжений не всегда ведет к изменению величин напряжений и наоборот, изменение значений напряжений не всегда влечет за собой поворот главных напряжений. Влияние разрезов распространя-

ется на расстояние в несколько раз превосходящее длину разреза. Максимальные величины напряжений наблюдаются при динамических передвижках краев разрезов. При этом в массиве наблюдаются не только деформации сжатия, но и растяжения. Увеличение ширины разреза влечет за собой меньшую дифференциацию значений напряжений. Условие полного сцепления приводит к формированию только деформации сжатия, и, как следствие, к повышению напряжений на границах разреза. Наибольшие напряжения возникают на краях разреза, в торцах и на пересечениях разрезов. Характерной чертой является повышение  $\sigma_1$  с одновременным понижением  $\sigma_3$ .

В работе рассматривалось НДС массива с разрывными нарушениями в поле силы тяжести.

В соответствии с исходной геомеханической моделью была смоделирована численная расчетная схема массива, находящегося под действием сил тяжести с объемным весом  $\gamma$ , с учетом влияния техногенного воздействия (рис.2).

В результате выполнения численных исследований получаем характеристики полного тензора напряжений и наведенного поля перемещений. Естественно, в зонах геологических нарушений (например, разрывных нарушений) литостатическое напряженное состояние нарушается.

Зоны разрывных нарушений моделируются сжимаемой упругой средой. Контактные условия между массивом и зонами разрывных нарушений моделируются условиями от полного сцепления до упругого взаимодействия.

При анализе результатов математического моделирования основное внимание уделялось: изучению картин изменения напряженного состояния породного массива в выделенной области при различных условиях и соотношениях динамических движений разрывных зон и выработанного пространства и возможности возникновения динамических срывов (появления динамических подвижек) в зоне разрывного нарушения.

Проведенные расчеты показали, что значение максимального вертикального главного напряжения  $\sigma_1$  изменяется незначительно, то есть создание подземных крупномасштабных сооружений практически не оказывает влияния на величину  $\sigma_1$ . Изменение затрагивает величины компонент главных субгоризонтальных напряжений  $\sigma_2$  и  $\sigma_3$ .

Важным является то, что перераспределение величин субгоризонтальных главных напряжений влечет за собой изменение и значений касательных напря-

жений  $\sigma_{\text{max}} = (\sigma_3 - \sigma_1)/2$ . Последнее обстоятельство является существенным для активизации движений породных массивов в горизонтальных плоскостях.

Расчеты показали, что в случае отсутствия в рассматриваемой области породного массива зон разрывных нарушений, изменения начального напряженного состояния в массиве главным образом определяются параметром "НЛ" - отношением глубины ведения подземных горных работ к характерному линейному размеру зоны освоения подземного пространства (выбирается наибольший из всех существующих).

Изменения напряженного состояния могут быть существенными в случае ведения крупномасштабных подземных работ в приповерхностных областях (на глубинах до 100 метров).

В случае же освоения подземного пространства в заглубленных областях и на глубоких горизонтах изменения величин тензора напряжений не являются такими, чтобы повлечь за собой возникновение значительных разрушений породных массивов или возникновение динамических срывов.

Иная картина наблюдается в области наличия зон разрывных нарушений. Воздействие крупномасштабной подземной разработки массива на зоны с разрывными нарушениями обуславливает потенциальную возможность возникновения техногенных динамических срывов (сейсмических явлений).

С точки зрения основных законов механики наиболее опасными (как потенциальная возможность возникновения динамических разрушений) являются большие сдвиговые относительные (по отношению друг к другу) вертикальные  $\Delta u_i$  и горизонтальные  $\Delta u_j$ ,  $\Delta u_k$  подвижки граничных поверхностей блоков массива.

В первом приближении были сделаны расчеты для Солигорского месторождения.

В работе, наряду с изучением влияния геологических нарушений на НДС породного массива, было показано, что можно моделировать абстрактные задачи геомеханики и успешно их решать численными методами, а на базе полученных результатов исследований решать конкретные практические задачи.

#### Литература

1. Адушкин В.В., Цветков В.М. Влияние структуры и геодинамики на напряженное состояние земной коры. // XI Российская конференция по механике горных пород. Санкт-Петербург. 1977. С.7-12.

2. Усаченко Б.М., Перепелица В.Г.; Оценка напряженного состояния породного массива вблизи геологических нарушений. // Известия ВУЗов. Горный журнал. №8. 1990. С.37 - 40.
3. Дашко Р.Э. Механика горных пород. М.: Недра. 1987. 263 с.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ДЕНЕЖНОГО РЫНКА НА ОСНОВЕ УРАВНЕНИЯ МАРШАЛЛА-ПИГУ

Народецкий Д. А.

Белорусский государственный университет  
г. Минск, пр. Скорины 4

**Аннотация:** вопрос "достаточно ли денег в экономике" является одной из центральных проблем денежно-кредитного регулирования.

Для моделирования функционирования денежного рынка используется неоклассический подход. В работе построено семейство функций спроса на деньги; проведен их сравнительный анализ; из возможных факторов, определяющих спрос на деньги, выделен основной; рассмотрены двухфакторные функции спроса на деньги.

**Ключевые слова:** спрос на деньги; денежный рынок; линейная регрессия.

Под рынком денег в макроэкономической теории понимается совокупность отношений между банковской системой, создающей всеобщие платежные средства, и другими макроэкономическими субъектами, предъявляющими спрос на них. Изучение спроса на деньги является важной задачей с точки зрения оценивания возможного объема предложения денег, поскольку, как хорошо известно, необоснованное увеличение денежной массы приводит к инфляции.

Для моделирования функционирования денежного рынка используется неоклассический подход, в соответствии с которым спрос на деньги определяется потребностями субъектов в деньгах для осуществления покупок и платежей в промежутках между моментами получения денежных доходов.

За основу при построении модели было принято кембриджское уравнение Маршалла-Пигу:

$$M = kPy, \quad (1)$$

где  $M$  - некоторый денежный агрегат,  $k$  - коэффициент «предпочтения ликвидности»;  $P$  - индекс цен,  $y$  - количество транзакций в экономике, измеряемое обычно объемом реального дохода или производства. Разделив на индекс