УДК 622.273.2:622.831

А.П.ГОСПОДАРИКОВ
Профессор кафедры высшей математики
М.А.ЗАЦЕПИН
Аспирант кафедры разработки месторождений полезных ископаемых
А.В.МЕЛЕШКО
Горный факультет, группа ТПП-04-1

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НА ОСНОВЕ МЕТОДА КОНЕЧНЫХ РАЗНОСТЕЙ НЕКОТОРЫХ ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ ГЕОМЕХАНИКИ

С развитием вычислительной техники в математическом моделировании наряду с традиционными аналитическими методами все шире применяются численные методы. Среди численных методов решения наиболее широко известны метод конечных разностей, метод конечных элементов, метод граничных элементов, метод граничных интегральных уравнений и другие методы, получившие большое распространение в инженерной и научной среде. К числу наиболее эффективных численных методов относится МКР, широко используемый при решении важных прикладных задач геомеханики.

Development of computer engineering in mathematical modeling gives a possibility to use the numerical methods parallel with the analytical methods. Among them finite difference method, finite elements method, boundary element method and others. FDM is the effective one, which can be used in geomechanical problems extensively.

Многие прикладные задачи геомеханики (обеспечение надежных прогнозных механических состояний массива, в том числе параметров полей напряжений, деформаций и перемещений) связаны с определением напряженно-деформированного состояния (НДС) массива горных пород, вмещающего выработки различного очертания.

Такие задачи решались многими исследователями различными методами как математического, так и физического моделирования. Так, например, в работе [1] на основе вариационного метода В.З.Власова была решена классическая задача по определению НДС неподкрепленной выработки прямоугольного сечения в неоднородном слоистом массиве горных пород (рис.1).

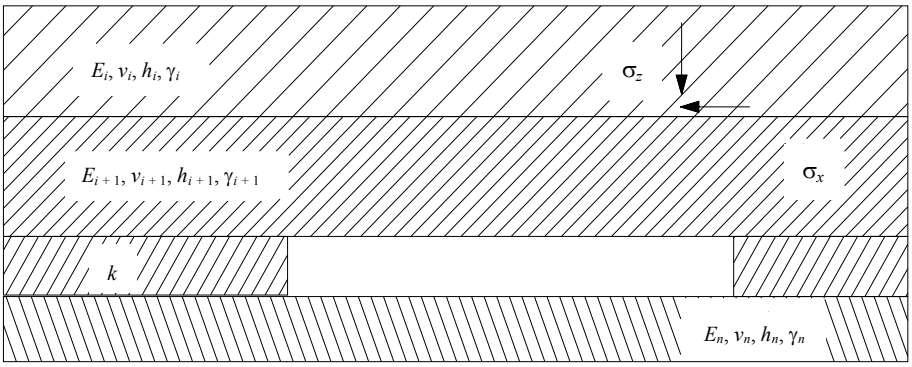


Рис.1. Неоднородный слоистый массив в зоне влияния выработанного пространства без закладки

Очевидно, что от точности решения таких геомеханических задач по определению НДС призабойных зон пласта напрямую зависят возможность управления состоянием массива непосредственно в лаве и эффективность выемки полезного ископаемого добычными комплексами.

Современное развитие вычислительной техники наряду с традиционными аналитическими или численно-аналитическими методами, эффективно применяемыми в механике деформируемого твердого тела (геомеханике), способствует широкому применению численных методов, в том числе и МКР.

В настоящее время прикладные инженерные задачи лишь изредка удается решить аналитически [2], в большинстве же случаев приходится решать системы дифференциальных уравнений (в обыкновенных или частных производных) большого порядка и, как правило, нелинейных. Поэтому необходимо использовать универсальные вычислительные программы, реализованные на ЭВМ. Так, например, программа FLAC является мощным и эффективным вычислительным инструментом, основанным на методе конечных разностей [3], для моделирования прогноза НДС массива горных пород, деформирующегося в рамках линейного закона Гука.

Так, с помощью этой программы были определены вертикальные смещения в центре выработки (рис.2) и опорное давление на различных удалениях от забоя для массива горных пород, вмещающего выработку прямоугольного сечения.

Как при численном, так и при аналитическом решении [2] расчет показал, что опорное давление экспоненциально затухает по мере удаления от забоя. То же самое происходит и с деформациями. На центр исследуемой выработки, как было подтверждено и аналитическим решением, приходится максимум вертикальных смещений. Отметим, что в полученных решениях не были учтены многие особенности: учет трения между слоями, обжатие по вертикали и другие.

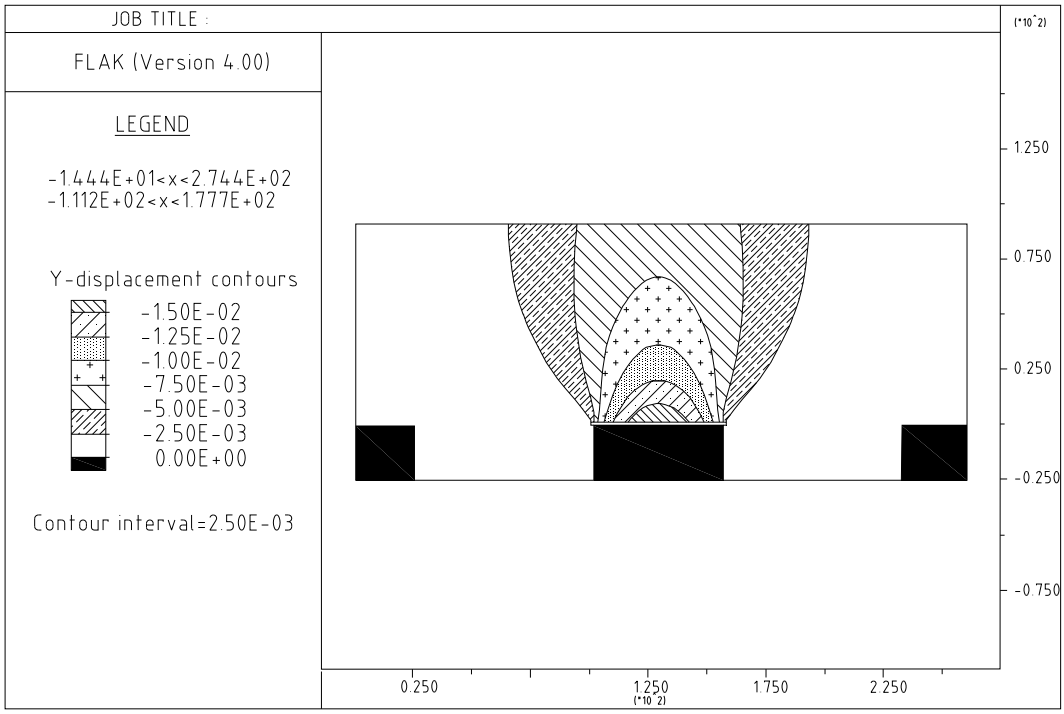


Рис.2. Вертикальные смещения кровли над выработкой

К недостаткам подобных вычислительных программ можно отнести отсутствие обоснованности применяемого математического аппарата, заложенного в программе, который уже нельзя исправить на стадии получения решения геомеханических задач. Отметим также и достаточно сложный интерфейс, не позволяющий инженерам быстро овладеть техникой решения задач геомеханики с помощью данной программы [3]. Использование программы предполагает рассмотрение задач только в пределах действия линейного закона Гука (глубины заложения выработок колеблются в пределах 200-300 м.). На глубинах 800 м и более (процесс деформирования горных пород уже не подчиняется линейному закону Гука) возникает необходимость совершенствования имеющихся вычислительных способов прогноза геомеханических процессов: модернизация и улучшение вычислительных средств для решения задач геомеханики в рамках нелинейного деформирования горных пород. Все это говорит в пользу необходимости разработки и дальнейшей модернизации программного продукта, учитывающей все имеющиеся недостатки, чтобы стать достаточно универсальным инструментом для решения широкого круга прикладных геомеханических задач.

Таким образом, применение универсальных численных методов и разработка эффективных вычислительных программ в прикладном аспекте позволяют не только своевременно предотвращать, например, опасные проявления горного давления в выработках, но и позитивно решать вопросы безопасности ведения горных работ.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Господариков А.П.* Нелинейное деформирование слоистого породного массива с учетом обжатия по вертикали / СПГГИ (ТУ). СПб, 1999.

2. *Господариков А.П.* Алгоритм расчета слоистого массива для прогноза напряженного состояния кровли угольного пласта в зоне очистных работ / А.П.Господариков, С.В.Васильев, М.А.Зацепин; Записки Горного института. Т.155 (1). СПб, 2003.

3. *Daniel Billuax, Xavier Rachez*. FLAC and Numerical Modeling in Geomechanics. Lyon: Second international FLAC symposium, 29-31 October 2001.