

где  $\varphi < \alpha < \varepsilon$ . Очевидно, что  $B \in \mathcal{M}(\varepsilon)$ .

Далее с учетом неравенств (3) и строения матрицы  $B$  легко убедиться в справедливости для любого индекса  $i \in N_n$  следующих соотношений

$$(C_i + B_i)(x' - x) = C_i(x' - x) + B_i(x' - x) = C_i(x' - x) - \alpha \|x' - x\| \leq < C_i(x' - x) - \varphi \|x' - x\| < 0.$$

Поэтому  $x \notin Q_i(C+B)$ .

Итак, для любого числа  $\varepsilon > \varphi$  существует такая матрица  $B \in \mathcal{M}(\varepsilon)$ , что  $x \in Q_i(C+B)$ . Поэтому для всякого числа  $\varepsilon > \varphi$  выполняется неравенство  $\rho_r^n(x, C) < \varepsilon$ .

Следовательно, справедливо неравенство  $\rho_r^n(x, C) \leq \varphi$ .

Собирая все сказанное, убеждаемся в справедливости теоремы.

### Литература

1. Подиновский В.В., Ногин В.Д. Парето-оптимальные решения многокритериальных задпч. М.: Наука. 1982.
2. Емеличев В.А., Подкопаев Д.П. // Журнал вычислительной математики и математической физики. 1998. Т.38. № 11. С.1801-1805.

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ В МАССИВЕ В ОКРЕСТНОСТИ ВЫРАБОТОК БОЛЬШИХ ПРОТЯЖЕННОСТЕЙ.

Лазуренко Ю. Н.

Белорусский государственный университет

Пр. Ф. Скорины 4, 220050 г. Минск, Беларусь.

В докладе описывается некоторый подход к моделированию геомеханических процессов в массиве, нарушенном проведением выработок больших протяженностей.

**Ключевые слова:** выработка, лава, «длинный очистной забой», целик.

При выполнении модельных исследований по изучению геомеханического состояния массива в окрестности выработанного пространства, представляющего собой результат использования технологических схем обработки «длинными очистными забоями», одной из главнейших является проблема корректной формулировки модельных задач.

Формулировка модельной задачи включает в себя обоснование геомеханической схемы развития деформационных процессов в окрестности вырабо-

танного пространства, построение граничной модельной задачи, выбор метода решения и др.

Для наиболее полного анализа геомеханического поведения массива в окрестности отработанного пространства необходимо построение нескольких расчетных моделей, описывающих различные возможные схемы развития деформационных процессов и различные этапы этих процессов (во временной и пространственной протяженностях).

Выбор модели должен производиться таким образом, чтобы количественный или качественный анализ выбранных характеристик и свойств с помощью современных средств исследования можно было провести экономно по затратам времени и труда и с различной точностью.

При моделировании геомеханических процессов необходимо руководствоваться следующими положениями [1]:

В первую очередь необходимо построить модель геомеханического состояния изучаемой области массива, как механической среды.

Будем рассматривать массив как слоистое вязкоупругое тело, с учетом появления элементов разрушения при нарушении выполнения критериев прочности в массиве.

Так как моделируемая область породного массива является существенно неоднородной, то необходимые для расчетов физико-механические характеристики являются эффективными величинами, полученными расчетным образом [1,4,5].

Удельный вес породной толщи -  $20,48 \text{ кН/м}^3$ ;

Модуль деформации непосредственной кровли -  $12 \cdot 10^6 \text{ кПа}$ ;

Модуль деформации породной толщи -  $10^6 \text{ кПа}$ ;

Коэффициент Пуассона породной толщи -  $0,35$ ;

Предел прочности на сжатие пород выемочного пространства -  $280 \text{ кПа}$ ;

Предел прочности на сжатие породной толщи -  $270 \text{ кПа}$ ;

Удельное сцепление породной толщи -  $1300 \text{ кПа}$ ;

Угол внутреннего трения -  $79^\circ$ ;

Граничный угол свода давления (обрушения) -  $55^\circ$ .

Следующим этапом является построение в рамках выбранной модели массива расчетных схем, описывающих изменение напряженно-деформационного состояния областей массива в окрестности подземных сооружений.

Изучение процессов развития напряженно-деформированного состояния в породной толще вследствие наличия в последнем подземных выработок изучаемого технологического пространства выполнялось с целью исследования распространения возмущений в целиках и высоты развития магистральных трещин в кровле выработок (рис 1.1).

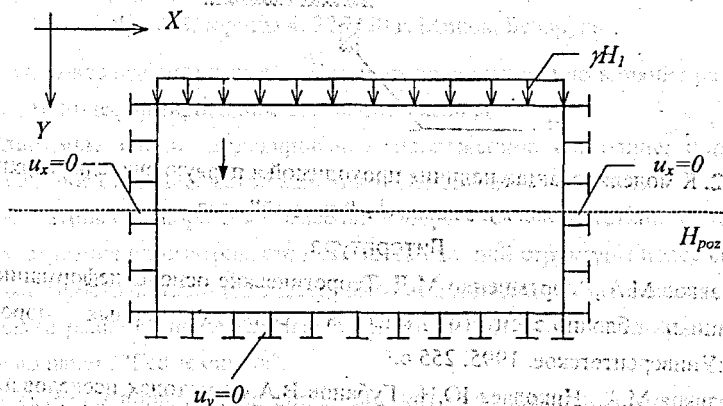


Рис.1.1. Базовая расчетная схема породного массива

Далее опишем математическую модель состояния породной толщи при использовании различных предложенных технологических схем отработки системами смежных лав. При проведении численного моделирования учитываем последовательность по времени проведения выработок в массиве.

Особенностью выполнения модельных расчетов является наличие "верхних" (пройденных в первую очередь) и "нижних" лав. Технология отработки "верхних" лав предусматривает полное обрушение пород в кровле лавы [2,3]. Поэтому, наличие "верхней" лавы с учетом факторов ее первичной (по отношению к "нижней") отработки и полного обрушения кровли моделировалось наличием в рассматриваемой области элементов с разрушенной породой, то есть с отличными от физико-механических свойств основного массива свойствами (модулем упругости, коэффициентами сцепления и внутреннего трения). Наличие закладочного материала в "нижней" лаве моделировалось включениями элементами с характерными для поведения закладочного материала механическими свойствами (рис 1.2).

В результате численных экспериментов были выбраны наиболее предпочтительные из числа предложенных технологические схемы.

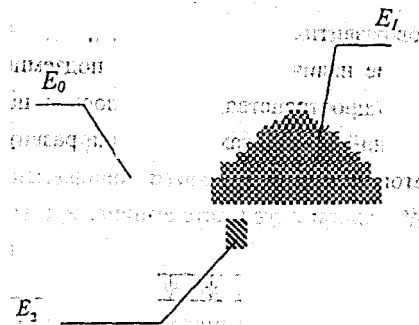


Рис. 1.2. К моделированию наличия проходимой в первую очередь "верхней" лавы и закладки в "нижней" лаве

#### Литература.

1. Журавков М.А., Мартыненко М.Д. Теоретические основы деформационной механики блочно-слоистого массива соляных горных пород. - Мн.: Университетское, 1995. 255 с.
2. Журавков М.А., Николаев Ю.Н., Губанов В.А. О методах исследования закономерностей формирования и распределения опорного давления при разработке калийных месторождений, пологого залегания. - Мн.: Изд-во БелНИИНТИ, 1991. 24 с.
3. Галаев И.З., Иванов А.А. Управление горным давлением при разработке рудных месторождений системами с открытым очистным пространством. - Л.: Изд-во ЛПИ, 1986. 84 с.
4. Барях А.А., Константинова С.А., Асанов В.А. Деформирование соляных пород. - Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 1996. - 203 с.
5. Испытание и внедрение способа охраны выработок с помощью компенсационных щелей и разработка научных основ прогноза деформаций выработок главных направлений на ПО "Беларуськалий". Методика прогноза состояния капитальных выработок на калийных рудниках ПО "Беларуськалий". // Отчет БФ ВНИИГ 12.С.88-170.88, х/д, №ГР01880022498. - Солигорск. 1988.