

УДК 622.833.5

**Кхан Мд.Форрукх Хоссайн**

## **ИЗМЕНЕНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ГАЗОНАСЫЩЕННОГО УГОЛЬНОГО ПЛАСТА С ГЛУБИНОЙ РАЗРАБОТКИ**

*Предложено решение задачи по определению предельного напряженно-деформированного состояния разрабатываемого пласта методом конечных элементов с учетом упругопластического состояния угля.*

*Ключевые слова: угольный массив, напряженно-деформированное состояние, глубина разработки, краевая часть угля.*

**В** связи с освоением угольных месторождений на больших глубинах все более важной и сложной становится проблема обеспечения устойчивости призабойной части угольного массива, особенно при разработке угольных пластов, опасных по динамическим и газодинамическим явлениям, к которым относятся угольные месторождения Джамалгондж и Барапукурия (Бангладеш).

Из анализа данных натуральных наблюдений известно, что наиболее интенсивное деформирование и разрушение угля происходит в его краевой части, где скапливается метан и может произойти взрыв. Увеличение глубины разработки значительно усугубляет эти явления. С использованием аналитического метода, который нами был выбран, были определены закономерности влияния различных горно-геологических и горно-технических факторов на состояние краевой части разрабатываемого угольного пласта, который позволит определить выход метана из этой части месторождения на различной глубине.

С увеличением глубины разработки явления разрушения краевой части пласта и выбросоопасные ситуации проявляются с большей силой. Возник-

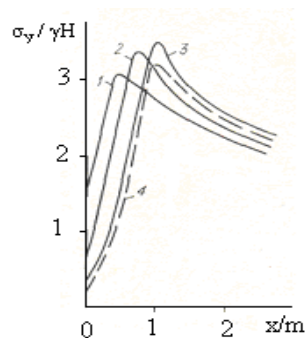
новению этих опасных явлений предшествует предельное напряженно-деформированное состояние разрабатываемого пласта. Поэтому поставленную задачу необходимо решать с учетом упругопластического состояния угля. Такое решение целесообразно осуществить методом конечных элементов [1].

Программа допускает задание как однородного, так и неоднородного массивов с любым видом неоднородностей и расположением слоев. Свойства пород, угля и включений задаются следующим набором: модулем упругости  $E$ , коэффициентом Пуассона  $\nu$ , пределом прочности на одноосное сжатие  $\sigma_{сж}$ , углом внутреннего трения  $\varphi$ , модулем сдвига в запредельном состоянии  $G$  и коэффициентом снижения прочности после разрушения  $K_{\sigma}$ . Таких наборов может быть задано до 25.

Область предельных состояний строилась по условию прямолинейной огибающей:

$$\sigma_1 - \sigma_2 \geq \left( \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_{сж} \cdot \frac{1 - \sin \varphi}{\sin \varphi} \right) \cdot \sin \varphi, \quad (1)$$

где  $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$ ,  $\sigma_{сж}$  – соответственно, главные напряжения, действующие в массиве и предел прочности на одноосное сжатие. Для этого условия сжатие принимается положительным, а растяжение



**Рис.1 Эпюры опорного давления относительно кромки пласта ( $x_k$ ).**

отрицательным, если наоборот, то в условии (1) знаки меняются на обратные.

Области предельного состояния оконтуриваются по элементам, находящимся в предельном состоянии.

Постановка задачи об исследовании состояния пород и краевой части угля обязательно включает некоторую идеализацию. Для примера рассматривается горный массив с разрабатываемым угольным пластом. Массив горных пород принимается однородным, характеризующимся приведенным модулем деформации  $E_p$ . Угол падения пласта принимается равным  $0^\circ$ . Решается задача в условиях плоской деформации. Граница горного массива обычно выбирается на расстоянии от выработки, где влияние ее практически отсутствует. Граничные условия задаются в виде вертикальных и горизонтальных усилий в узлах границы.

Нами рассмотрен участок горного массива, размеры которого  $80 \times 40 \text{ м}^2$  соответствуют размерам схемы расчета программы МКЭ и разрабатываемого участка для месторождения Джамалгондж. Очистная выработка принята без смыкания кровли с почвой. Ввиду того, что протяженность выработки большая по сравнению со всем рассматриваемым участком, на границе нельзя приложить усилий, соответствующих усилиям нетронутого массива. По полученным нормальным и касательным

напряжениям на границе рассматриваемого участка определялись вертикальные и горизонтальные усилия в узлах границы.

На рис. 1 приведены эпюры опорного давления в единицах относительно  $H$  для четырех глубин разработки 200, 400, 800 и 1600 м. Максимальные величины  $K_{\square} = \sigma_y / \gamma H$  и их расположение относительно кромки пласта  $x_k$  сведены в таблице.

$H, \text{ м}$	$K_{\max} = \sigma_{y\max} / \gamma H$	$x_k / \text{ м}$
200	3,1	0,35
400	3,4	0,6
800	3,5	0,85
1600	3,2	0,85

Из таблицы и рис. 1 видно, что с увеличением глубины разработки  $H$  от 200 до 800 м максимум опорного давления отодвигается в глубь пласта и увеличивается от 3,1 до 3,5, а затем при  $H = 1600 \text{ м}$  величина  $K_{\max}$  несколько снижается — до 3,2. Это явление можно объяснить тем, что при  $H = 1600 \text{ м}$  кровля смыкается с почвой и размеры выработанного пространства уменьшаются. Нужно указать, что на напряженное состояние пласта практически не влияет заполнено ли выработанное пространство обрушенными породами или свободно.

Следовательно, с увеличением глубины разработки краевая часть угольного пласта испытывает очень большие вертикальные сжимающие и растягивающие деформации, кроме того опасен большой градиент изменения их, все это представляет особую опасность разрушения и отжима угольного пласта. Результаты могут быть использованы при прогнозе внезапных выбросов угля и газа, горных ударов, отжима и внезапного выдавливания угля и выборе мероприятий по борьбе с опасными проявлениями горного давления в очистном пространстве на больших глубинах.

---

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. *Либерман Ю.М., Хаимов-Мальков Р.И.* Упругопластический анализ напряженного состояния краевой части угольного пласта МКЭ//Науч. тр. ИГД им. Скочинского. Вып. 204. – М.:1981. **ГЛАВ**

**КОРОТКО ОБ АВТОРЕ**

---

*Кхан Мд. Форрукх Хоссайн* – аспирант, Российский Государственный геологоразведочный университет, office@msgpa.edu.ru

