

Напряженное состояние прибортового массива пород при комбинированной отработке рудных месторождений

Комбинированная открыто-подземная разработка приводит к перераспределению напряжений, вызвав повышенную их концентрацию ниже дна карьера и смещение массивов пород в сторону выработанного пространства. Деформации бортов карьера могут изменить напряженное состояние вокруг подземных выработок и осложнить их отработку. Несмотря на то, что большое количество литературы посвящено этой проблеме, особенности механизма распределения напряжений вокруг подземных и открытых выработок в условиях комбинированной разработки нагорных рудных месторождений остаются не полностью выясненными.

В связи с этим нами изучено распределение напряжений в прибортовом массиве пород при открыто-подземной разработке месторождения.

Для оценки напряженного состояния месторождения были приняты следующие параметры: модуль упругости $E=6,05 \times 10^4$ МПа, коэффициент Пуассона $\nu = 0,28$, средний объемный вес - $2,73 \text{ т/м}^3$.

Результаты расчетов показывают, что вертикальные напряжения до начала подземной отработки месторождения распределяются почти равномерно и с глубиной плавно увеличиваются (Рис.1). На глубине $0,5n$ (где n -ширина дна карьера) от дна карьера значения вертикальных напряжений составляют 120 т/м^2 . В местах сопряжений откоса с дном карьера значения напряжений равны $53,91 \text{ т/м}^2$. Непосредственно под дном карьера наблюдается концентрация горизонтальных напряжений. В местах сопряжений откоса с дном карьера значения горизонтальных напряжений равны $29,56 \text{ т/м}^2$ (левый борт) и $35,80 \text{ т/м}^2$ (правый борт). Начиная с глубины $0,2n$ (где n -ширина дна карьера) начинается равномерный рост напряжений.

Концентрация касательных напряжений наблюдается в местах сопряжений откоса с дном карьера, в левом борту - 25 т/м^2 , в правом борту $34,77 \text{ т/м}^2$. Наименьшее значение касательного напряжения находится в центральной части дна карьера, которые с удалением от центра постепенно увеличиваются.

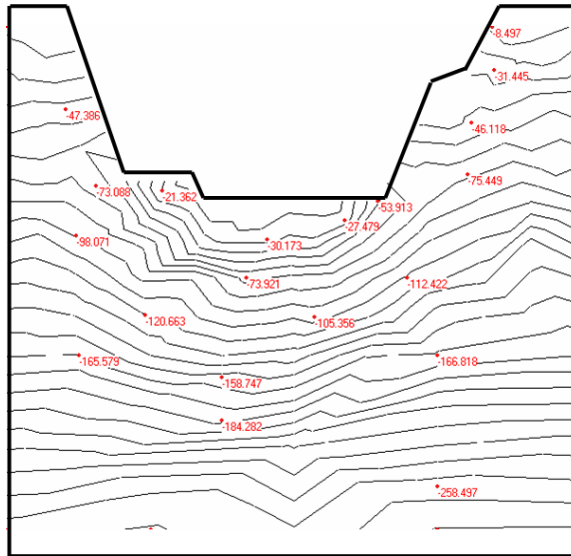
Рассмотрим распределение напряжений после образования камеры. Вокруг камеры образуются местные концентрации напряжений. Наибольшие значения вертикальных напряжений наблюдаются над потолочиной камеры, в левом нижнем и правом верхнем углах. Начиная с глубины $1,15c$ (где c - ширина камеры) значения вертикальных напряжений равняются значениям вертикальных напряжений до проведения камеры. Затем с глубиной напряжения плавно возрастают.

При наличии камеры горизонтальные напряжения сконцентрированы в местах сопряжений откоса с дном карьера, т.е. над камерой. В центральной части дна карьера происходит уменьшение горизонтальных напряжений. На глубине $1,6h$ от подошвы камеры напряжения равняются своим значениям до проведения камеры.

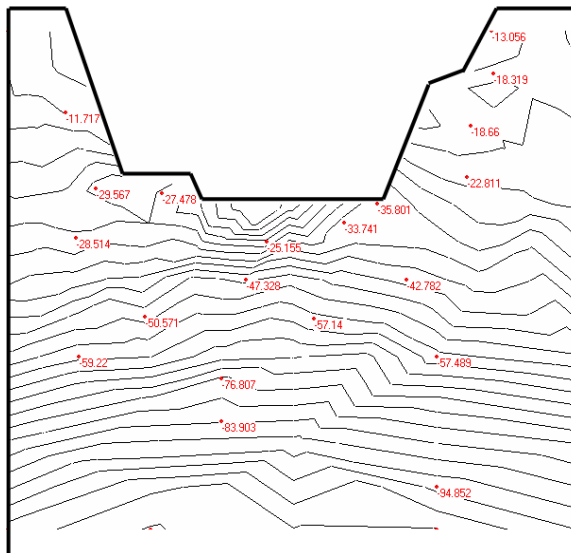
При образовании камеры концентрация касательных напряжений по прежнему расположена в местах сопряжений откоса с дном карьера. Наименьшие значения касательных напряжений – в центральной части дна. Проведение подземной камеры приведет к росту касательных напряжений вокруг камеры, особенно в области, расположенной между дном карьера и камерой. При этом в этой области напряжения достигают своего максимума $35,87 \text{ т/м}^2$. Поэтому в целях предотвращения внезапного обрушения потолочины данный участок подлежит принудительному обрушению. При удалении от правого борта на расстояние, равным $1c$ (где c - ширина камеры) значения касательных напряжений равняются значениям в нетронутым массиве.

Таким образом, анализ распределения напряжений до и после образования камеры показал, что дно карьера находится в сильно напряженном состоянии. Наличие камеры приведет к местным концентрациям напряжений. Напряжения меняются в зависимости от параметра и места расположения подземной камеры относительно бортов и дна карьера. Концентрация касательных напряжений во всех случаях расположена в местах сопряжений откоса с дном карьера. Наименьшие значения касательных напряжений – в центральной части дна (Рис.3).

вертикальные



горизонтальные



касательные

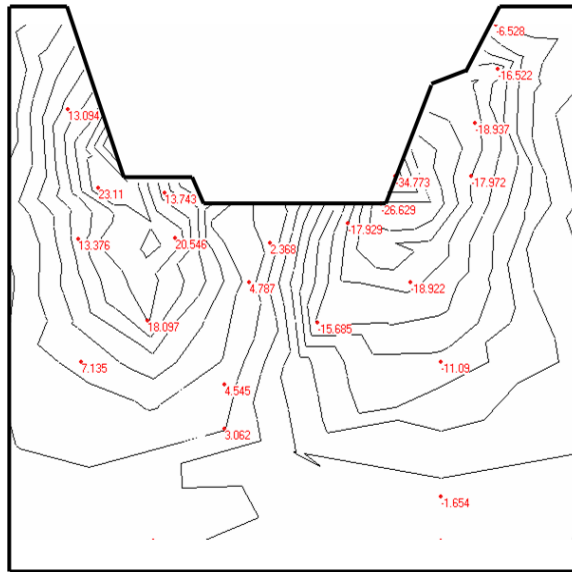
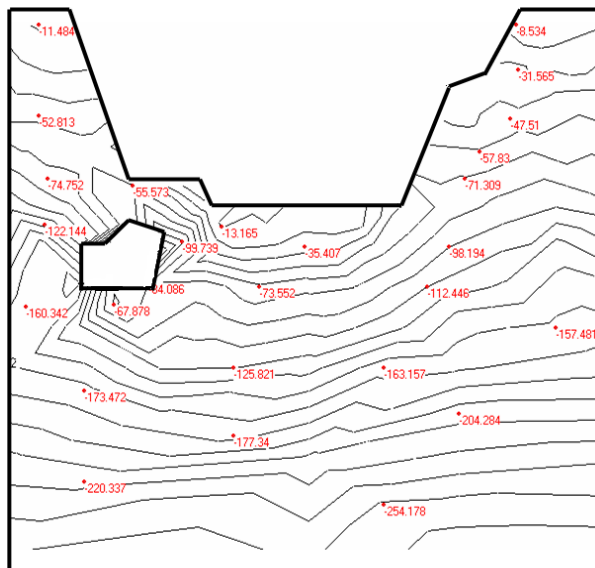
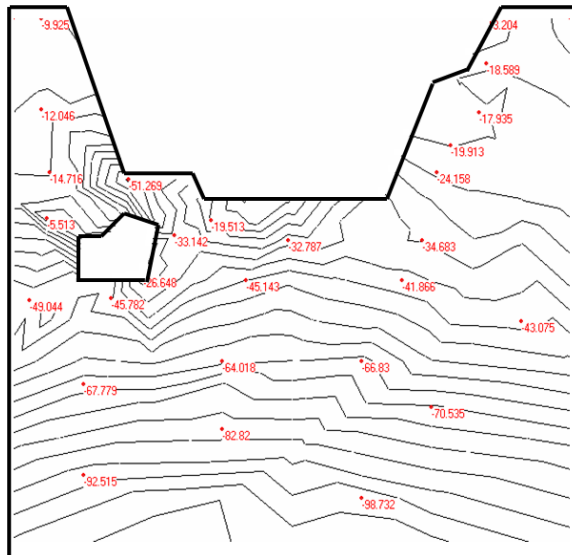


Рис. 1 Распределение напряжений прибортового массива пород (до проведения камеры):
а - вертикальные; б-горизонтальные; в-касательные

вертикальные



горизонтальные



касательные

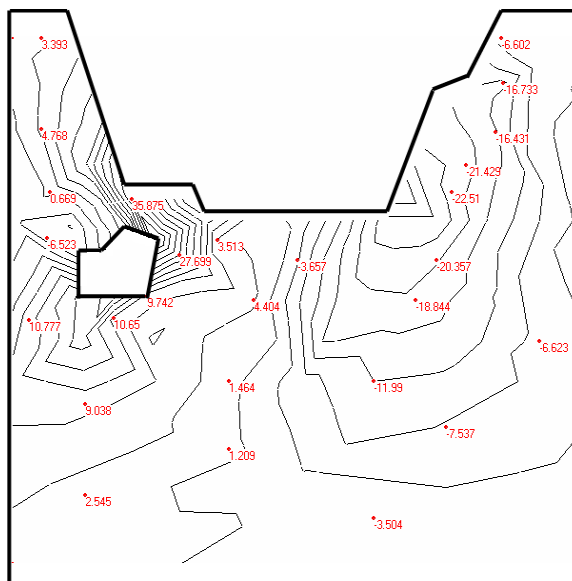


Рис.2 Распределение напряжений в прибортовом массиве пород (после образования камеры): а - вертикальные; б-горизонтальные; в-касательные.

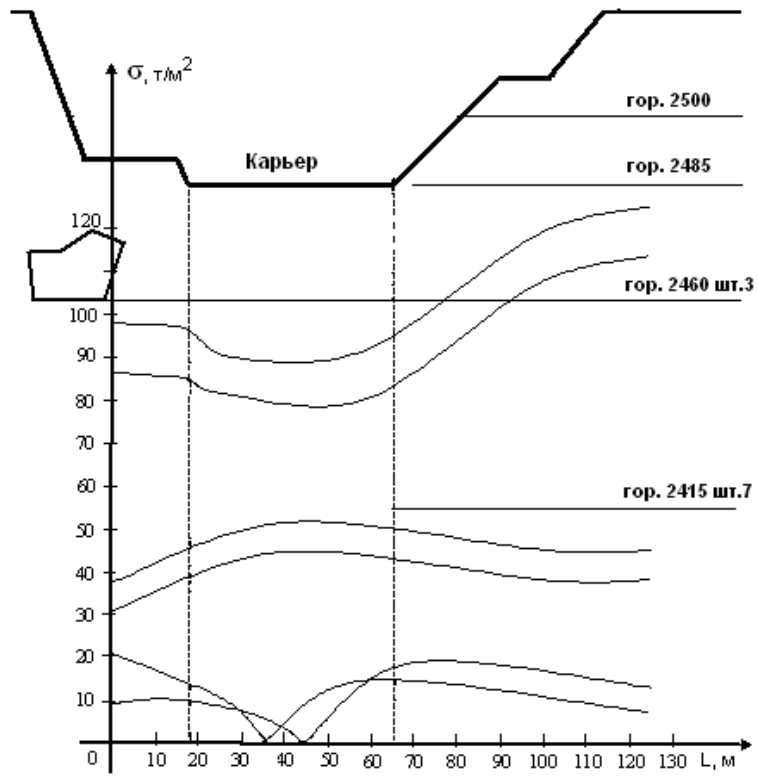


Рис. 3. Распределение напряжений под дном карьера до и после образования камеры