

Исследование напряженно-деформированного состояния прибортового массива пород при последовательной открыто-подземной разработке рудных месторождений

Исследование напряженно-деформированного состояния прибортового массива пород проводилось на основе результатов численного моделирования методом конечных элементов. Для расчетов были приняты следующие параметры: модуль упругости $E=6,05 \times 10^4$ МПа, коэффициент Пуассона $\nu = 0,28$, средний объемный вес - $2,73$ т/м³.

Рассмотрим распределение напряжений до начала подземных горных работ. Расчеты показали следующее: вертикальные напряжения почти равномерно распределены и возрастают с глубиной. Концентрация напряжений при этом наблюдается под дном карьера (Рис.1).

Горизонтальные напряжения сконцентрированы в левом борту и под дном карьера и меняются от 20 т/м² до 70 т/м². Далее с глубиной напряжения плавно возрастают и на глубине 40 м становятся равными 100 т/м².

Касательные напряжения сконцентрированы вокруг бортов и под дном карьера. Наибольшая концентрация напряжений при этом наблюдается в области дна карьера и меняются от 15 до 50 т/м². В правом борту напряжения равны максимуму, т.е. 50 т/м². Минимальное значение касательного напряжения наблюдается в левом борту в местах сопряжения откоса с дном карьера.

Таким образом, концентрация напряжений во всех случаях наблюдается вокруг карьера, особенно в области дна карьера. Характер распределения напряжений приводится на рис.1.

Рассмотрим распределения напряжений после образования двух подземных камер. Левая камера находится непосредственно под дном карьера, а правая расположена под правым бортом. Расстояние между камерами 30 м (Рис.2). На большинстве подземных рудниках для обеспечения необходимой производительности горизонтов применяют такой порядок выемки запасов, при котором горизонт разрезают в нескольких местах и очистные работы ведут несколькими независимыми камерами. Оработка образующихся при этом междукамерных зон происходит в условиях концентрации напряжений.

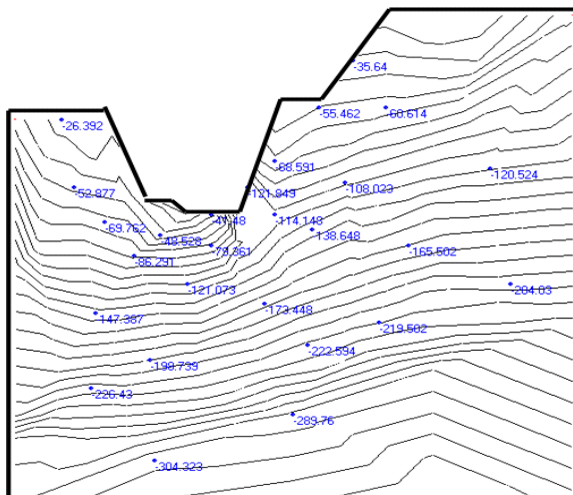
Нами проведены численные расчеты методом конечных элементов распределения напряжений в массиве пород после проведения двух подземных камер. При проведении двух подземных очистных камер распределения вертикальных напряжений выглядит следующим образом. Концентрация напряжений наблюдается под дном карьера и вокруг очистных камер. Вокруг кровли правой камеры концентрация напряжений достигает от 100 до 170 т/м², со стороны наклонного борта камеры напряжения меняются от 135 до 250 т/м², а на подошве они равняются 240 т/м². Между двумя очистными камерами тоже наблюдается концентрация напряжений, увеличиваясь от 112 до 242 т/м². Левый борт левой камеры тоже будет испытывать напряжения от 50 до 150 т/м², а на подошве камеры напряжения меняются от 84 до 180 т/м².

Таким образом, образование двух подземных камер под дном карьера приведет к тому, что напряжения между камерой и дном карьера по сравнению с их значениями в нетронutom массиве (до образования камер) уменьшаются на 20 т/м². Вертикальные напряжения с глубиной плавно увеличиваются и на глубине $1,6h$ от подошвы камеры (где h -вертикальная высота камеры), достигают до своих значений в нетронutom массиве ($289,76$ т/м²).

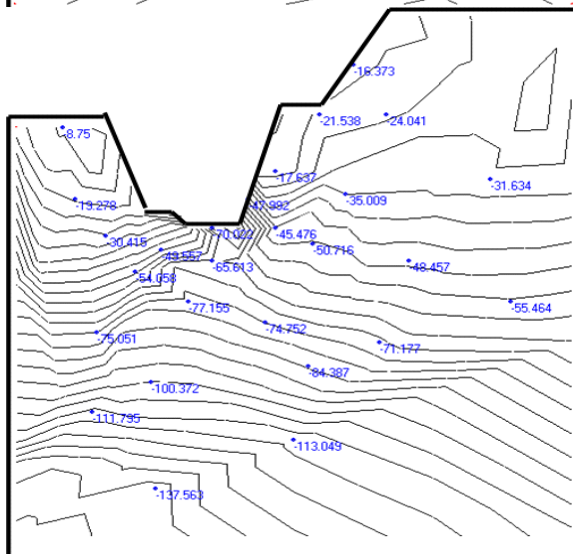
Концентрация горизонтальных напряжений наблюдается в области, расположенной между дном карьера и левой камерой. Здесь особенно сильно подвержена напряжениям левый наклонный борт камеры, где напряжения меняются от 50 до 170 т/м². Рост горизонтальных напряжений наблюдается и вокруг правой камеры, достигая до 80 т/м². Между камерами происходит падение значений горизонтальных напряжений. По сравнению с нетронutom массивом напряжения уменьшаются в $1,5-2$ раза. Далее с глубиной происходит плавный рост горизонтальных напряжений и на глубине $1,12h$ (отм. 2437 м) от подошвы камер достигают до своих значений в нетронutom массиве ($111,025$ т/м²).

Касательные напряжения сконцентрированы вокруг подземных камер и вокруг дна карьера. Подземные камеры, пройденные в прибортовом массиве пород, создают местные концентрации напряжений. Причем наибольшая концентрация наблюдается между камерами и под дном карьера. В районе целика между камерами касательные напряжения по сравнению с вариантом отсутствия камер увеличиваются почти в два с половиной раза. Если напряжения, созданные камерами, окажутся выше предельных, то горные породы начнут деформироваться, что может привести к осложнениям при ведении горных работ. В связи с этим эти участки,

а) вертикальные



б) горизонтальные



в) касательные

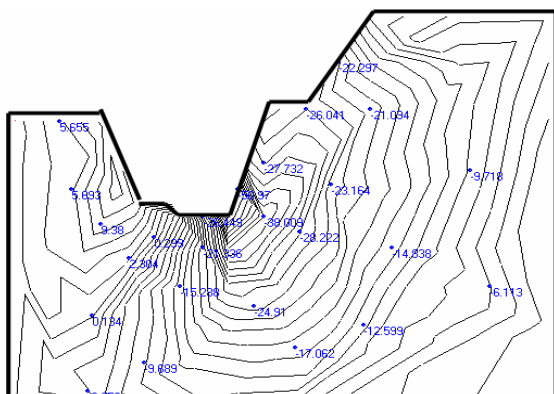
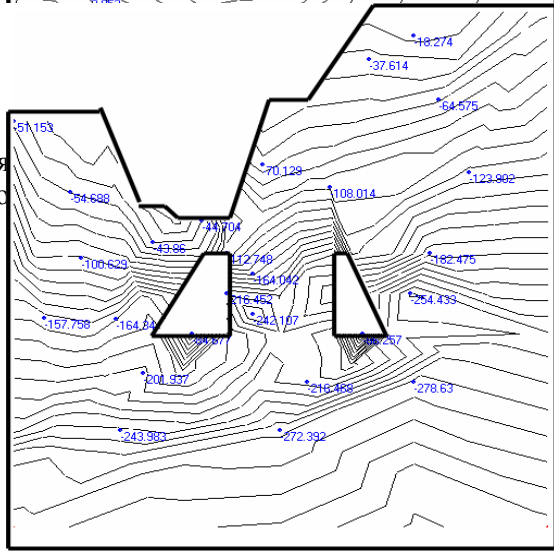
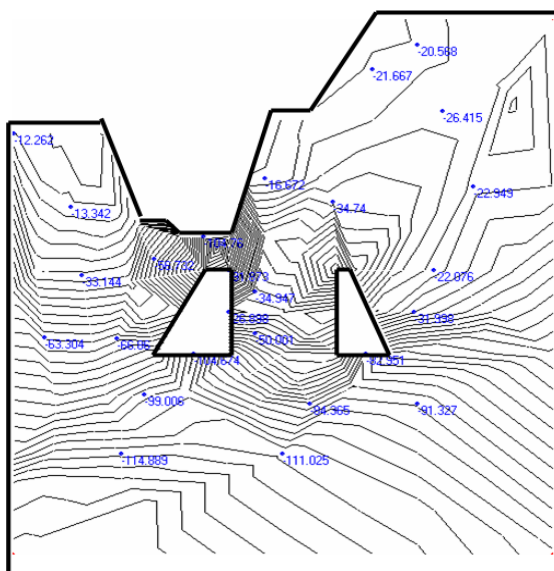


Рис.1 Распределение напряжений (а – вертикальные; б – горизонтальные; в – касательные) в области введения камеры):

а) вертикальные



б) горизонтальные



в) касательные

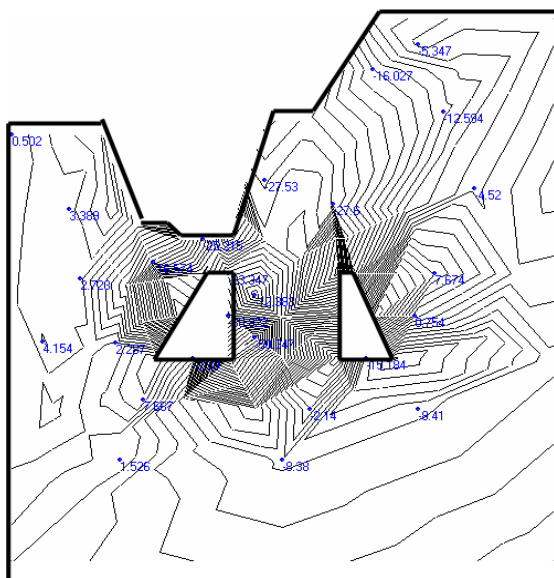
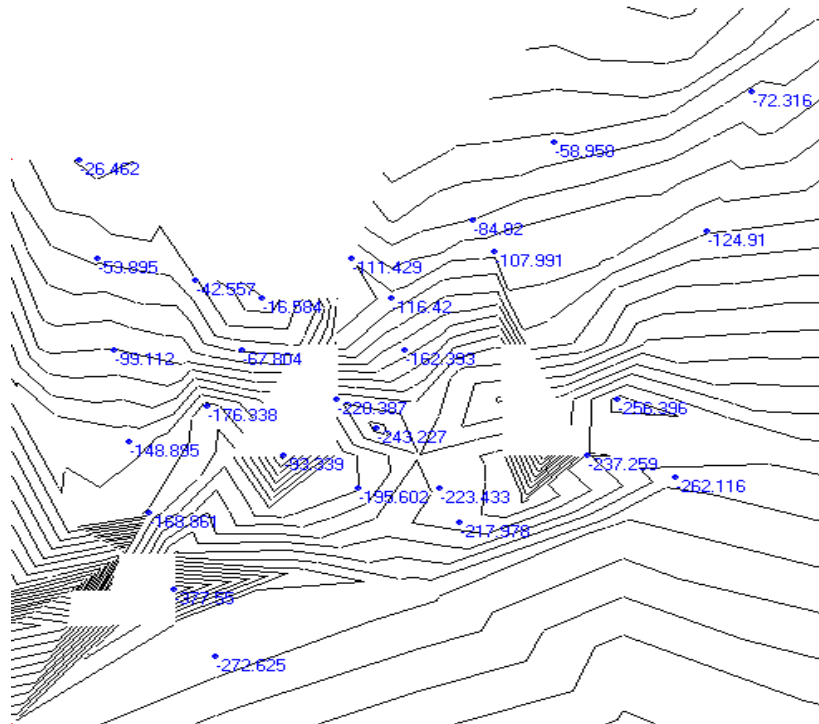
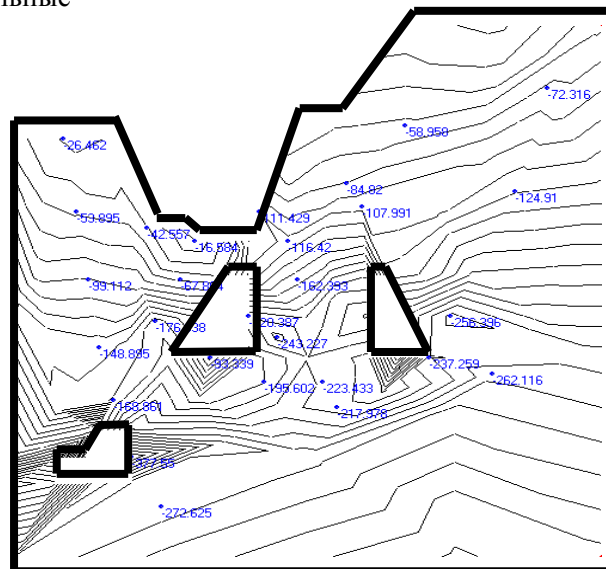


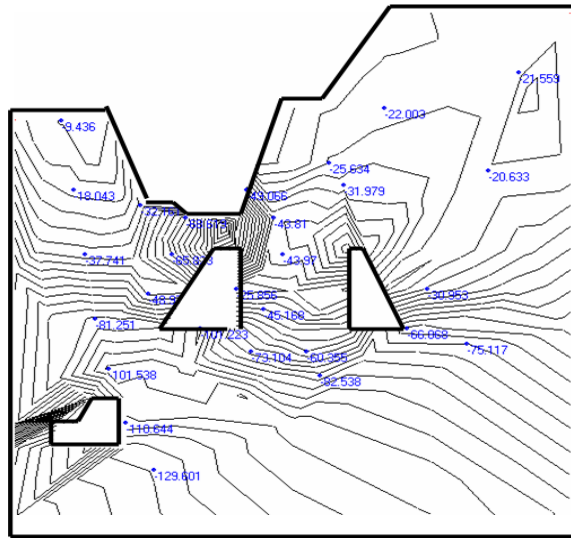
Рис..2 Распределения напряжений в прибортовом массиве пород после образования двух камер:
а - вертикальные; б-горизонтальные; в-касательные



a) вертикальные



б) горизонтальные



в) касательные

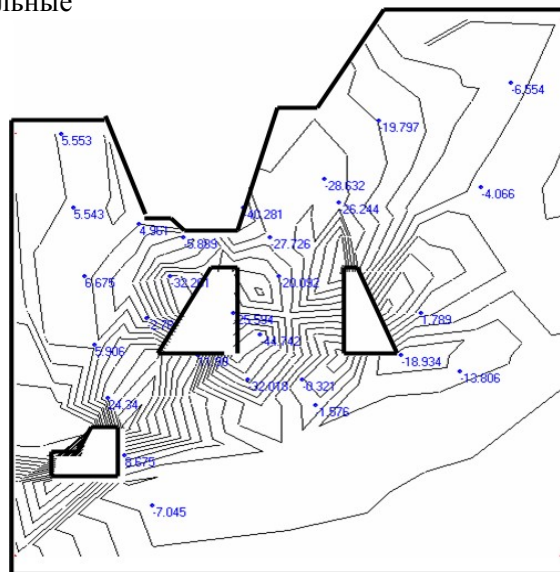


Рис.3. Распределение напряжений при ведении горных работ на нижнем горизонте:
а - вертикальные; б-горизонтальные; в-касательные.

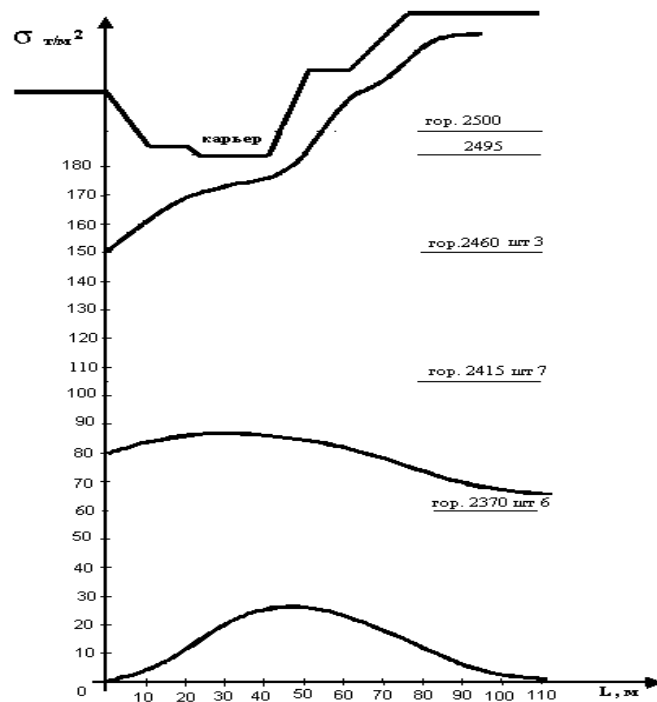


Рис. 4. Распределение напряжений в массиве пород до начала подземных работ

расположенные между камерами, в последующем должны отработаны и дно карьера подлежит обрушению.

После образования подземной камеры на нижнем горизонте картина распределения напряжений меняется (Рис.3). Вокруг камер наблюдается местные концентрации напряжений. Со стороны правого борта камеры значения вертикальных напряжений равны 377т/м^2 , горизонтальные – $110,64\text{т/м}^2$, касательные – $8,67\text{т/м}^2$. Вокруг камеры по сравнению с нетронутом массивом происходит незначительное снижение вертикальных напряжений. Нижний правый угол камеры испытывает напряжение, равное 129т/м^2 . Наибольшее значение касательного напряжения – на подошве левого борта камеры и составляет $39,26\text{т/м}^2$. Значения величин касательных напряжений над камерой по сравнению с предыдущими вариантами несколько возрастают и на высоте $0,6h$ от кровли камеры имеет значение, равным $24,34\text{т/м}^2$.

Характер распределения горизонтальных напряжений вокруг камер, расположенных на верхнем горизонте практически не меняется.

Таким образом, подземные камеры, пройденные в прибортовом массиве пород, создают местные концентрации напряжений (Рис.4). Касательные напряжения сконцентрированы вокруг подземных камер и вокруг дна карьера.