

УДК 622.831 (575.2) (04)

**НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ  
ПРИБОРТОВОГО МАССИВА  
В УСЛОВИЯХ ПОДРАБОТКИ КАМЕРАМИ**

*Э.К. Абдылдаев* – докт. техн. наук, профессор,  
*Г.Е. Салимова* – ст. преподаватель

In this article on the base of developed method the results of research on the modeling of the development of the collapsing massive in the conditions of interaction of underground way are presented.

Рассмотрим в условиях плоской деформации на основе разработанной методики [1] серию решений по определению напряженно-деформированного состояния прибортового массива в условиях подработки камерами. Для всех вариантов решений принята одна и та же расчетная конечно-элементная схема. Общие расчетные параметры таковы: максимальная глубина карьера 160 м, угол правого борта 41°, левого – 46°, ширина камеры – 20 м, высота – 30 м.

Все варианты рассчитаны на ЭВМ согласно выбранной расчетной схемы поэтапно с постепенной отработкой камер. Сначала определяются поля напряжений и перемещений для карьера, затем отрабатываются циклично камеры. В каждом цикле ЭВМ выводит во всех точках массива напряжения, деформации, перемещения и информацию о состоянии элемента.

Первоначально задача решается для неподработанного борта карьера (рис. 1, вариант а).

Анализ расчетных данных показывает, что зона неупругих деформаций наблюдается на подошве откоса в нескольких элементах массива. Направление и величины главных напряжений  $\sigma_1$  и  $\sigma_3$  можно определить по масштабу векторов. Следует отметить, что вектор главных напряжений вдали от откоса на максимальном расстоянии (ниже подошвы – 35 м, справа от откоса – 176 м и слева – 126 м) направлен вертикально вверх, потом постепенно выполаживается и вблизи поверхности становится параллельным откосу. Установлено, что в приконтурной зоне глубина  $H_{вл}$  проникновения зоны влияния данного карьера достигает  $H_{вл.п.}=0,84H$  – ниже подошвы,  $H_{вл.сп}=1,1H$  – справа от откоса,  $H_{вл.сл}=0,78H$  – слева от откоса. Таким образом, зона влияния карьера изменяется в пределах  $H_{вл.}=(0,78\div 1,1)H$ . При этом глубина проникновения зоны ниже подошвы достигает 135 м.

Физико-механические свойства [2]

Свойства	Сланцы	Песчаники
Предел прочности на сжатие – $\sigma_{сж}$ , МПа	4,03	12,89
Предел прочности на растяжение – $\sigma_p$ , МПа	0,4	11,4
Сцепление – С, МПа	1,5	2,1
Угол внутреннего трения – $\phi$ , град.	30	37
Объемный вес – $\gamma$ , кн/м <sup>3</sup>	21,8	23,7
Модуль упругости – Е, МПа	$1,8 \cdot 10^4$	$2,7 \cdot 10^4$
Коэффициент Пуассона – $\nu$	0,34	0,34

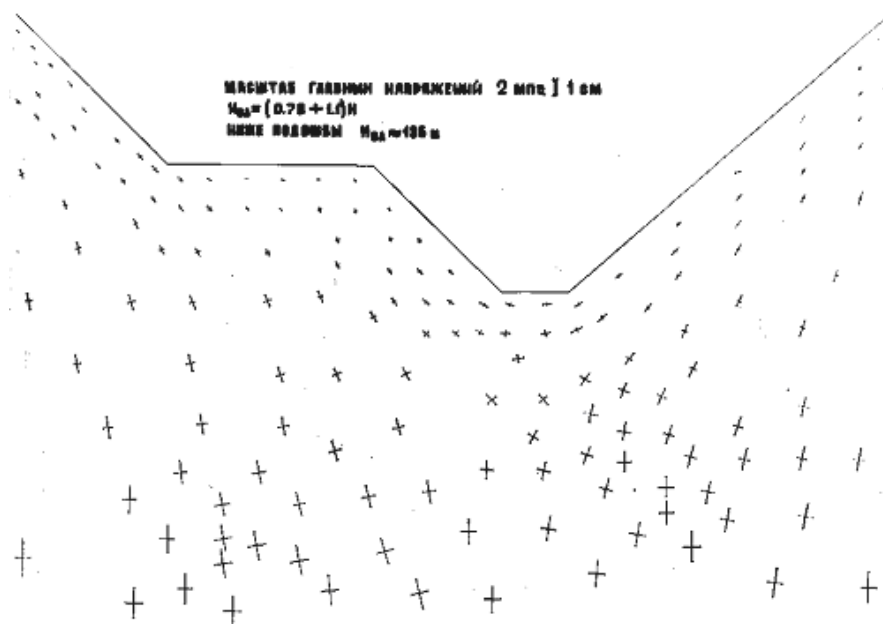


Рис. 1. Неподробанный карьер.

Рассмотрим случаи, когда камеры расположены на правом борту ниже подошвы на расстоянии: 1 – на 150 м, 2 – 69 м, 3 – 31 м.

**Вариант 1.** Первоначально задача решается для неподробанного борта карьера. Затем отрабатывается очистная камера I. Анализ проведен относительно варианта (а). Векторы главных напряжений  $\sigma_1$  и  $\sigma_3$  изменяются вокруг камеры по величине и направлению. При этом на верхней части камеры наблюдается уменьшение  $\sigma_1$  на 12%, увеличение  $\sigma_3$  на 18%, а на нижней  $\sigma_1$  и  $\sigma_3$  снижаются на 8,9% и на 3,2% соответственно. В левой и правой сторонах камеры  $\sigma_1$  увеличивается на 23%, а  $\sigma_3$  уменьшается на 15%. Зона влияния камеры изменяется в пределах  $h_{вл}=(0,6\div 1,4)h$ .

**Вариант 2.** Расчеты решения задачи при отработке камеры II показали, что по сравнению с вариантом 1 изменение напряжений составляет вглубь массива в нижней части камеры до 0,6h, в верхней – 1,2h, в левой – 1,2h и в правой – 0,9h. Таким образом, влияние отработанной II камеры изменяется в пределах  $h_{вл}=(0,6\div 1,2)h$ . Количественное сравнение главных напряжений  $\sigma_1$  и  $\sigma_3$  вблизи поверхности камеры II с подробанной одиночной камерой массива свидетельствует о том, что на кровле

камеры  $\sigma_1$  повышается на 20%,  $\sigma_3$  снижается на 30%, на дне – повышение на 3% и 22% соответственно для  $\sigma_1$  и  $\sigma_3$ . На левой и правой сторонах камеры  $\sigma_1$  увеличивается на 7%, а  $\sigma_3$  на правой стороне уменьшается на 38%, на левой стороне увеличивается на 21%.

**Вариант 3.** Этот вариант аналогичен по исходным данным соответственно вариантам 1 и 2, но выполнен для камеры, расположенной от подошвы карьера на расстоянии 31 м. Анализ решения задачи показывает, что по сравнению с вариантом 2 напряжения  $\sigma_1$  и  $\sigma_3$  отклоняются от вертикальной оси значительно больше.

При этом на кровле камеры напряжение  $\sigma_1$  увеличивается на 36%, а  $\sigma_3$  – на 9%. На правом боку в приконтурной зоне напряжение  $\sigma_1$  увеличивается на 61%, а  $\sigma_3$  уменьшается на 57%. В нижней и левой частях камеры наблюдается увеличение  $\sigma_1$  и  $\sigma_3$  соответственно на 7% и 5,5%.

Зона влияния камеры достигает  $h_{вл}=(0,9\div 1,4)h$ . Максимальная глубина влияния при этом равна 42 м, т.е. превышает расстояние от дна карьера до кровли камеры. Следовательно, глубина  $l_{min}=42$  м составляет минимальное расстояние от дна карьера до кровли

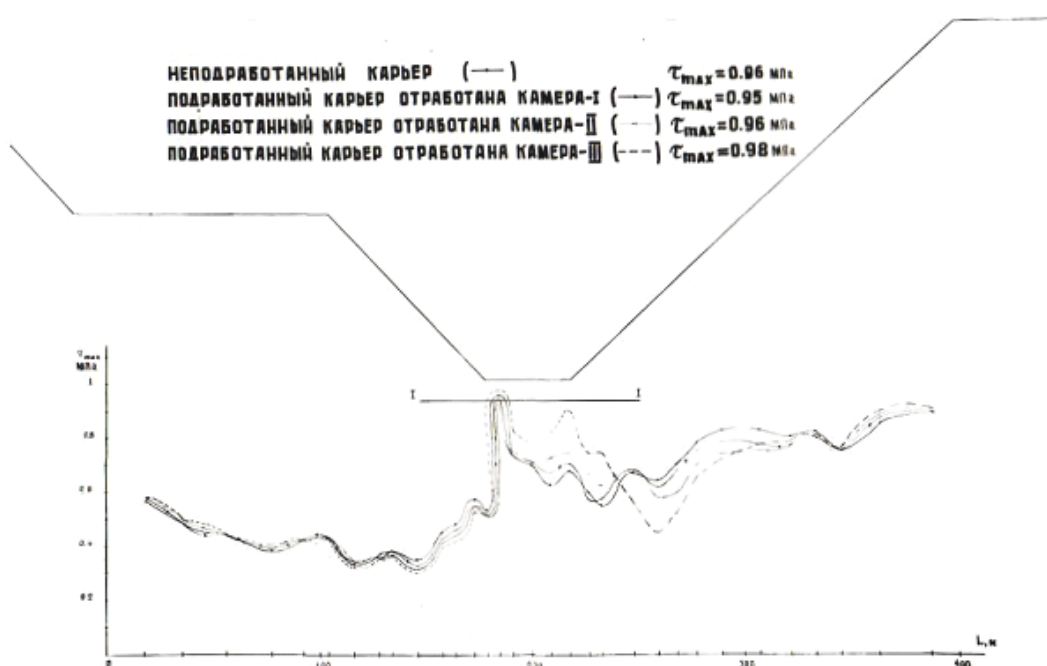


Рис. 2. Эпюры максимальных напряжений  $\tau_{\max}$  по сечению I-I.

пустот при подработке борта. Наблюдения на карьерах Никитовского ртутного комбината [2] показали, что образование провалов происходит в момент нахождения пустот на глубине 25–35 м, что подтверждается нашими исследованиями.

На рис. 2 представлены эпюры максимальных сдвигающих напряжений  $\tau_{\max}$  по сечению I-I для всех вариантов, включая вариант (а). Для неподработанного карьера  $\tau_{\max}=0,96$ , при отработке камеры I  $\tau_{\max}=0,95$ , камеры II –  $\tau_{\max}=0,96$ , для камеры III –  $\tau_{\max}=0,98$ . Следовательно, концентрации напряжений при подработке наблюдаются вокруг нижней бровки борта карьера и достигают своего максимального значения при расположении пустот в зоне  $I_{\min}$ . Анализ результатов позволяет сделать вы-

вод о том, что наличие пустот под карьером приводит к увеличению максимальных сдвигающих напряжений в породах прибортового массива, тем самым снижая его устойчивость.

На основании отмеченного выше, считаем, что рассматриваемый борт карьера при отработке камеры III будет неустойчив.

#### Литература

1. Абдылдаев Э.К. Напряженно-деформированное состояние массива горных пород вблизи выработок. – Фрунзе: Илим, 1990. – 164 с.
2. Бызеев В.К. Обоснование параметров подработываемых бортов карьеров при комбинированной разработке рудных месторождений: Дисс... канд. техн. наук. – Фрунзе, 1990. – 157 с.