

И. У. МАХАМБАЕВА, А. Ж. СЕЙТМУРАТОВ

(Кызылординский государственный университет им. Коркыт Ата, Кызылорда, Казахстан)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗОНЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КАРЬЕРА С ПОДЗЕМНЫМИ КАМЕРАМИ В УСЛОВИЯХ ПЛОСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ

Аннотация. Рассмотрена задача по определению зоны взаимодействия карьера с подземными камерами в условиях плоской деформации на основе метода конечных элементов.

Ключевые слова: деформация, карьера, зоны взаимодействия, камера, элемент.

Тірек сөздер: деформация, карьера, әрекеттестік зоналары, камера, элемент.

Keywords: deformation, career, zones of cooperation, chamber, element.

Прогресс в экспериментальных методах изучения свойств горных пород позволил выявить новые важные особенности деформирования пород за пределом прочности, характеризующиеся разрыхлением и разупрочнением. Тем самым были созданы предпосылки для разработки новых моделей сред [1–3].

На рисунке 1 представлен комплекс графиков, характеризующих свойства построенных нами моделей упругопластической разрыхляющейся среды и среды с разупрочнением с традиционным условием прочности, обобщенным на область растяжения:

$$\begin{aligned} \sigma_1 - \sigma_3 \delta &= S; \\ \delta &= \operatorname{ctg} \psi; S = 2^* c * \operatorname{ctg} (\pi/4 - \varphi/2), \end{aligned} \quad (1)$$

где $\operatorname{ctg} \psi = (1 + \sin \varphi) / (1 - \sin \varphi)$; φ – угол внутреннего трения; c – сцепление; S – прочность на одноосновное сжатие.

Запредельные диаграммы $\sigma_i - \varepsilon_i$ (рисунок 1) моделей аппроксимируются кусочно-линейными функциями. Верхние графики зависимостей отражают изменения сопротивляемости среды по мере деформирования при различных боковых давлениях, нижние – закон пластического течения. При этом для упругопластической среды (штрих пунктирные линии на рисунке 1c) условие (1) сохраняется для всего процесса деформирования, а для разупрочняющейся среды сопротивляемость снижается от исходной величины до остаточной по линейному закону (рисунок 1a):

$$\left\{ \begin{array}{l} S + \sigma_3 \delta, \text{ если линия (ABH),} \\ S^{oct} + \sigma_3 \delta^{oct}, \text{ если линия (OMD),} \end{array} \right. \quad (2)$$

где S^{oct} , δ^{oct} – характеристики остаточной прочности.

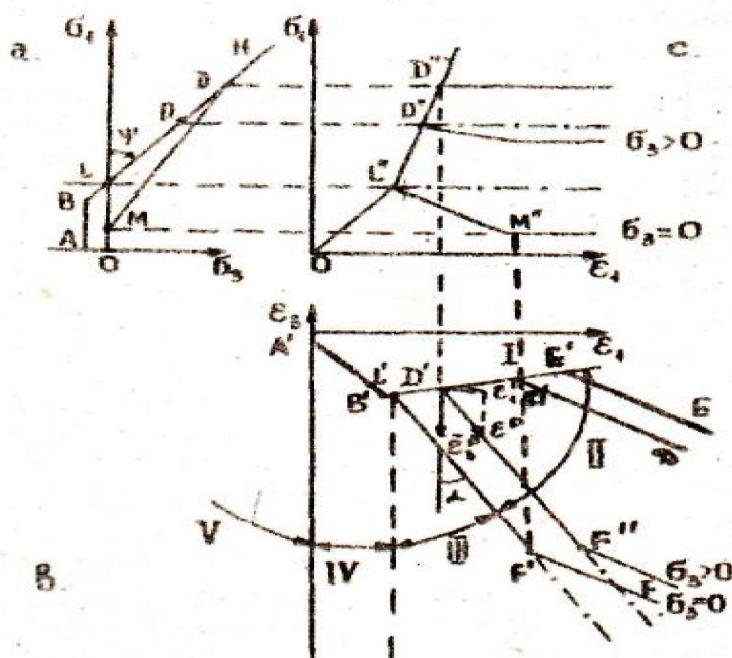


Рисунок 1 – Комплекс графиков, характеризующих модели сред

Пластическое течение характеризуется параметром $\lambda = \operatorname{ctg}\alpha$

При $\lambda = 1$ в условиях плоской деформации объем элемента среды в ходе пластического течения будет постоянным, при значении $\lambda > 1$ течение будет характеризоваться разрыхлением. В частном случае, когда $\alpha = \psi$ ($\lambda = \operatorname{ctg}\psi$), разработанная модель соответствует ассоциированному закону течения.

В результате проведенных исследований в моделях установлены 5 характерных зон: зона упругости I; зона пластического течения II; зоны одноосного и двухосного разрушения III-V. Причем, для модели разупрочняющейся и разрыхляющейся среды в зоне II на участках снижения прочности происходит разрыхление, а в области остаточной прочности необратимая составляющая изменения объема остается постоянной. В целом значения напряжений в выделенных зонах определяются использованием семейств линеаризованных графиков зависимостей

$$\begin{aligned} \sigma_3 &= f(\varepsilon_1, \varepsilon_3), \\ \sigma_1 &= g(\varepsilon_1, \varepsilon_3) \end{aligned} \quad (3)$$

Рассмотрим в условиях плоской деформации на основе разработанной методики серию решений по определению зоны взаимодействия карьера с подземными камерами. Проанализированы по отдельности различные варианты. Для всех вариантов принята одна и та же расчетная конечно-элементная схема. Общие расчетные параметры таковы: максимальная глубина карьера $H = 160$ 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 отрабатывается циклически камеры. В каждом цикле ЭВМ выводит в каждой точке массива напряжения, деформации, перемещения и информацию о состоянии элемента.

а) первоначально задача решается для неподработанного борта карьера. Результаты решения представлены на рисунке 2. Анализ расчетных данных показывает, что зона неупругих деформаций наблюдается на подошве откоса в нескольких элементах массива. Направление и величины главных напряжений σ_1 и σ_3 можно определить по масштабу векторов. Следует отметить, что вектор главных напряжений вдаль от откоса на максимальном расстоянии (ниже подошвы - 135 м, справа откоса 176 и слева - 126) направлено вертикально вверх, потом постепенно выполняется и вблизи от поверхности откоса становится параллельным к откосу.

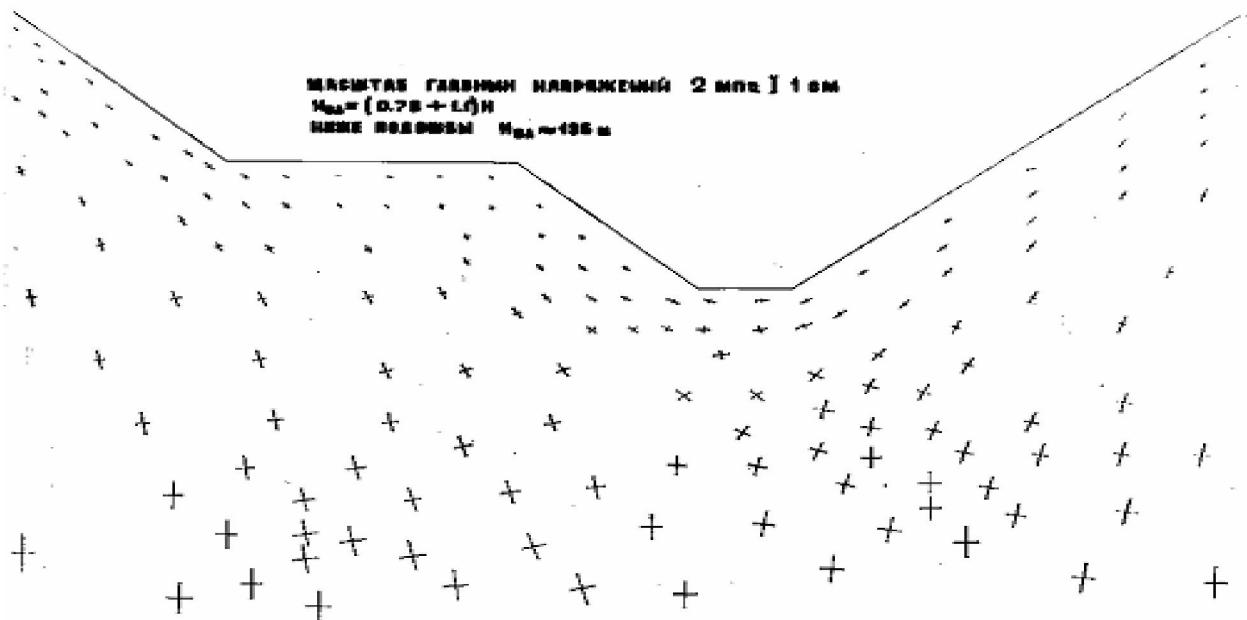


Рисунок 2 – Неподработанный карьер

Анализ напряженно-деформированного состояния приконтурной зоне позволяет отметить, что глубина $H_{вп}$ проникновения зоны влияния данного карьера достигает $H_{вп,п} = 0.84$ Н – ниже подошвы, $H_{вп,сп} = 1.1$ Н – справа от откоса $H_{вп,сл} = 0.78$ Н – слева от откоса. Таким образом, величина влияния карьера изменяется в пределах $H_{вп} = (0.78+1.1)$ Н.

б) после того, как определено напряженно-деформированное состояния всего борта карьера, отработаем 1 – камеру на глубине 205 м от подошвы левого борта. Результаты расчета показаны на рисунке 3, при этом, как показывают векторы главных напряжений, на поверхности камеры они повторяют очертания камеры, а вдали от камеры становятся вертикальными. Сравнение результатов этого варианта с результатами неподработанного карьера дает, что на верхней части камеры главные напряжения σ_1 и σ_3 увеличивается соответственно на 3% и 22%. В нижней части камеры наблюдается уменьшение σ_1 на 5,5 %, а σ_3 увеличивается на 22%. В правой части камеры σ_1 увеличивается на 23%, а σ_3 уменьшается на 54%. Наконец, вблизи камеры с левой стороны значение σ_1 повышается на 30%, σ_3 – снижается на 68%. Деформации незначительны. Таким образом, при подработке напряженно-деформированное состояние массива вблизи камеры изменяется в широких пределах. Анализ показывает, что влияние камеры достигает $h_{вп} = (0.4+1.4)h$ м (где h – высота камеры). При этом в верхней части $h_{вп,в} = 0.9h$, нижней $h_{вп,н} = 0.8h$, с правой стороны – $h_{вп,п} = 0.4h$, с левой – $h_{вп,сл} = 0.4$.

в) в этом варианте отработаем камеру 2, оставляя целик шириной 18 м от первой камеры. Величины напряжения векторов σ_1 и σ_3 можно определить по масштабу. Анализ этого варианта проведем относительно варианту (а), где имеется одиночная камера. Зона влияния отработанной второй камерой распространяется вглубь массива на величину $h_{вп} = (0.4+1.2)h$. А именно, с левой и правой стороны камеры $h_{вп,в} = 0.6h$, в верхней части $h_{вп,в} = 1.2h$, в нижней $h_{вп,н} = 0.4h$.

Сравнение результатов расчета по напряжениям показывает, что в правой и левой части камеры напряжение σ_1 увеличивается на 26%, а σ_3 – снижается на 24%. В верхней части имеем снижение σ_1 на 9%, повышение σ_3 на 28 %, в нижней снижение σ_1 на 17% и повышение значений σ_3 на 16%. Значительные неупругие деформации не наблюдаются. Для определения устойчивости данного целика используем критерий, разработанный в [1]. При этом для нашего случая получим $k = 2.86$, т.е. целик устойчив.

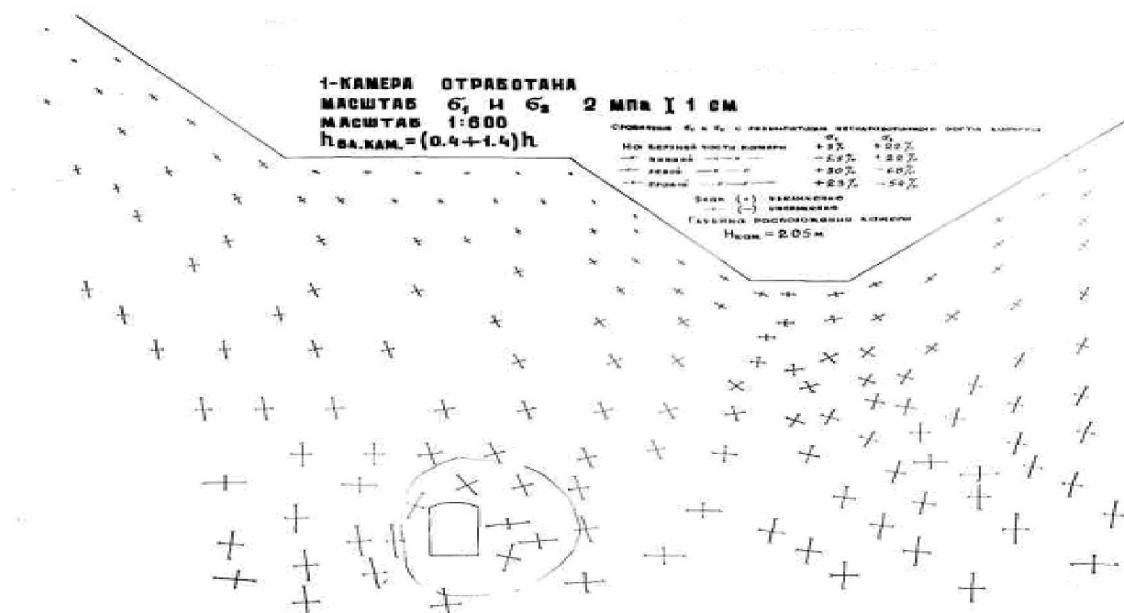


Рисунок 3 – Подработанный карьер (1 – камера отработана)

В целом, численный анализ, вышеизложенных вариантов показывают, что зона влияния карьера и подработанных камер не достигают друг друга, т.е. они не взаимодействуют. Борт карьера и целик находятся в устойчивом состоянии.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Абдылдаев Э.К. Напряженно-деформированное состояние массива горных пород вблизи выработок. – Фрунзе: Илим, 1990. – 164 с.
- 2 Фадеев А.Б. Метод конечных элементов в геомеханике. – М.: Недра, 1987. – 221 с.
- 3 Абдылдаев Э.К., Сандибеков М.Н., Заурбекова Н.Д. Моделирование процесса деформирования откосов // Вестник КазНТУ им. К. Сатпаева. – 2007. – № 2(59).

BREVFSCEES

- 1 Abdyldaev E.K. Stress-strain state of rock massif near workings. Frunze: Ilim, 1990. 164 c.
- 2 Fadeev HAS finite element Method in geomechanics. M: Nedra, 1987. 221 c.
- 3 Abdyldaev E.K., Sandibekov M.S., Zaurbekov N Modeling of deformation of the slopes. Bulletin of KazNTU. K. Satpayev. 2007. № 2(59).

Резюме

И. У. Махамбаева, А. Ж. Сейитмұратов

(Коркыт Ата атындағы Қызылорда мемлекеттік университеті, Қызылорда, Қазақстан)

ЖЕРАСТЫ КАМЕРАЛАРЫНЫҢ КАРЬЕРМЕН ӨЗАРАБАЙЛАНЫСЫН ЖАЗЫҚ ДЕФОРМАЦИЯ ШАРТЫНДА ҚАРАСТАРЫ

Мақалада жерасты камераларының карьерамен өзара байланысының зоналары соңғы элементтің әдісі негізінде анықтау есебі қарастырылған.

Тірек сөздер: деформация, карьера, әрекеттестік зоналары, камера, элемент.

Summary

I. U. Mahambayeva, A. Zh. Seitmuratov

(Kyzylorda state university of Korkyt Ata, Kyzylorda, Kazakhstan)

THE PROBLEM OF DETERMINING THE INTERACTION ZONE OF QUARRY WITH UNDERGROUND CHAMBERS IS EXAMINED

In this paper the problem of determining the interaction zone of quarry with underground chambers is examined based on the method of finite elements.

Keywords: deformation, career, zones of cooperation, chamber, element.

Поступила 28.01.2014 г.