УДК 622.284

Ю.Н.ОГОРОДНИКОВ, *д-р техн. наук, профессор, (812) 328 86 85*
А.Д.КУРАНОВ, *аспирант, kuranov555@mail.ru*
Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет)

Y.N.OGORODNIKOV, *Dr. in eng. sc., professor, (812) 328 86 85*
A.D.KURANOV, *post-graduate student, kuranov555@mail.ru*
Saint Petersburg State Mining Institute (Technical University)

ГЕОМЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК ПРИ РАЗРАБОТКЕ ПРИБОРТОВЫХ ЗАПАСОВ КОАШВИНСКОГО КАРЬЕРА С ОБРУШЕНИЕМ ПОДРАБАТЫВЕМОГО БОРТА

Установлены размеры зоны влияния очистных работ и их характер при отработке прибортовых запасов Коашвинского карьера. Выполнен анализ изменения напряженно-деформированного состояния массива вокруг подготовительных выработок по этапам отработки подэтажа в зависимости от их положения относительно очистного пространства. Исследование выполнено с помощью численного моделирования методом конечных элементов.

Ключевые слова: комбинированная разработка, борт карьера, обрушение, очистные работы, напряжения, деформации.

GEOMICHANICAL JUSTIFICATION OF ENTRIES STABILITY AT DEVELOPMENT OF NEARBOARD RESERVES OF KOASHVA QUARRY WITH A ROOF FALL OF A DISTURBED PIT WALL

Result of research is definition the zone of influence of sewage treatment works and their character for developing nearbord stocks Koashva opencast. The analysis of changes in the stress-strain state of massif around development workings in stages mining substages depending on their position relative to cleaning area. The research was carried out using a numerical modelling using the finite elements method.

Key words: combined development, the pit wall, caving, the influence of the sewage work, stress, strain.

Разработка Коашвинского месторождения открытым способом ведется с 1978 г. Конечная глубина карьера составит 480 м. После завершения работы карьера планируется отработка прибортовых запасов руды подземным способом. Влияние карьерной выемки на подготовительные выработки установлено в работе*. Для определения влияния карьера и очистных работ на подготовительные выработки нижележащих подэтажей разработана плоская конечно-элементная модель. Рассматривается система разработки с подэтажным обрушением и торцевым выпуском руды. Высота подэтажа 27 м (рис.1).

Параметры модели: число элементов 170000; размеры модели 1037 × 588 м,

* Напряженно-деформированное состояние массива вокруг подготовительных выработок при отработке прибортовых запасов карьера Коашва / Ю.Н.Огородников, В.И.Очкуров, А.Д.Куранов // Освоение минеральных ресурсов Севера: проблемы и решения: Труды 8-й Международной научно-практической конференции. Т.1. Воркута, 2010.

Stress-strain state of the massif around entries at development of nearbord reserves of Koashva quarry / Y.N.Ogorodnikov, V.I.Ochkurov, A.D.Kuranov // Mineral resources of the North: Challenges and Solutions: Proceedings of the 8-th International Scientific Conference. V.1. Vorkuta, 2010.

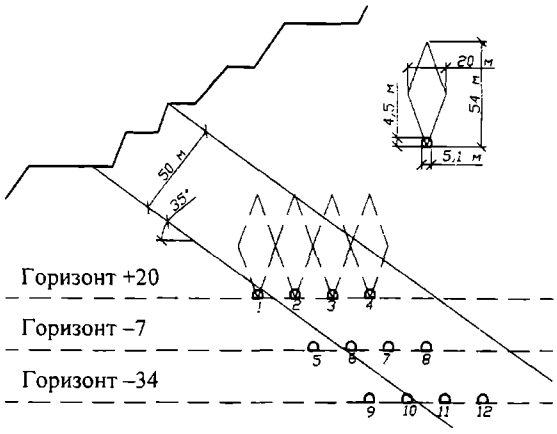


Рис.1. Схема системы разработки
1-12 – номера выработок

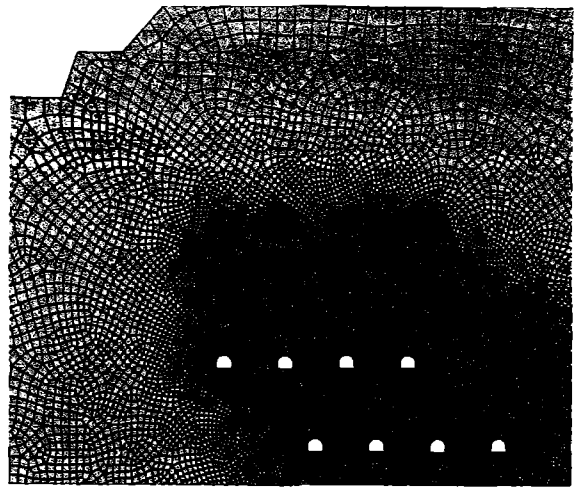


Рис.2 Фрагмент конечно-элементной модели

Таблица 1

Физико-механические свойства пород

Породы	Объемный вес, МН/м^3	Модуль упругости, МПа	Коэффициент Пуассона	Сцепление, МПа	Угол внутреннего трения, град
Покрывающая морена	0,0200	55	0,27		
Выветрелые скальные породы	0,0270	110	0,30		
Рудное тело	0,0296	30000	0,21	34,5	30
Вмещающие породы	0,0283	55000	0,21	60,0	30
Разрушенные породы	0,0280	60	0,27	1,0	43

вид – четырехузловые; минимальный линейный размер элемента 0,5 м; максимальный 20 м (рис.2).

Физико-механические свойства пород приведены в табл.1.

Были определены размеры зон влияния выработанного пространства, в пределах которых напряжения отличаются от первоначальных более чем на 5 %. На рис.3 указано расположение областей увеличения и уменьшения компонентов горизонтальных и вертикальных напряжений по мере отработки подэтажа.

Борт определяет ориентацию областей увеличения и уменьшения составляющих поля напряжений при отработке камер. Области увеличения напряжений естественно ориентируются в перпендикулярном направлении к вектору главных напряжений, уменьшения в параллельном. Наложение этих областей формирует зоны концентраций напряжений и разгрузки массива от напряжений (рис.4).

Отработка двух камер вызывает формирование зоны разгрузки в области лежачего бока камеры и зон концентрации напряжений по бокам камеры. После отработки четырех камер в значительной мере увеличиваются размеры зон концентраций напряжений и формируется зона разгрузки в области кровли и висячего бока камеры.

Зоны разгрузки массива отмечены наличием максимальных горизонтальных растягивающих напряжений на участках зон разгрузки, максимально приближенных к контурам камеры. Зоны концентраций напряжений характеризуются ростом вертикальных сжимающих напряжений также при приближении к контуру камеры.

Для выработок, расположенных вблизи или в пределах зон концентрации напряжений, характерно увеличение тангенциальных напряжений по контуру.

Для установления зависимостей изменения НДС массива вокруг выработок в точках на их контурах на различных этапах

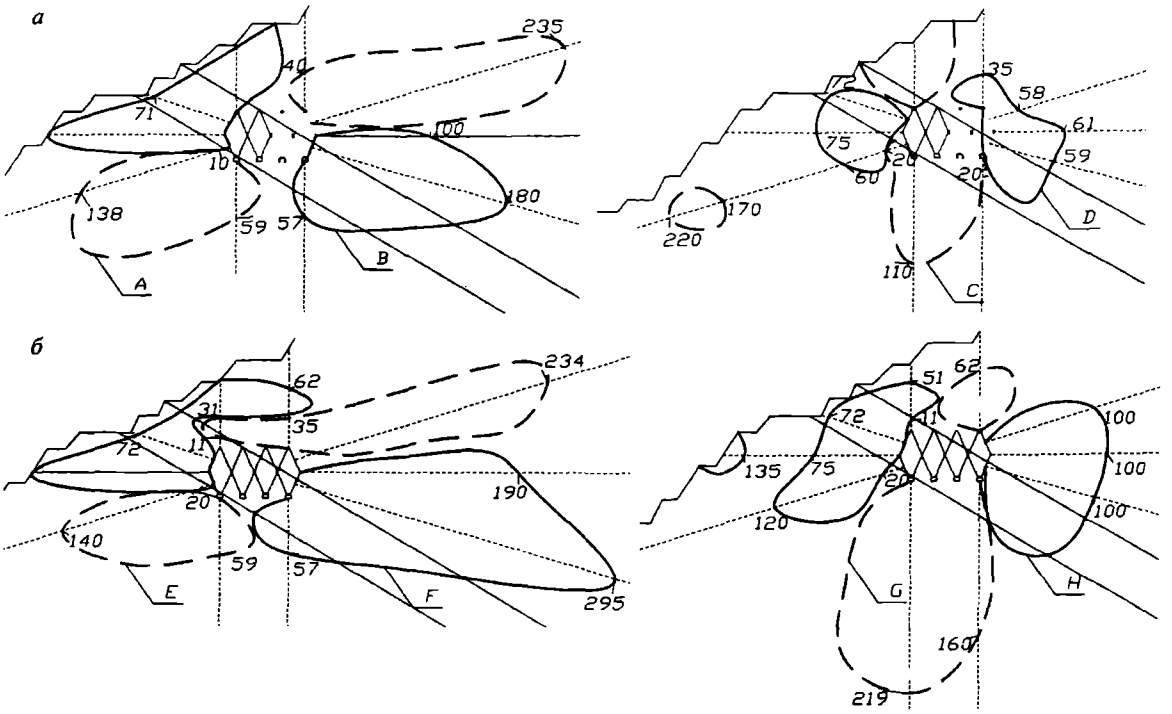


Рис.3. Области массива, в пределах которых напряжения после отработки двух камер отличаются от напряжений в нетронутом массиве более чем на 5 %: *а* –отработка двух камер; *б* –отработка четырех камер
A, *E* – границы областей уменьшения горизонтальных напряжений; *B*, *F*– границы областей увеличения горизонтальных напряжений; *C*, *G* – границы областей уменьшения вертикальных напряжений; *D*, *H* – границы областей увеличения вертикальных напряжений; цифрами указано расстояние в метрах от очистного пространства

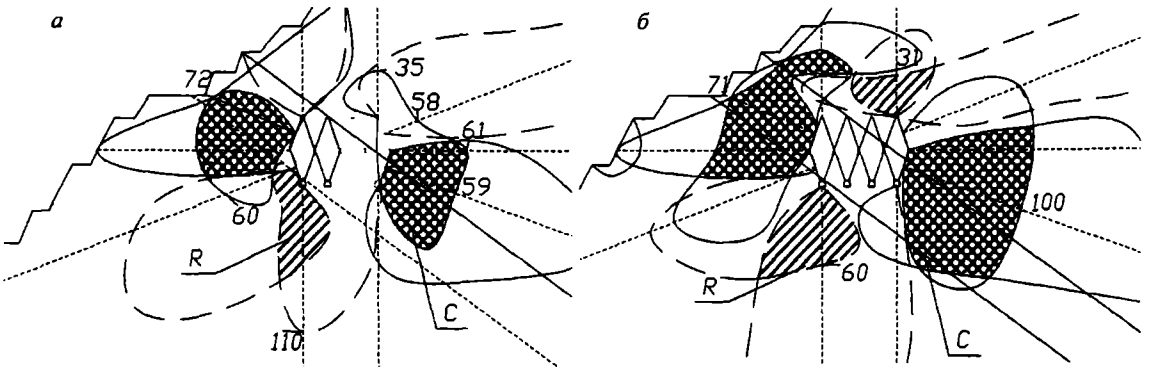


Рис.4. Развитие зон концентрации напряжений и разгрузки массива при отработке подэтажа: *а* –отработка двух камер; *б* –отработка четырех камер
R – разгрузки от напряжений; *C* – концентрации напряжений; цифрами указано расстояние в метрах от очистного пространства

отработки подэтажа фиксировались средние значения тангенциальных напряжений. Выработки № 5-12 расчетной модели (см. рис.1) находятся в наиболее существенной при принятой системе разработки зоне влияния карьера. Полученные результаты приведены в табл.2.

Разработка двух камер подэтажа вызывает падение напряжений по контурам выработок № 5, 6, 9, находящихся в зоне разгрузки. В остальных выработках № 7, 8, 10-12, находящихся в зоне концентрации напряжений, наблюдается незначительное увеличение напряжений по контуру. Отработка че-

Таблица 2

Средние значения напряжений в характерных точках на контурах выработок

Номер выработки по рис. 1	Тангенциальные напряжения, МПа			
	Левый блок	Правый блок	Кровля	Почва
После проведения выработок/После отработки двух камер				
5	10/9,4	10,5/10,3	0,834/–0,38	–1,88/–2,02
6	9,7/10,3	10,4/11,1	–0,664/–0,987	–1,32/–1,56
7	10,6/11,3	11,3/11,9	–1,31/–1,43	–2,19/–2,33
8	11,1/11,5	11,3/11,7	–1,73/–1,69	–2,87/–2,52
9	12,1/12,3	11,9/12,2	0,254/–0,85	–2,25/–2,48
10	13,3/13,7	12,5/12,8	0,33/–0,89	–2,13/–2,33
11	13,4/13,8	13,2/13,5	–1,46/–1,52	–2,67/–2,76
12	13,5/13,7	13,3/13,5	–1,85/–1,84	–3,29/–3,33
После отработки четырех камер/После обрушения камер				
5	3,22/6,13	3,48/6,78	0,81/1,41	–0,2/–0,49
6	5,55/7,6	7,27/8,54	–0,27/0,28	–0,75/–1
7	12,1/11,4	13,3/11,7	–3,35/–1,61	–3,25/–2,64
8	13,4/12	13,6/11,59	–1,17/0,515	–3,24/–2,3
9	10,5/11,3	10,8/11,6	–0,437/0,457	–2,27/–1,99
10	13,7/13,5	13,4/12,2	–0,471/–0,67	–3,02/–2,71
11	14,2/13,3	14,6/13,3	–2,18/–1,22	–3,21/–3,15
12	14,7/14	14,4/13,6	–2,21/–1,58	–3,7/–3,22

тырех камер не изменяет качественно характер изменения напряжений. Происходит изменение напряжений подобно ситуации после обрушения двух камер, но с большим приростом, в связи с количественным и пространственным увеличением зон разгрузки массива и зон концентрации напряжений. Обрушение камер провоцирует перераспределение тангенциальных напряжений по контуру, характеризующееся стремлением напряжений к их значениям после проведения выработок.

По полученным данным можно судить о количественном изменении напряжений по контуру выработок этажа по мере его отработки. При уменьшении величины сцепления или увеличении размеров камеры, в зонах максимальных вертикальных напряжений в висячем боку формируются участки неупругого деформирования пород. Далее в зоне максимальных сжимающих напряжений формируются зоны неупругих деформаций вокруг выработок, проводимых по руде (№ 7, 8, 11), а затем и вокруг остальных выработок, кроме № 5, 6. Эти данные позволяют сделать следующие выводы:

- реализация естественного обрушения очистного пространства при отработке первых этажей маловероятна;
- значительно увеличится боковое давление на крепь выработок, расположенных в зоне концентрации напряжений после отработки камер.