

УДК 553.635.1: 519.688

Н.П. Панчуков, В.Н. Захаров, В.А. Подольский

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ КАМЕРНО-
СТОЛБОВОЙ СИСТЕМЫ ПОДЗЕМНОЙ РАЗРАБОТКИ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ ГИПСА**

Приведены результаты расчетов напряжений для трехкамерной системы разработки гипса Новомосковского гипсового комбината. Расчеты выполнены методом конечных элементов для двумерной модели. На основании расчетов предложены оптимальные геометрические параметры горных выработок.

Ключевые слова: месторождение гипса, междукамерный целик, водоносный горизонт.

При камерно-столбовой системе разработки месторождений гипса необходимо оптимальное соотношение размеров горных выработок и междукамерных целиков, обеспечивающих устойчивость кровли, а также необходимо определить минимальную мощность охранного целика в кровле камер, исключающую поступление подземных вод вышележащих водоносных горизонтов. Существенную помощь в оптимизации параметров системы разработки месторождения могут оказать численные методы расчета механических напряжений в потолочине и целиках камер. В настоящей работе такие расчеты выполнены для условий Новомосковского гипсового комбината. На комбинате система отработки пласта принята камерной (камерно-столбовой). Камеры, ширина которых колеблется около 12 м, технологически объединяются в группы по три (реже по две), отделяемые друг от друга граничными сплошными ленточными целиками. По оси этих целиков в кровле проходятся камерные вентиляционные штреки (КВШ) сечением около 4 м². В дальнейшем была предложена новая схема вентиляции

«тройников», в которой роль КВШ играли сами камеры.

Программа расчета выполнена для условий плоской упругой деформации и сводится к решению уравнения равновесия среды [1]. Расчеты выполнены методом конечных элементов с линейной функцией формы с применением метода взвешенных невязок в аппроксимации Галеркина [2].

На рис. 1 показана схема расчетной области. Расчетная область разбивается на две зоны: для зоны I используются треугольные элементы; для зон IIа и IIб – прямоугольные элементы, отображающие бесконечную область [3]. Применение таких элементов повышает точность расчета, так как на бесконечности параметры массива соответствуют одномерной задаче. Ось «y» — ось симметрии, расстояние до «бесконечных» элементов от подошвы камер по вертикали 120 м, по горизонтали 120 м от центра. Общая нагрузка на кровлю выше лежащих пород, высотой около 80 м, моделируется горным давлением $q=2,4$ Мпа. На рис. 2 представлена схема массива принятая для численных расчетов. Характеристики слоев приведены в табл. 1. В силу незначи-

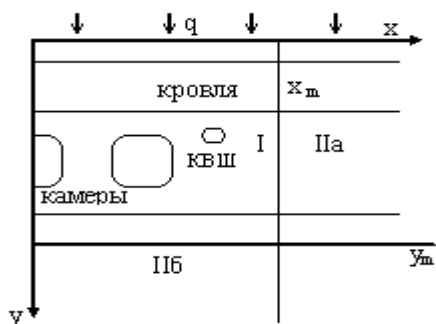


Рис. 1. Схема расчетной области

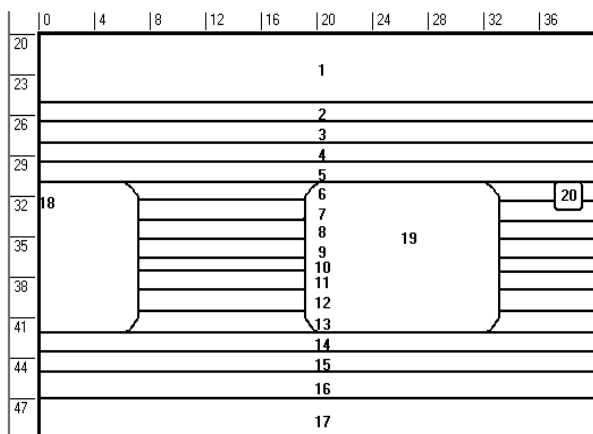


Рис. 2. Схематизация массива, принятая для расчетов

тельного расхождения физико-механических свойств гипса различной текстуры, которые в шахте выделяются как различия, в таблице указаны средние характеристики для соответствующей группы слоев.

Таблица 1

Номер слоя	Удельный вес (Кн/м ³)	Модуль деформации, (МПа)	Коэффициент Пуассона	Предел прочности: сжатие(МПа)	Предел прочности: растяжение(МПа)
1. Верхняя толща	27	80000	0,3	60	8
2-5. Потолочина	23	40000	0,34	8	2,5
6-13. Гипс	23	40000	0,34	7	2,5
14-16. Подошва	29,7	50000	0,35	20	4
17. Нижняя толща	27	80000	0,3	60	8

Согласно технологии ведения добычных работ расчет проводился для двух наиболее вероятных высот камер –11 м и 6 м. Ширина камер варьировалась в пределах от 10 до 15 м; ширина междукamerных целиков от 5 до 12 м; ширина целика между камерой и КВШ принята 3-4 м; высота и ширина КВШ 2 м.

В программе рассчитывались напряжения породы. По значениям рассчитанных напряжений определялась площадь разрушений — площадь целиков и защитной потолочины, в которой напряжения превысили предел прочности на сжатие или растяжение. Пример таких вычислений показан на рис. 3.

Для определения устойчивого пролета камеры и целика необходимо ввести критерий устойчивости, который характеризовал бы устойчивость либо неустойчивость обнажения горных пород. За такой критерий было принято следующее условие: если зона опасных напряжений превышает 10 % целика либо потолочины, то такое обнажение можно считать неустойчивым. В противном случае предлагается считать обнажение горных пород устойчивым.

Расчеты показали, что процент разрушения потолочины по предель-

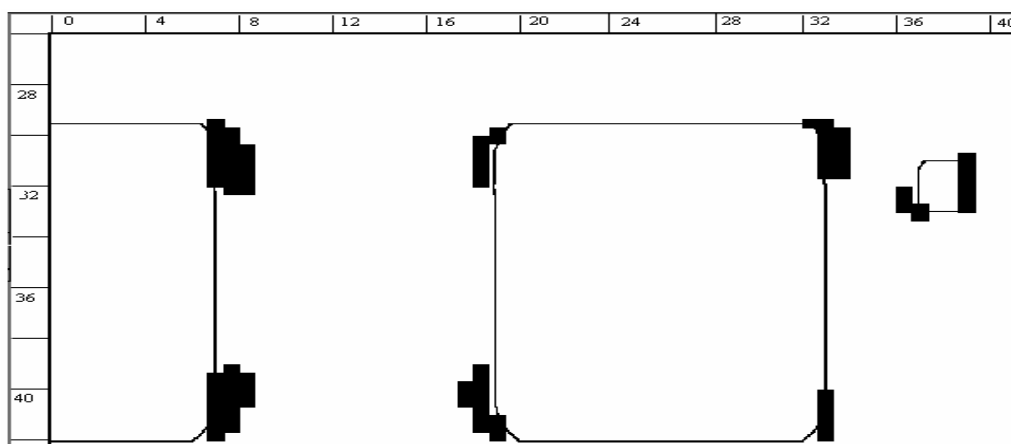


Рис. 3. Черные области - зоны опасных напряжений в целике для камеры 12,5м высоты

ным напряжениям не превышает нескольких процентов. На рис. 4-7 показаны некоторые типичные графики зависимости площади разрушений целиков (в процентах) для различных сочетаний размеров ширины камер, целиков и потолочины. Видно, что по этому критерию устойчивость пород с камерными вентиляционными штреками ниже, чем без них.

Оценку потерь полезного ископаемого W можно выполнить по формуле: $W = (A_{Ц} + A_{П}) / (A_{Ц} + A_{П} + A_{К})$,

где $A_{Ц}$ – площадь сечения междукамерного целика (без учета потолочины), $A_{П}$ – площадь сечения потолочины в пределах пролета камеры и междукамерного целика, $A_{К}$ – площадь сечения камеры. Это соотношение можно представить в виде:

$$W = 1 - \frac{1}{(1 + h/b) + (1 + s/L)},$$

где h – толщина потолочины, b – высота камеры, L – пролет камеры, s – ширина междукамерного целика.

По приведенному выше критерию системы разработки без камерных вентиляционных штреков с параметрами $h=6$ м, $b=11$ м, $L=12$ м, $s=10$ м и $h=6$

м, $b=11$ м, $L=14$ м, $s=12$ м можно считать вполне устойчивыми. При этом потери практически одинаковые и составляют около 65 %. Однако, в последнем случае себестоимости добычи гипса будет ниже за счет снижения затрат добычи на один метр ширины камеры вследствие увеличения пролета.

При расчетах с различной толщиной потолочины, для одного или нескольких слоев гипса потолочины характеристики принимались равными характеристикам слоя 1 (рис. 2). Реально уменьшение толщины потолочины соответствует увеличению высоты камеры. На рис. 3 приведены результаты расчетов для камер высотой 12,5 м, шириной 14 м, толщина потолочины 4,5 м и ширина междукамерного целика 12 м. И в этом случае размеры камера – потолочина – междукамерный целик можно считать достаточно устойчивыми. При этих размерах потери снижаются до 60 %.

Очевидно, что для окончательного решения о возможности оптимизации геометрических параметров горных выработок при предлагаемом варианте камерно-столбовой системе разработки необходимо произвести горный эксперимент.

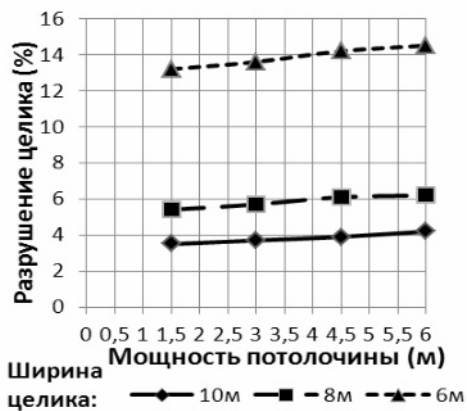


Рис. 4. Разрушение целика между камерами с КВШ. Высота камер 11 м, ширина камер 10 м

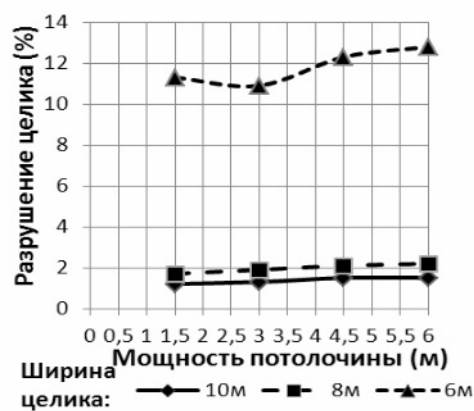


Рис. 6 Разрушение целика без КВШ. Высота камер 11 м, ширина камер 10 м

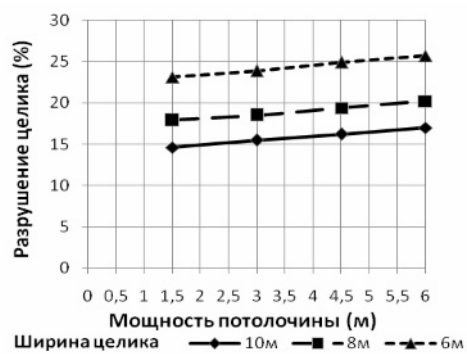


Рис. 5. Разрушение целика между камерой и КВШ. Высота камер 11 м, ширина камер 10 м

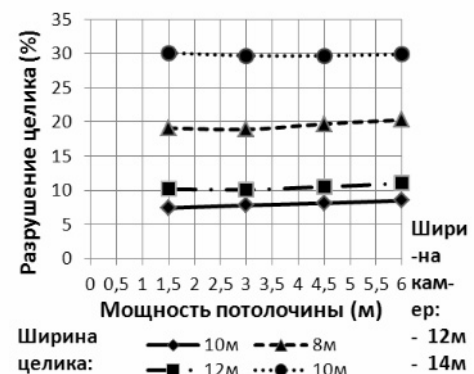


Рис. 7. Разрушение целика без КВШ. Высота камер 11 м. Ширина камер указана на рисунке

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Подольский В.А., Добмайер Э.Э., Третьяков Л.А., Панчуков Н.П. Численные методы расчета напряжений при камерно-столбовой системе разработки месторождений гипса. «Мат. методы в технике и технологиях», ММТТ-14. Сб. тр. 14 Междунар.

науч. конф., т. 3, сек. 3. Смоленск 2001, с.130-133

2. Зинкевич О., Морган К. Конечные элементы и аппроксимация. — М.: Мир, 1986.

3. Галюгер Р. Метод конечных элементов. Основы. М.: Мир, 1984. **ГИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Панчуков Н.П. — кандидат технических наук, заведующий Кунгурской лаборатории — стационара Учреждение Горный институт Уральского отделения Российской академии наук (ГИ УРО РАН), доцент кафедры «Разработка полезных ископаемых» Пермского государственного технического университета,

Захаров В.Н. — доктор технических наук, профессор, заведующий лабораторией Института проблем комплексного освоения недр, info@ipkonran.ru

Подольский В.А. — кандидат физико-математических наук, доцент, заведующий кафедрой физики, Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева, rector@muctr.ru