

3. Информационное отслеживание качества руды от забоев до пунктов технологического формирования.

4. Компенсация отклонений качества карьерного рудопотока в потоке железнодорожных составов, поступающих на обогащение, на основе обмена локомотиво-составов между рудопотоком и запасами руд на компенсационных складах.

5. Формирование стабильного качества рудопотока "ЦПТ-ДОФ" на основе создания буферно-компенсационного склада на концентрационном горизонте дробильно-конвейерного комплекса ЦПТ.

УДК 622.02

В.В. Левит

ОЦЕНКА ДЕФОРМИРУЕМОСТИ СЛОИСТЫХ ОБРАЗЦОВ И ЭФФЕКТА УПРОЧНЕНИЯ АНКЕРОВ

Наведені результати експериментальних досліджень на моделях взаємодії шарів різної деформованості, а також вплив на міцність зразків різного розміщення прошарків. Проведені дослідження впливу зміцнюючої дії анкерів на порушені породи. Основний зміцнюючий ефект анкерів полягає в зменшенні розшарування матеріалу, збільшенні модуля деформації порушеної породи. Табл. 3. Бібліогр.: 3 найм.

Существенной особенностью, которую необходимо учитывать при расчете устойчивости горных выработок является неоднородность пород, вскрываемых многослойных продуктивных толщ. Сложность, а зачастую и недоступность изучения и оценки свойств пород и их деформационных характеристик указывают на неадекватность условий эксплуатации выработок, принимаемым при их проектировании. Наиболее простым и доступным способом изучения и оценки деформационных характеристик слоистых толщ может быть лабораторное моделирование на образцах. Основное положение, которое необходимо проверить на моделях - это взаимодействие слагающих толщу слоев пород с различными деформационными свойствами. Важно оценить также влияние на прочность и деформируемость различного расположения разножестких прослоев внутри модели. Учитывая это, нами проведены лабораторные опыты по оценке прочностных и деформационных свойств многослойных образцов. Лабораторные опыты проведены в ИГТМ НАН

Украины [1,2] на моделях из искусственного материала, преимуществами которых следует считать возможность точно соблюсти однородность свойств их составных частей, соотношения их геометрических размеров и условий на контактах. Из приведенных соображений в качестве материала моделей выбраны песчано-цементная и песчано-алебастровая смеси с соответствующими соотношениями песок-цемент-вода 3,67:11,7:1 и песок-алебастр-вода 4,3:1,42:1. Слоистые образцы прессовали последовательно, что позволило выдержать точно заданные геометрические размеры отдельных слоев и моделей в целом. Необходимое количество моделей определено таким образом, чтобы при разбросе данных испытаний порядка 10-15 % обеспечить надежность не ниже 0,95. Характеристики моделей приведены в табл. 1. Свойства соответствующих материалов приведены в табл. 2.

Таблица 1 - Характеристики моделей

Серия	Количество моделей	Материал		Высота модели, мм	Отношение высоты к диаметру, h/d
		моделей	слоя		
1	6	песчано-алебастровый	песчано-цементный	105	1,5
2	5	песчано-цементный	песчано-алебастровый	105	1,5
3	5	песчано-цементный	песчано-алебастровый	169,5	2,42

Таблица 2 - Свойства эквивалентных материалов

Материал	Показатели			
	прочность на растяжение, МПа	прочность на сжатие, МПа	Модуль упругости, МПа	Коэффициент поперечных деформаций
Песчано-цементная смесь	2,39	6,98	3211	0,35
Песчано-алебастровая смесь	0,24	2,34	426	0,11

Испытания в режиме заданной скорости деформирования выполнены на прессе ПР-500, жесткость которого была увеличена с помощью специально разработанных и изготовленных узлов, что позволяло контролировать и регистрировать процесс деформирования и разрушения слоистых моделей в запредельном режиме. Анализ характера разрушения слоистых моделей показал, что слоистые модели со слабым центральным слоем разрушались по слабому слою. При этом поперечная деформация в центре слабого слоя превышала поперечную деформацию, измеренную на границе контакта слоев в 3-5 раз, т.е. образовалась "бочкообразная" форма поперечного сечения. В свою очередь, поперечная деформация на границе слоев превышала в 1,5-2,0 раза поперечную деформацию на торце модели. Измерения показали, что до предела прочности приторцевые поперечные деформации практически равны нулю. За пределом прочности разрушение происходило за счет плавного раздавливания центрального слоя, а затем наблюдалось разрушение одного из прочных слоев (преимущественно верхнего), с образованием плоскости отрывного разрушения, параллельной прикладываемой нагрузке. Второй прочный слой при этом в начале нагружения оставался неразрушенным, а в диапазоне предельных нагрузок разрушался с некоторым отставанием.

Слоистые модели с прочным слоем в центре разрушались по приторцевым слабым слоям. Причем, в 70 % случаев разрушение происходило в одном из слабых слоев, а в остальных моделях по двум слоям практически одновременно. В процессе дальнейшего деформирования имело место разрушение среднего слабого слоя по вертикальной плоскости, параллельной оси нагружения. Поперечные деформации в каждом из слоев распределялись по закону, который может быть описан параболической зависимостью.

Проведенные исследования позволили установить механизм деформирования и разрушения слоистых образцов. Полученные результаты показывают, что величина деформации слабых слоев существенно больше деформации прочных слоев, слоистые модели со слабым центральным слоем разрушались по слабому слою с большей интенсивностью (в 1,5-2,5 раза). Модели с прочным слоем в центре разрушались по приторцевым слабым слоям.

Обнаженные горные породы вокруг выработок также представляют собой многослойную толщу. Полученные результаты механизма деформирования и разрушения создают основу для правильного выбора технического решения по управлению горным давлением. Исследованиями установлено, что несущая способность обнаженных пород в выработках существенно увеличивается при упрочнении их анкерами. Причем, наибольшее влияние анкеров наблюдается при расслоении и разрыхлении слабых горных пород. Взаимодействие анкерной крепи с массивом горных пород, который при деформировании разрушается и разрыхляется, может быть исследовано только экспериментальным путем. Поскольку такие исследования весьма трудоемки, их чаще всего проводят в лабораторных условиях на моделях. В настоящее время нет единой теории, объясняющей действие анкерной крепи, что обусловлено многообразием условий ее применения и сложностью самого механизма работы. Для расширения представлений о механизме взаимодействия анкерной крепи с породой нами исследовано на моделях влияние анкерной крепи на разрушение и разрыхление пород. Исследования проведены методом моделирования на эквивалентных материалах. Теоретической основой метода служит положение

ние о механическом подобии. В качестве методической основы моделирования использованы разработки Г.И. Кравченко [3].

Моделировался элемент массива горных пород с линейными размерами 2x2x2 м. Константа геометрического подобия была принята равной 20. Запрещение поперечных деформаций осуществлялось использованием специальной обоймы, которая позволяла перемещаться породам только в одном направлении. Для моделирования в качестве эквивалентного материала использована гипсопесочная смесь.

Методикой эксперимента предусматривалось установление закономерностей разрушения и разрыхления заанкерованных и незаанкерованных горных пород. Модели изготавливались без отверстий, с четырьмя и девятью отверстиями. В натуре это соответствовало квадратной сетке расположения анкеров при расстоянии между ними 1 м и 0,7 м. Модели нагружались на прессе, величина нагрузки непрерывно регистрировалась. Поперечные деформации регистрировались в центре модели и в точках вблизи анкеров. Регистрация производилась индикаторами часового типа. Поскольку при нагружении в обойме материал находится в объемном напряженном состоянии, то его разрушение не приводит к полной потере несущей способности, особенно при наличии анкеров.

Обобщенные результаты испытаний моделей приведены в табл. 3. Для гипсопесочных смесей с соотношением компонентов от 1:6 до 1:2 приведены величины приложенных нагрузок P_1 , продольные ϵ_1 и поперечные ϵ_3 деформаций и ϵ_3/ϵ_1 , для моделей без анкеров, с четырьмя и девятью анкерами. Анализ результатов испытаний показывает, что до начала разрушения продольные деформации возрастают пропорционально приложенной нагрузке. Причем в этом диапазоне нагрузок деформации практически не зависят от наличия и количества анкеров. Влияние анкеров для поперечных деформаций, как и для продольных прослеживается только на нарушенном материале. Модуль поперечной деформации нарушенной модели с четырьмя анкерами в 1,3 раза больше, а с девятью анкерами в 1,9 раза больше, чем незаанкерованной.

Таблица 3 - Обобщенные результаты испытания моделей

Сос- тав Г:П	Без анкеров				Четыре анкера				Десять анкеров							
	$P_1, \text{кН}$	$\epsilon_1 \cdot 10^4$	$\epsilon_3 \cdot 10^4$	ϵ_3/ϵ_1	$P_1, \text{кН}$	$\epsilon_1 \cdot 10^4$	$\epsilon_3 \cdot 10^4$	ϵ_3/ϵ_1	$P_1, \text{кН}$	$\epsilon_1 \cdot 10^4$	$\epsilon_3 \cdot 10^4$	ϵ_3/ϵ_1	$P_1, \text{кН}$	$\epsilon_1 \cdot 10^4$	$\epsilon_3 \cdot 10^4$	ϵ_3/ϵ_1
1:6	24,5	273	203	0,77	24,5	280	58	0,21	24,5	267	61	0,23	24,5	267	61	0,23
	24,8	227	104	0,46	21,8	291	132	0,45	24,5	210	26	0,14	24,5	210	26	0,14
1:4	30,8	261	115	0,44	30,8	256	103	0,40	30,8	234	40	0,17	30,8	234	40	0,17
	27,7	285	166	0,58	26,2	316	126	0,40	30,8	223	27	0,12	30,8	223	27	0,12
1:3	30,8	212	91	0,43	46,2	250	100	0,40	46,2	210	50	0,24	46,2	210	50	0,24
	41,0	269	59	0,22	46,2	185	64	0,35	46,2	227	20	0,09	46,2	227	20	0,09
1:2	55,4	272	100	0,37	55,4	97	25	0,27	55,4	188	47	0,25	55,4	188	47	0,25
	55,4	292	96	0,32	55,4	188	92	0,49	55,4	146	53	0,36	55,4	146	53	0,36

Эти же эксперименты показывают, что в качестве упрочняющего действия анкеров можно считать увеличение с их помощью модуля деформирования нарушенных горных пород. Убедительное подтверждение влияния анкерной крепи получено при анализе объемных деформаций.

Таким образом, результаты проведенных исследований показывают, что основное влияние анкерная крепь оказывает на нарушенные породы, существенно изменяя их напряженно-деформированное состояние. Основной упрочняющий эффект анкерной крепи заключается в уменьшении расслоения материала и увеличении модуля деформации нарушенной породы. Установлена зависимость модуля деформации нарушенной породы от плотности установки анкеров. Получены результаты, указывающие на то, что анкерная крепь уменьшает скорость развития поперечных деформаций и в известной мере предотвращает разрыхление и расслоение многослойной толщи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Усаченко Б.М., Чередниченко В.Б., Головчанский И.Е. Геомеханика охраны выработок в слабометаморфизованных породах. - К.: Наук.думка, 1990. - 143 с.

2. Хаит М.Д. Разработка методики расчета целиков с учетом комплекса структурных, прочностных и деформационных свойств пород, условий нагружения и разрушения: Автореф.дис...канд.техн.наук: 05.15.11 / ИГТМ АН УССР. - Днепропетровск, 1988. - 16 с.

3. Кравченко Г.И. О влиянии натяжной штанговой крепи на прочность системы крепь-порода // ФТПРПИ. - 1970. - № 4. - С. 34-40.