

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ

**Институт горного дела и геологии**

**Академия строительства Украины**

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ  
ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА  
ШАХТ И ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ**

Материалы международной научно-технической  
конференции молодых ученых, аспирантов и студентов,  
организованной кафедрой «Строительство шахт и  
подземных сооружений» ДонНТУ

Выпуск № 19

Норд-Пресс  
Донецк - 2008

## ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМА РАБОТЫ АНКЕРНОЙ КРЕПИ НА МОДЕЛЯХ ИЗ ЭКВИВАЛЕНТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

*К.т.н., доц. Терещук Р.Н., к.т.н., доц. Солодянкин А.В., студ. Кравченко К.В., Национальный горный университет, г. Днепрпетровск, Украина*

В настоящее время известно множество гипотез о схеме работы заанкерowanego приконтурного массива, которые можно разделить на группы.

К первой группе относятся гипотезы, согласно которым неустойчивые породы кровли подвешиваются при помощи анкеров к устойчивым вышележащим породам. В этой схеме подразумевается, что анкерная крепь оказывает только силовое противодействие обрушающимся породам. Расчетные схемы, основанные на гипотезах этой группы применимы и хорошо работают в условиях «малых» глубин при затухающем характере деформирования пород вокруг выработки, когда зона разрушения представляет собой свод естественного равновесия небольших размеров.

Согласно гипотезам второй группы, взаимодействие анкерной крепи с породами кровли приводит к образованию составной балки, трехшарнирной арки, свода и других грузонесущих конструкций. При этом параметры анкерного крепления определяются в зависимости от вида сформированной грузонесущей конструкции.

В условиях больших глубин достоверность расчетных параметров на основе этих гипотез снижается. Кроме того, в рамках таких схем не представляется возможным определить параметры анкерной крепи как средства для управления состоянием горных пород приконтурной зоны.

К третьей группе относятся гипотезы, согласно которым анкерная крепь рассматривается как средство повышения категории устойчивости приконтурных пород, причем не только в породах I и II категорий устойчивости, но и, в породах более низких категорий, в которых размер зоны разрушения превышает длину анкера.

Известно, что на глубоких горизонтах в округ выработки образуется зона неупругих деформаций (ЗНД). Ее размеры колеблются в пределах 1...12 м, а максимальные размеры ЗНД соответствуют наиболее тяжелым условиям эксплуатации. Условная граница ЗНД связана с максимумом действующих напряжений, разделяющих зону массива в ненарушенном состоянии (рис., область *D*) от области, где они претерпевают неупругие деформации и дальнейшее разрушение.

Приконтурный массив имеет различную степень нарушенности и условно может быть разделен на зоны: *C* – неупругих деформаций, *B* – зона разрушения, *A* – зона разрыхления. В отличие от расчетных схем первой группы, границы указанных зон условны, прочность пород изменяется от минимальной на контуре выработки до максимальной на границе ЗНД, что затрудняет определение параметров анкерной крепи.

Сложность исследований в натуральных условиях состояния приконтурного массива и детального изучения процессов, происходящих в нем при нарушении равно-

весия, вынуждает использовать для решения этих задач методы моделирования.

Исследования механизма работы анкерной крепи проводились с помощью метода моделирования на эквивалентных материалах применительно к условиям поддержания выработок шахт ГП «Добропольеуголь» на специальном плоском стенде кафедры строительства и геомеханики. Цель исследований состояла в моделировании работы анкерной крепи в выработке арочной формы, расположенной в породах типа аргиллита и алевролита.

Режим отработки моделей был следующим. Камеру плоской модели закатывали эквивалентным материалом. После его остывания переднюю стенку (оргстекло) снимали, наносили мерную сетку, производили «проходку» выработки и устанавливали анкерную крепь. Затем камеру закрывали оргстеклом и с помощью рычажных домкратов загружали моделируемый массив. Нагрузку задавали с интервалом в 1 кг. Возникающие при этом деформации мерной сетки регистрировали на каждом этапе нагружения с помощью фотоаппарата, установленного в фиксированном положении. Качественную картину поведения массива анализировали по изменению определенных квадратов мерной сетки на фотоснимках.

Анализ результатов моделирования позволил установить следующее.

1. Достаточная плотность анкерования находится в пределах  $0,83 \dots 1,0$  на  $1 \text{ м}^2$ . Дальнейшее увеличение количества анкеров существенно не влияет на процессы, происходящие в массиве. Объясняется это так. Анкер, установленный в породном массиве за счет увеличения сил сцепления на контактах породных отдельностей и препятствия сдвиговым смещениям пород образует зону повышенной прочности. При небольшой плотности установки, образованные вокруг анкера зоны не перекрываются между собой и поэтому не могут существенно повысить устойчивость выработки и препятствовать смещениям контура. При определенной плотности анкерования эти зоны перекрываются и вокруг выработки образуется сплошная зона из упрочненных пород (рис., зона E). При дальнейшем увеличении плотности анкерования эффективность будет все менее значительной, что и получено в результате моделирования. Исследования, проведенные в условиях шахт Донбасса, позволяют рекомендовать число анкеров на  $1 \text{ м}^2$  обнажения кровли в пределах  $0,7 \dots 1,25$  шт/ $\text{м}^2$  [1].

Степень эффективности упрочнения пород в зависимости от плотности анкерования можно также оценить по коэффициенту упрочнения пород. Согласно работам [2, 3 и др.] коэффициент упрочнения пород при плотности анкерования  $0,7 \dots 2,5$  шт/ $\text{м}^2$  изменяется для скальных пород –  $1,11 \dots 1,49$ ; для пластичных –  $1,07 \dots 1,46$ ; для углевмещающих –  $1,15 \dots 1,91$ .

2. Рациональная длина анкера находится в пределах  $44 \dots 50$  мм ( $2,2 \dots 2,5$  м). Со-

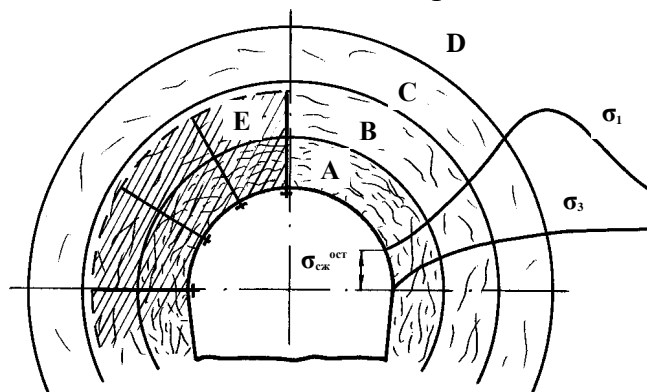


Рис. - Зоны различного состояния массива в приконтурной области выработки

гласно результатам многочисленных шахтных исследований, массив вокруг выработки под влиянием внешних воздействий (например, очистных работ) подвергается дальнейшим разрушениям. При этом наиболее чувствительными являются породы приконтурной зоны в пределах 1...1,5 м от контура выработки. В связи с этим, длина анкера должна перекрывать зону расслоений пород у контура выработки. Согласно [4] рекомендуемая длина анкеров для условий Западного Донбасса составляет 1,8...2,5 (3,0) м.

3. Характер развития деформаций существенно меняется в зависимости от длины анкеров. При длине анкера 20 мм (1 м) вокруг выработки образуется трещина, практически повторяющая контур выработки на глубине 15...25 мм (0,75...1,25 м). При длине анкера менее 40 мм (2 м) появляются трещины вокруг выработки на расстоянии, превышающем длину анкера, а также образуются плоскости скольжения, направленные от почвы выработки вглубь массива под углами 45...60°, что приводит к резкому снижению несущей способности крепи.

Появление трещин вокруг выработки при малой длине анкеров показывает, что их длина должна учитывать зону повышенной трещиноватости вокруг выработки, а конец анкера должен закрепляться за ее границами, в породах с большей остаточной прочностью. Возможно также, что появление видимых трещин связано с более резким изменением прочности системы «заанкероанный массив - неупрочненный массив за зоной действия анкера». При испытаниях, когда анкера имеют длину более 2 м и закрепляются в зоне массива большей прочности, появление трещин не отмечалось. В этом случае обеспечивается более эффективная работа анкеров по снижению смещений и расслоений массива.

4. Уменьшение длины анкера приводит к увеличению зоны отжима в боках выработки, максимальная зона наблюдается при  $l_a = 20$  мм (1 м).

Поскольку снижается прочность упрочненной системы заанкероанных пород кровли при меньшей длине анкера, опорное давление в большей степени распределяется на боковые опоры выработки, что и приводит к увеличению отжима в боках.

5. Параметры анкерования (плотность анкерования, длина анкера, натяжение) в конечном итоге определяются параметрами ЗНД (зоной повышенной трещиноватости).

### Библиографический список

1. Кошелев К.В., Игнатович Н.В., Полтавец В.И. Поддержание сопряжений горных выработок. – К.: Техника, 1991. – 176 с.
2. Костогрыз В.И. Эффективность упрочнения пластичных пород анкерованием // Науковий вісник НГАУ. – 1998. – №3. – С. 13–15.
3. Широков А.П., Лидер В.А., Писляков Б.Г. Расчет анкерной крепи для различных условий применения. – М.: Недра, 1976. – 208 с.
4. Выгодин М.А. Обоснование параметров армопородных грузонесущих конструкций на базе рамно-анкерных крепей и технология их сооружения в выработках шахт Западного Донбасса. Дисс... канд.техн.наук. – Днепропетровск, 1990. – 139 с.