

УДК 622.281.76

Р.Н. Терешук, А.В. Наумович

**МОДЕЛИРОВАНИЕ АНКЕРА, КАК УПРОЧНЯЮЩЕГО
СТРУКТУРНОГО ЭЛЕМЕНТА ПОРОДНОГО
МАССИВА**

Семинар № 3

Интенсификация очистных работ, увеличение площади сечения выработок, постоянный рост глубины разработки привели к существенному ухудшению условий строительства и эксплуатации горных выработок. Большим резервом повышения эффективности работы шахт является совершенствование способов крепления и поддержания подготовительных выработок, создание и широкое внедрение надежных и экономичных видов крепи.

Направление на увеличение несущей способности традиционных видов крепи для обеспечения эксплуатационного состояния выработок себя не оправдало. Перспективное направление в улучшении состояния выработок, как показывает опыт последних лет, связано с укреплением породного массива в окрестности выработки и использование его несущей способности как элемента крепи. Такой принцип работы имеет анкерная крепь. В этой связи, исследование закономерностей взаимодействия системы “анкер-породный массив” и разработка методики для обоснования параметров анкерной крепи являются актуальной задачей, имеющей важное научное и практическое значение.

В настоящее время в отечественной и зарубежной практике известно более 600 различных конструкций анкеров.

В зависимости от структурного строения пород кровли и формы поперечного сечения выработки различают пять основных условий применения анкерной крепи:

1. Слабоустойчивые слоистые породы непосредственной или ложной кровли подвешиваются анкерами к основной кровле.

2. Различные породные слои, скрепляясь анкерами, образуют составную балку, предохраняющую кровлю от обрушения (“сшивка” пород).

3. Около каждого анкера куски трещиноватой породы прижимаются друг к другу, образуя прочный блок. По периметру выработки составляет кольцо из таких блоков.

4. В трещиноватой однородной горной породе большой мощности анкерная крепь предохраняет выработку от вывалов отдельных кусков.

5. При проведении выработок по сильно трещиноватому мелкослоистому массиву анкерная крепь предохраняет выработку от коржения и высыпания горных пород.

К настоящему времени в отечественной и зарубежной технической литературе опубликовано большое число работ [1, 2 и др.], посвященных определению основных параметров анкерной крепи. Однако все эти исследования не привели к созданию общепризнанной теории анкерной

крепю и разработке адекватного расчета ее основных параметров.

Во многих случаях авторы методов расчета анкерной крепи при выборе расчетной схемы прибегают к различным допущениям, что неизбежно ведет к схематизации сложного явления взаимодействия анкерной крепи с массивом горных пород. Большинство существующих расчетных методов анкерной крепи исходит из предположений, объясняющих работу анкерной крепи подвешиванием слабых пород к более прочным породам или из предположения о формировании над выработкой "породного свода". Отдельная группа методов рассматривает работу анкеров в упруго-пластической среде (Топалкаров А.Т., Руппенейт К.В., Широков А.П., Сажин В.С.).

Последняя группа наиболее правильно объясняет процесс взаимодействия крепи с массивом горных пород. Согласно этим гипотезам, вокруг выработки образуется область неупругих деформаций, развитие которой происходит в условиях совместной работы породы и крепи. Анкерная крепь рассматривается как средство повышения категории устойчивости приконтурных пород. Она оказывается эффективным средством управления состоянием приконтурной зоны не только при заложении выработок в устойчивых породах, но и в породах более низких категорий устойчивости, в которых размер зоны разрушения превышает длину анкера.

Целью работы является разработка математической модели анкера в геомеханической системе «анкер-породный массив».

Материалы и результаты исследований. Процедура решения, граничные условия и критерий разрушения пород для поставленной задачи описаны в работе [3]. Процедура

решения реализована методом конечных элементов в виде последовательности итераций. Моделировалась выработка (без крепи и с анкерной крепью) арочной формы, пройденной в неоднородном породном массиве. Линейные размеры выработки: ширина – 5 м, высота – 3,5 м, помещена в центр массива с размерами 100×100 м.

Породный массив имел следующие физико-механические параметры: модуль упругости E , коэффициент Пуассона μ , предел прочности на сжатие R_c , предел прочности на растяжение R_p , объемный вес γ . Материал стержня анкера задавался модулем упругости E и коэффициентом Пуассона ν .

Наличие анкера в породной среде моделировалось таким образом. Сначала решалась упруго-пластическая задача для выработки арочной формы без крепи. Для этого случая вокруг выработки устанавливались радиальные перемещения U_a в узлах элементов. Далее радиальные перемещения на расстоянии, которое равняется длине анкера, принималось постоянным (в узлах элементов породного массива, совпадающими с узлами элементов анкера, устанавливался запрет на перемещение больше чем U_a как по вертикали, так и по горизонтали) по всей его длине до контура выработки, то есть до точки установки анкера, поскольку граница возможных деформаций анкера не должна превышать 2 %.

В ходе расчетов принималось, что выработка расположена на глубине 800 м, соответствующей горному давлению (принятому гидростатическим), примерно, 208 кгс/см². Результаты расчетов представлены на рис. 1-3. На рис. 1 зоны разрушения, прилегающие к выработке, показаны более темным цветом. На рис. 2 показа-

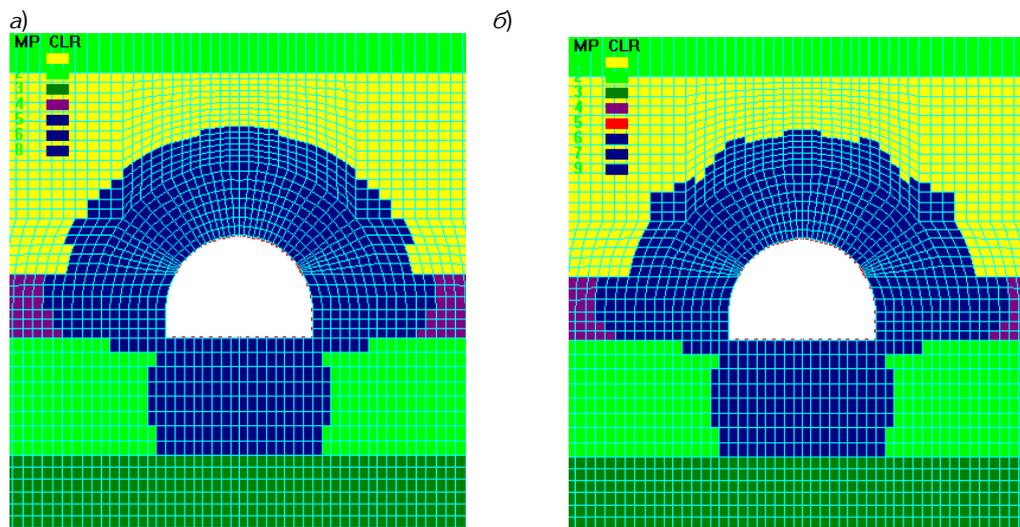


Рис. 1. Прилегающая к выработке зона разрыхления (а) без крепи и (б) при установке 7 анкеров длиной 2,5 м

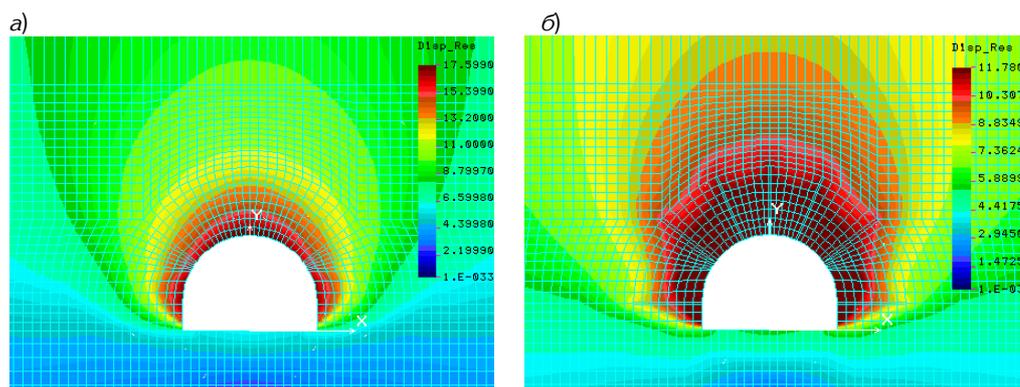


Рис. 2. Картина распределения полных перемещений (а) для задачи без подкрепляющих элементов и (б) для задачи с анкерной крепью

ны максимальные результирующие перемещения для выработок без крепи и закрепленной анкерной крепью. На рис. 3 показано распределение относительных деформаций вокруг выработки незакрепленной и при установке анкеров.

С целью проверки результатов численного моделирования были выполнены шахтные исследования в наклонной выработке, закрепленной сталеполимерными анкерами, которая

проводилась по пласту l_3 , в условиях шахты «Алмазная».

Выводы

Результаты аналитических и натуральных исследований показали удовлетворительную (до 85 %) сходимость, что доказывает корректность и адекватность разработанных математических моделей как анкера, так и заанкерowanego породного массива. В дальнейших исследованиях будет проверена возможность использова-

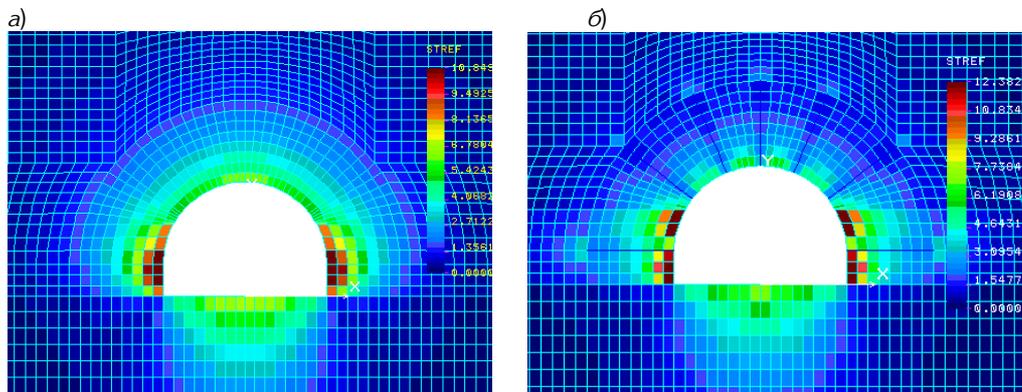


Рис. 3. Распределение относительных деформаций вокруг выработки (а) незакрепленной и (б) при установке 7 анкеров

ния математической модели анкера, как упрочняющего структурного элемента породного массива, в различ-

ных горно-геологических условиях для обоснования параметров анкерной крепи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Булат А.Ф., Виноградов В.В. Опорно-анкерное крепление горных выработок угольных шахт. – Днепропетровск.: Ин-т геотехнической механики НАН Украины, 2002. – 372 с.
2. Широков А.П. Теория и практика применения анкерной крепи. – М.: Недра, 1981. – 381 с.

3. Терещук Р.Н. Обоснование параметров анкерной крепи капитальных наклонных выработок в условиях шахт ГХК “Добропольеуголь”: Дисс...канд. техн. наук: 05.15.04. – Днепропетровск, 2002. – 162 с.

ГЛАВ

Коротко об авторах

Терещук Р.Н., Наумович А.В. – Национальный горный университет, г. Днепропетровск.

Доклад рекомендован к опубликованию семинаром № 3 симпозиума «Неделя горняка-2007». Рецензент д-р техн. наук, проф. В.Л. Шкуратник

