

УДК 622.281.74

*Терещук Р.Н., к.т.н., докторант, Каналес М., студ., Государственный ВУЗ «НГУ»,  
Днепропетровск, Украина*

## **ВЛИЯНИЕ ВАРИАЦИИ ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ ПОРОД И ГЛУБИНЫ РАЗРАБОТКИ НА ОДНОРОДНЫЙ ПРИКОНТУРНЫЙ МАССИВ, ЗАКРЕПЛЕННЫЙ ОДИНОЧНЫМ АНКЕРОМ**

Надежная работа крепи возможна только в том случае, когда ее конструкция выбрана с учетом величины и характера проявлений горного давления. Недооценка некоторых факторов приводит к тому, что крепь оказывается неработоспособной даже в относительно благоприятных горно-геологических условиях.

Анализируя результаты научных наблюдений, большинство исследователей пришли к выводу, что никакая технологически выполнимая и экономически целесообразная рамная крепь выработок, проводимых в горных породах на больших глубинах, не может в полной мере противодействовать горному давлению, и поэтому бороться с образованием зон разрушения путем увеличения несущей способности крепи нецелесообразно [1, 2].

Основным направлением обеспечения устойчивости выработок снижения материалоемкости, трудоемкости и стоимости крепления является использование несущей способности породного массива (в совместной работе с крепью), что достигается своевременным заполнением пустот закрепного пространства твердеющими материалами соответствующей прочности, упрочнением массива цементацией и анкерованием.

В качестве основных расчетных данных для выбора типа и параметров анкерной крепи применяются: расчетная глубина размещения выработки, расчетное сопротивление сжатию породного массива, категория устойчивости пород.

К параметрам анкерной крепи относятся ее несущая способность, длина штанги, плотность установки анкеров, т.е. расстояние между рядами анкеров и между анкерами в ряду.

Исследование взаимодействия одиночного анкера, а тем более системы анкеров, с породным массивом аналитическими методами представляет очень непростую задачу, решение которой в достаточно корректной форме можно выполнить только путем численного моделирования.

Целью работы является изучение и определение размеров зоны влияния одиночного анкера на приконтурный массив при различных глубинах разработки и физико-механических характеристиках вмещающих пород.

Исследование влияния одиночного анкера на приконтурный массив выполнялось на основе изучения закономерностей изменения напряженно-деформированного состояния приконтурного массива пород и сводилось к определению ожидаемых смещений породного контура выработки.

Для решения поставленной задачи использовались численные методы механики деформируемого твердого тела. Они обладают наибольшей общностью при описании механических процессов в породных массивах и конструкциях, так как свободны от влияния частных факторов, отражающих специфику горнотехнической ситуации. Эти методы также позволяют исследовать механические процессы в более широком диапазоне, т.е. дают возможность не только качественно, но и количественно прогнозировать результаты проявления горного давления.

Методом конечных элементов моделировалась одиночная выработка прямоугольного сечения с линейными размерами: ширина – 6 м, высота – 3 м; расположенная в центре однородного массива (с размерами 50×50 м). Моделирование выполнялось в два этапа.

Решение реализовывалось на основе нелинейной деформационной модели среды с использованием процедуры “переменных параметров упругости”, позволяющей итерационным путем отразить связь между напряжениями и деформациями согласно реальной диаграмме сжатия образца горной породы.

*Этап I.* Для исследований определено 7 вариантов: выработка закреплена одиночным анкером, установленным в центральной части кровли. Глубина заложения выработки 1000 м, что соответствует горному давлению 25 МПа. Во время выполнения моделирования изменялись физико-механические параметры породного массива ( $R_c = 20 \dots 80$  МПа,  $R_p = 2 \dots 8$  МПа,  $E = 7350 \dots 22769$  МПа,  $\mu = 0,21 \dots 0,23$ ). Для моделирования сталеполимерной анкерной крепи использовались линейные элементы. Параметры анкера: длина 3 м, модуль упругости  $2 \cdot 10^6$  МПа и коэффициент Пуассона 0,35.

По результатам расчетов построены зависимость изменения величины зоны влияния  $b_a$  одиночного анкера на приконтурный массив при различных физико-механических параметрах пород (рис. 1).

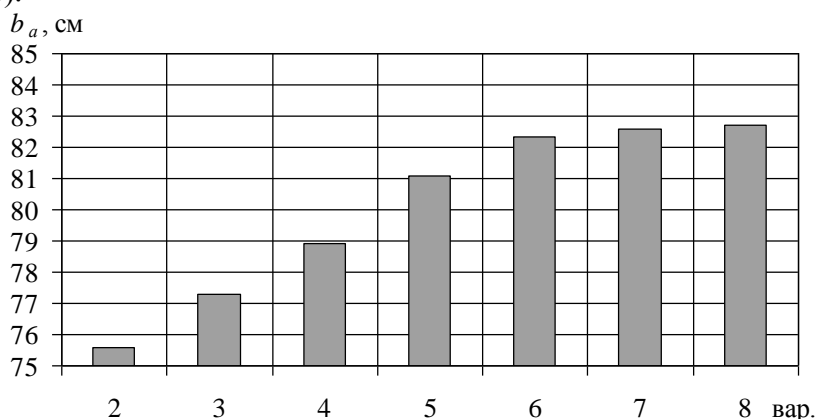


Рисунок 1 – Зависимость изменения величины зоны влияния одиночного анкера на приконтурный массив при различных физико-механических параметрах пород

Анализируя полученные результаты можно сделать следующие выводы:

- перемещения в районе анкера на 8...25% меньше, чем максимальные на контуре, в зависимости от физико-механических параметрах пород;
- максимальные перемещения на контуре выработки уменьшаются от 76,9 см до 19,9 см при изменении  $R_c = 20 \dots 80$  МПа;
- при изменении  $R_c = 20 \dots 80$  МПа зона влияния одиночного анкера  $b_a$  увеличивается с 75,6 см до 82,7 см (рис. 1);
- влияние прочностных свойств массива на величину  $b_a$  в пределах  $R_c = 20 \dots 80$  МПа составляет всего 9 %;
- изменение зоны влияния одиночного анкера на приконтурный массив при  $R_c = 20 \dots 60$  МПа составило 94%, дальнейшее увеличение прочностных свойств породного массива величину  $b_a$  изменяют незначительно (рис. 1).

*Этап II.* Для исследования определены 7 вариантов: выработка закреплена одиночным анкером (длиной 3 м), установленным в центральной части кровли. Физико-механические параметры породного массива: модуль упругости  $E = 9000$  МПа, коэффициент Пуассона  $\mu = 0,23$ , предел прочности на сжатие  $R_c = 40$  МПа, предел прочности на растяжение  $R_p = 4,0$  МПа, плотность пород  $\gamma = 2,5$  т/м<sup>3</sup>. Во время выполнения моделирования изменялась глубина заложения выработки  $H = 400 \dots 1000$  м. При моделировании использовались программный продукт, разработанный на кафедре строительства и геомеханики, и «Phase-2».

По результатам расчетов построены зависимости изменения величины зоны влияния  $b_a$  одиночного анкера на приконтурный массив от глубины заложения выработки при постоянных длине анкера и физико-механических параметрах пород (рис. 2).

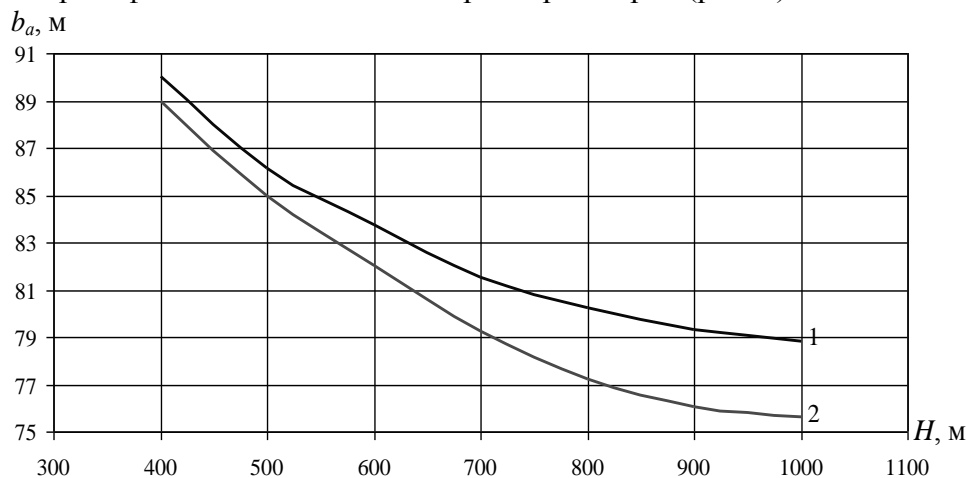


Рисунок 2 – Зависимости изменения величины зоны влияния  $b_a$  одиночного анкера на приконтурный массив от глубины заложения выработки: 1 – результаты по ПП кафедры СГМ; 2 – результаты по «Phase-2»

Сопоставляя полученные результаты можно сделать следующие выводы:

- перемещения в районе анкера на 20...30% меньше, чем максимальные на контуре, не зависимо от глубины;

- максимальные перемещения на контуре выработки увеличиваются с 19,2 см до 56,2 см, в районе анкера с 15,6 см до 45,3 см с увеличением глубины от 400 м до 1000 м;

- при изменении глубины заложения выработки 400...1000 м зона влияния одиночного анкера  $b_a$  уменьшается с 90 см до 78,8 см (15%) кривая 1 и с 89 см до 75,6 см (17%) кривая 2 (рис. 2);

- как видно из рис. 2 графики изменения зоны влияния одиночного анкера, полученные различными ПП, обладают подобием, с расхождением значений 1...4%;

- при изменении глубины заложения выработки от 400 до 850 м уменьшение зоны влияния одиночного анкера  $b_a$  составляет 91%, от 850 м до 1000 м – 9%, начиная с 850 м кривые выполаживаются и величина зоны влияния одиночного анкера изменяется незначительно с увеличением глубины (рис. 2).

Таким образом, зона влияния одиночного анкера, установленного в центральной части кровле выработки, которая расположена в однородном породном массиве, при изменении  $R_c = 20...80$  МПа – 75,6...82,7 см; при изменении глубины заложения выработки 400...1000 м – 90...78,8 см.

Дальнейшие исследования будут направлены на изучение влияния одиночного анкера на неоднородный приконтурный массив.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Булат А.Ф. Опорно-анкерное крепление горных выработок угольных шахт / А.Ф. Булат, В.В. Виноградов. – Днепропетровск: Ин-т геотехнической механики НАН Украины, 2002. – 372 с.
2. Литвинский Г.Г. Стальные рамные крепи горных выработок / Литвинский Г.Г., Гайко Г.И., Кулдыркаев Н.И. – К.: Техніка, 1999. – 216 с.