

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЗОНЫ ВЛИЯНИЯ ОДИНОЧНОГО АНКЕРА, УСТАНОВЛЕННОГО В ОДНОРОДНОМ ПРИКОНТУРНОМ МАССИВЕ

Р.Н. Терещук, Государственный ВУЗ «Национальный горный университет», Украина

Приведены результаты математического моделирования выработки, расположенной в однородном породном массиве и закрепленной одиночным анкером. Определены зоны влияния одиночного анкера на приконтурный массив от длины анкера, глубины заложения выработки и физико-механических характеристик пород.

Введение. С каждым годом приобретает все большую актуальность проблема обеспечения устойчивости подземных горных выработок. В связи с быстрым углублением горных работ, ухудшением горно-геологических условий и ростом общей протяженности выработок данное звено горного предприятия оказывает все большее влияние на технико-экономические показатели работы шахт.

На практике часто отказываются от применения мероприятий по повышению устойчивости выработок вследствие необходимости дополнительных затрат, однако потери в итоге оказываются неоправданно большими. Это обусловлено наличием косвенных потерь от ухудшения состояния выработок, прежде всего по условиям транспорта и вентиляции.

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 крепного пространства твердеющими материалами соответствующей прочности, упрочнением массива цементацией и анкерованием.

Крепление горных выработок анкерной крепью является прогрессивным и эффективным способом поддержания их устойчивости. Однако обоснование параметров анкерного крепления до сих пор остается нерешенной до конца проблемой.

Анкерная крепь применяется как самостоятельная, так и в сочетании с другими видами крепи: набрызгбетонной (с возможным усилением металлическими элементами или сеткой), монолитной бетонной (железобетонной), металлобетонной, тубинговой, блочной, обеспечивая устойчивое состояние выработок. Анкеры самостоятельно или с металлической сеткой могут применяться также в качестве временной ограждающей крепи.

Анкерная крепь представляет собой систему закрепленных в шпурах штанг, расположенных определенным образом в окружающих выработку породах и предназначенных вместе с поддерживающими элементами для упрочнения массива пород и повышения устойчивости его обнажений.

Принципиальная особенность такой крепи состоит в том, что штанги, упрочняя массив пород, позволяют максимально использовать его собственную несущую способность, благодаря чему в большинстве случаев отпадает надобность в применении обычных поддерживающих видов крепи или существенно уменьшается необходимая ее несущая способность. Анкерная крепь при правильном применении позволяет с минимальными затратами материалов и труда обеспечить охрану и поддержание выработок в эксплуатационном состоянии в разнообразных горно-геологических условиях при слоистых и неслоистых трещиноватых породах вне зоны и

в зоне влияния очистных работ, в выработках различных форм поперечного сечения, в качестве постоянной или временной крепи, самостоятельно или в сочетании с другими видами крепи. Другими важными преимуществами анкерного крепления является снижение частоты случаев выхода выработок из рабочего состояния, повышение уровня безопасности работ по их обслуживанию, сокращение численности рабочих, занятых на креплении.

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.

Цель работы – изучить и определить размеры зоны влияния одиночного анкера на приконтурный массив при различной длине анкера, различных глубинах разработки и физико-механических характеристиках вмещающих пород.

Материалы и результаты исследований. 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.

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 три этапа.

Схема к определению зоны влияния b_a одиночного анкера и расчетная схема для исследования влияния одиночного анкера на приконтурный массив приведены в работах [3, 4].

Этап I. Для исследования определены 10 вариантов: 1 вариант – выработка без крепи, 2-10 варианты – выработка закреплена одиночным анкером, установленным в центральной части кровли.

Физико-механические параметры породного массива: модуль упругости $E = 7950$ МПа, коэффициент Пуассона $\mu = 0,23$, предел прочности на сжатие $R_c = 30$ МПа, предел прочности на растяжение $R_p = 3,0$ МПа, плотность пород $\gamma = 2,5$ т/м³. 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. Глубина заложения выработки 400 м, что соответствует горному давлению 10 МПа. Во время выполнения моделирования в вариантах 2-10 изменялась длина анкера $l_a = 1 \dots 5$ м.

По результатам расчетов построена зависимость изменения величины зоны влияния b_a одиночного анкера на приконтурный массив от длины анкера l_a рис. 1.

Сопоставляя полученные результаты можно сделать следующие выводы:

– с установкой анкера, вокруг него образуется область непосредственно связанных с ним пород кровли выработки;

– зона максимальных перемещений разделяется на две части и смещается от центра к бокам выработки;

– перемещения в районе анкера на 6...30% меньше, чем максимальные на контуре;

– размеры зоны влияния одиночного анкера длиной 2,5 м составили 1,25 м, тогда как рациональная зона влияния – 1,04 м;

– при изменении длины анкера l_a от 1 м до 5 м рациональная зона влияния одиночного анкера b_a увеличивается с 38 см до 154 см (рис. 1);

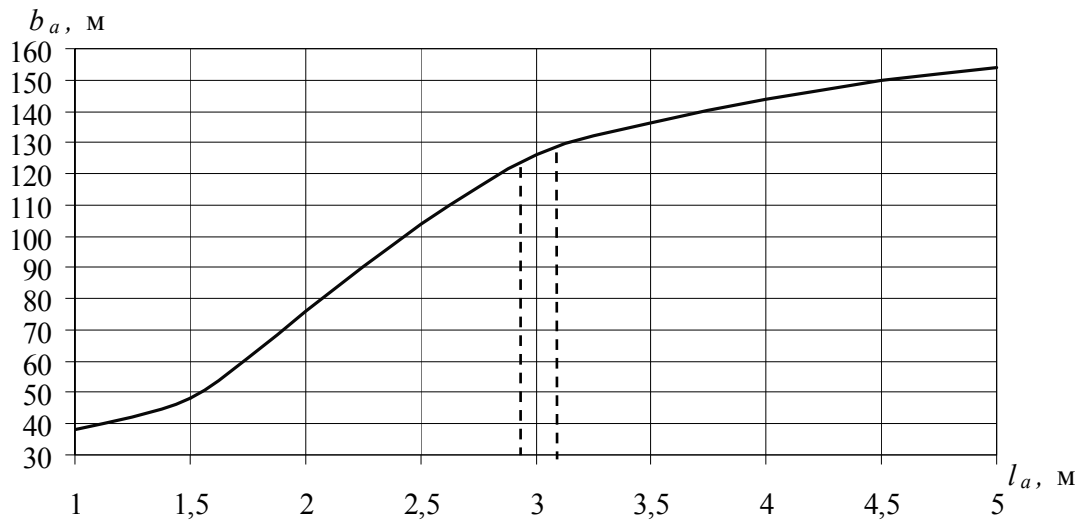


Рис. 1. Зависимость изменения рациональной величины зоны влияния одиночного анкера на приконтурный массив от длины анкера

– основное влияние по уменьшению перемещений на контуре выработки оказывает анкер длиной около 3 м, при этом реализуется 76% зоны влияния;

– увеличение зоны влияния одиночного анкера при изменении длины анкера от 3 м до 5 м составило всего 24%.

Этап II. Для исследований определено 3 ситуации по 7 вариантов: выработка закреплена одиночным анкером (длиной 2, 2,5 и 3 м), 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, $\mu = 0,21 \dots 0,23$).

По результатам расчетов построены зависимость изменения рациональной величины зоны влияния b_a одиночного анкера на приконтурный массив при различных физико-механических параметрах пород (рис. 2).

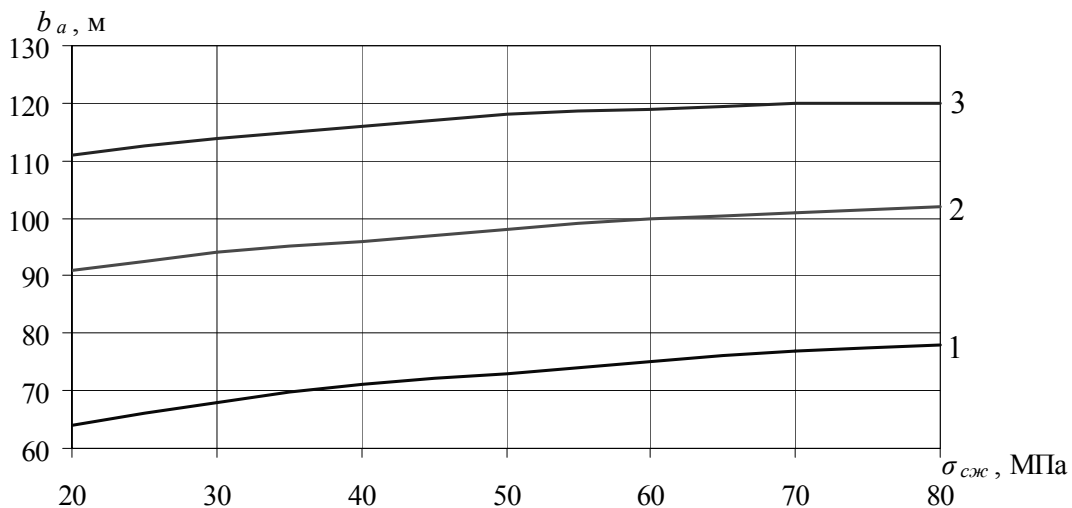


Рис. 2. Зависимость изменения рациональной величины зоны влияния одиночного анкера на приконтурный массив при различных физико-механических параметрах пород:

1 – $l_a = 2$ м, 2 – $l_a = 2,5$ м, 3 – $l_a = 3$ м

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 рациональная зона влияния одиночного анкера b_a увеличивается при: $l_a = 2$ м с 64 см до 78 см (21,9%) кривая 1, $l_a = 2,5$ м с 91 см до 102 см (12,1%) кривая 2, $l_a = 3$ м с 111 см до 120 см (8,1%) кривая 3 (рис. 2);
- изменение зоны влияния одиночного анкера на приконтурный массив при $R_c = 20 \dots 60$ МПа составило 90%, дальнейшее увеличение прочностных свойств породного массива величину b_a изменяют незначительно (рис. 2).

Этап III. Для исследования определены 4 ситуации по 7 вариантам: выработка закреплена одиночным анкером (длиной 2, 2,5 и 3 м), установленным в центральной части кровли. Физико-механические параметры породного массива: модуль упругости $E = 7950$ МПа, коэффициент Пуассона $\mu = 0,23$, предел прочности на сжатие $R_c = 30$ МПа, предел прочности на растяжение $R_p = 3,0$ МПа, плотность пород $\gamma = 2,5$ т/м³. 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 рациональной величины зоны влияния b_a одиночного анкера на приконтурный массив от глубины заложения выработки при постоянных длине анкера и физико-механических параметрах пород (рис. 3).

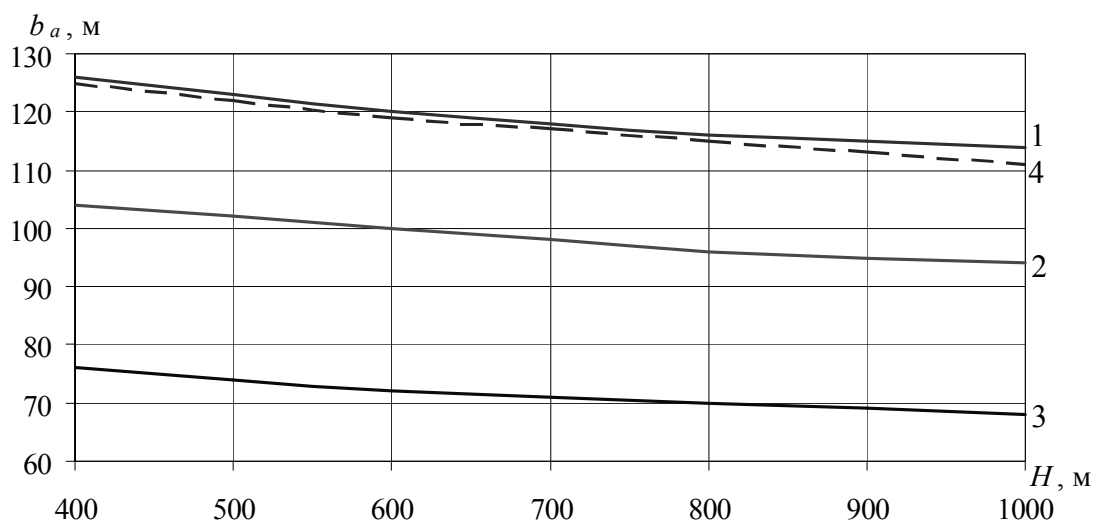


Рис. 3. Зависимости изменения рациональной величины зоны влияния b_a одиночного анкера на приконтурный массив от глубины заложения выработки: 1, 2, 3 – результаты по ПП кафедры СГМ ($l_a = 3, 2,5$ и 2 м); 4 – результаты по «Phase-2» ($l_a = 3$ м)

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 13,5 см до 45,3 см ($l_a = 2, 2,5$ и 3 м) с увеличением глубины от 400 м до 1000 м;
- при изменении глубины заложения выработки 400...1000 м рациональная зона влияния одиночного анкера b_a уменьшается при: $l_a = 3$ м с 126 см до 114 см (9,5%) кривая 1 и с 125 см до 111 см (11,2%) кривая 4, $l_a = 2,5$ м с 104 см до 94 см (9,6%) кривая 2, $l_a = 2$ м с 76 см до 68 см (10,5%) кривая 3 (рис. 3);
- как видно из рис. 3 изменения зоны влияния одиночного анкера, полученные различными ПП, обладают подобием (кривые 1 и 4), с расхождением значений 1...4%;
- при изменении глубины заложения выработки от 400 до 850 м уменьшение рациональной зоны влияния одиночного анкера b_a составляет 92%, от 850 м до 1000 м – 8%, начиная с

850 м кривые выполаживаются и величина зоны влияния одиночного анкера изменяется незначительно с увеличением глубины (рис. 3).

Выводы. Рациональная зона влияния одиночного анкера, установленного в центральной части кровле выработки, которая расположена в однородном породном массиве, при изменении длины анкера 1...5 м составляет 38...154 см. Рациональная длина анкера составляет около 3,0 м при этом размер зоны влияния одиночного анкера равен 126 см; при изменении $R_c = 20...80$ МПа – 111 ...120 см; при изменении глубины заложения выработки 400...1000 м – 126...114 см.

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

Список литературы

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.
3. Терещук Р.Н. Определение зоны влияния одиночного анкера на однородный приконтурный массив / Р.Н. Терещук // Зб. наук. пр. Проблеми гірського тиску. – Донецьк: ДонНТУ, 2011. – №19. – С. 183-195.
4. Терещук Р.Н. К вопросу о зоне влияния одиночного анкера на деформации приконтурного массива / Р.Н. Терещук, К.В. Кравченко // Матеріали міжнародної конференції (12-15 жовтня 2011 р.) «Форум гірників-2011». – Д.: ДВНЗ «Національний гірничий університет», 2011. – С. 231-235.