

УДК 622.831.312

ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АНКЕРНОЙ КРЕПИ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ КОНВЕЙЕРНОГО ШТРЕКА

Павленко Ю. В., студент гр. РПМ-13б,

Галиулин Э. А., студент гр. РПМ-16,

Соловьев Г. И., канд. техн. наук, доц., науч. рук.,

Голембиевский П. П., канд. техн. наук, доц., науч. рук.

(ГОУВПО «ДОННТУ» г. Донецк, ДНР)

gisoloviev@gmail.com

Представлены результаты лабораторных исследований на структурных моделях для оценки эффективности применения анкерной усиливающей крепи для обеспечения устойчивости конвейерного штрека. Установлено, что с увеличением количества установленных на контуре выработки сталеполлимерных анкеров с одного до пяти обеспечивается снижение вертикальных смещений кровли соответственно в 1,2 и 1,66 раза.

Ключевые слова: лабораторные исследования, структурная модель, сталеполлимерный анкер, арочная крепь, смещения пород кровли, пружинный динамометр, датчик трения, репер.

Актуальность работы. Анализ условий отработки угольных пластов на больших глубинах, показывает, что основную часть непроизводительных расходов составляют затраты на обеспечение устойчивости подготовительных выработок. Большая часть проводимых выработок требует ремонта до ввода их в эксплуатацию. За период эксплуатации выработки подвергаются 2–4-кратной подрывке почвы и перекреплению отдельных ее участков. Кроме материальных затрат на перекрепление 1 м выработки задалживается от 4,8 до 5 чел.-см, что в 1,3–1,4 раза превышает трудоемкость проведения 1 м выработки.

Решение проблемы поддержания выработок путем проведения выработок завышенного сечения и увеличения податливости крепи за счет применения пятизвенной металлической арочной крепи не дает ощутимых результатов. Большая податливость крепи дает возможность нарушенным породам свободно расслаи-

ваться и разрыхляться, что не создает условий для вовлечения нарушенных пород приконтурной зоны в работу по охране выработок. Роль крепи сводится к пассивному поддержанию многометровой зоны разрыхленных пород [1–4].

В Донбассе и за рубежом накоплен положительный опыт активного управления приконтурными разрушенными породами за счет применения анкерного крепления, формирующего породонесущую конструкцию из окружающего породного массива. Обоснование параметров и технологии применения анкерной крепи производится с использованием традиционной концепции о роли анкерной крепи как силового элемента для достижения эффекта «сшивки» и «подшивки» разрушенных пород к ненарушенному массиву. Такой подход не позволяет полностью использовать потенциальные возможности анкерной крепи, которая способна выполнять роль не только силового элемента, препятствующего разрыхлению пород, но и как элемента увеличивающего сцепление между отдельными блоками разрушенных пород и способствующего изменению вида напряженного состояния разрушенных пород от одно до двух и трехосного.

Для сохранения устойчивости конвейерного штрека позади отработываемого обратным ходом очистного забоя и использования его для повторного использования в качестве вентиляционной выработки при последующей отработке смежной лавы в условиях шахты «Покровская» (бывшая «Красноармейская – Западная» №1) был испытан комбинированный способ охраны конвейерного штрека литыми полосами и системой сталеполлимерных анкеров [5].

Конвейерный штрек охранялся литой полосой шириной 1,4 м в сочетании с установкой 12–14 сталеполлимерных анкеров по кровле выработки. Химические анкера длиной 3,0 м в количестве 8–10 штук устанавливались веерным способом в проходческом забое с наклоном на 10° в сторону подвигания лавы. За 40 – 50 м до лавы производилась дополнительная установка четырех спаренных вертикальных сталеполлимерных анкеров-подхватов для обеспечения снятия стоек арочной крепи при передвижке вынесенного на штрек привода забойного скребкового конвейера.

Данный комбинированный способ позволил обеспечить устойчивое состояние пород кровли конвейерного штрека. Однако из-за интенсивного выдавливания пород почвы (чему в значи-

тельной степени способствовало и наличие на бровке лавы жесткой литой полосы, воздействующей на породы почвы как штамп), сразу за проходом лавы производилась двукратная подрывка почвы на общую глубину 2,0 м.

Головной организацией по разработке нормативной отраслевой документации по проблеме применения анкерной крепи является Институт геотехнической механики (г. Днепропетровск). Наряду с традиционной концепцией работы анкерной крепи как силового элемента в схемах «сшивки» и «подшивки» разрушенных пород к не нарушенному массиву в последние годы ИГТМ предложил и разрабатывает концепцию объемного армирования вмещающего выработку горного массива системой радиально устанавливаемых параллельных рядов сталеполимерных анкеров [6]. ИГТМ в 2008 г. разработал и в 2015 г. переиздал отраслевые стандарты «Система обеспечения надежности и безопасности функционирования горных выработок с анкерной крепью»

Значительный вклад в изучение особенностей механизма деформирования боковых пород на контуре подготовительных выработок при использовании анкерной крепи внесли ученые кафедры РПМ ГОУВПО «ДонНТУ» [7, 8].

Предложена новая концепция пространственного взаимодействия анкерной крепи с массивом горных пород. Применение объемной схемы расположения анкеров в кровле и боках подготовительной выработки позволило создать в массиве «анкерные породо-армирующие системы», обеспечивающие максимальное использование несущей способности массива для обеспечения устойчивости выработок при малых материальных и трудовых затратах. Это позволило существенно расширить область применения анкерной крепи как самостоятельной конструкции. Была разработана методика для расчета рациональных параметров «анкерных породо-армирующие систем», обеспечивающих при минимальном количестве анкеров максимальное использование несущей способности породного массива для обеспечения устойчивости выработок с анкерным и комбинированным рамно-анкерным креплением [6]. На основе принятой концепции был разработан и успешно опробован на производстве ряд способов обеспечения устойчивости подготовительных выработок глубоких шахт [7].

Одной из возможных альтернатив применению рассмотренных выше способов крепления выработок анкерными системами является применение рамно-анкерной крепи в сочетании с продольно-балочной крепью усиления, успешное применения которых было осуществлено сотрудниками кафедры РПМ на шахтах «Южнодонбасская №3» и им. Е. Т. Абакумова.

Применение этой комбинированной крепи усиления на шахте «Южнодонбасская №3» позволило снизить вертикальные смещения пород кровли в вентиляционном ходке 4-й восточной лавы пласта c_{11} в 1,7 и 2,9 раза соответственно при использовании одной жесткой балки с одним рядом и двух балок с двумя рядами сталеполимерных анкеров по сравнению с шахтной технологией поддержания [8]. Использование двойной продольно-балочной крепи усиления в сочетании с четырьмя радиальными химическими анкерами позволило снизить вертикальные смещения кровли конвейерного штрека 4-й западной лавы пласта m_3 шахты им. Е. Т. Абакумова в 2,2 раза [9].

В настоящее время в условиях дефицита финансовых ресурсов особо остро стоит вопрос выбора малозатратных и ресурсосберегающих технологий поддержания и охраны подготовительных выработок.

Целью работы является обоснование эффективности применения анкерной усиливающей крепи, обеспечивающей устойчивость конвейерного штрека в зоне влияния очистных работ с использованием структурного моделирования на плоском стенде.

Моделируемый участок массива соответствовал горно-геологическим условиям расположения конвейерного штрека 2-й западной лавы пласта h_{10} «Ливенский» шахты им. М. И. Калинина. Конвейерный штрек располагался на глубине 1150 м. Он проводился буровзрывным способом тупиковым забоем с опережением лавы не более 20,0 м. Поперечное сечение конвейерного штрека в проходке и после осадки соответственно составляло $27,8 \text{ м}^2$ и $12,8 \text{ м}^2$. В качестве основной крепи использовалась металлическая арочная крепь КМП-А5-12,8.

Моделирование осуществлялось на плоском стенде, который представлял собой выполненную из отрезков швеллеров № 5 жесткую рамную конструкцию (рис. 1) с линейными разме-

рами $0,62 \times 0,50 \times 0,05$ м, которые при выбранном геометрическом масштабе моделирования 1:50 позволили обеспечить соблюдение граничных условий и избежать искажения результатов моделирования.

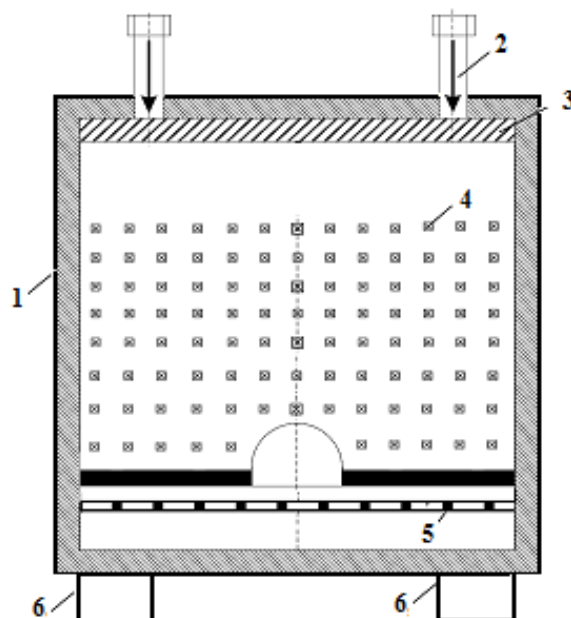


Рис. 1. Конструкция стенда для структурного моделирования:
1 – корпус стенда; 2 – прижимные винты; 3 – подвижная прижимная планка; 4 – реперы; 5 – датчики трения; 6 – опоры стенда

Боковой опалубкой с задней стороны модели являлся лист фанеры толщиной 0,01 м, а с передней стороны – лист плексиглаза толщиной 0,008 м. Основание модели и боковые стенки были жестко соединены между собой, а верхняя часть (крышка) была выполнена съемной. Она соединялась с боковыми стойками с помощью четырех винтов (по 2 винта с каждой стороны).

В верхней части стенда были расположены 2 прижимных винта (рис. 1), которые передавали усилия на подвижную прижимную планку, равномерно нагружавшую эквивалентный материал модели.

Подбор эквивалентного материала осуществлялся исходя из требований механического подобия, сущность которого сводилась к определению линейных параметров модели [11–12]. Для эквивалентного материала, имитирующего породы кровли как зернистую среду, использовались деревянные цилиндры

длиной равной 0,025 м и диаметром равным 0,008; 0,011; 0,014; 0,017; 0,02 м.

Арочная крепь моделировалась конструкцией из трех элементов – верхняка и двух стоек. Элементы изготавливались из полосы латунной фольги шириной 10 мм. Замки имитировались при помощи полосы алюминиевой фольги шириной 6 мм и полосы изоляционной ленты такой же ширины и двух витков медной проволоки диаметром 0,001 м. Соединение элементов крепи производилось внахлестку. В зависимости от усилий затяжки изоляционной ленты на соединении верхняка с ножками была определена податливость рамы, которая начиналась при нагружении до 80 % от предельной несущей способности (при 0,0007–0,0008 МПа).

Затяжка крепи моделировалась полоской вошеной бумаги длиной 20 мм, шириной 5 мм и толщиной 0,8 мм. Во всех четырех моделях охрана конвейерного штрека осуществлялась бутовой полосой шириной 9,0 м.

Для измерения смещений толщи пород при сооружении модели в маркирующих слоях кровли располагались 8 рядов реперов по 13 штук в каждом из них (рис. 1).

Из-за небольшой высоты стенда для принятого геометрического масштаба отсутствовала возможность моделирования всей толщи пород, залегающей над выработкой вплоть до поверхности. Поэтому вес недостающей части толщи горных пород заменялся пригрузкой, которая осуществлялась двумя прижимными винтами, располагаемыми в верхней части стенда (рис. 1).

При линейных размерах стенда 0,62×0,50×0,05 м с учетом геометрического масштаба моделирования ($l_m / l_n = 1 / 50$) рассматривалась часть горного массива с размерами 25,0×22,0×1,25 м. Высота выработки была принята равной 0,1 м (5,0 в натуре).

Для измерения нагрузок на основную крепь в модели в почве пласта на расстоянии 0,03 м ниже выработки располагались 22 датчика трения конструкции Н. И. Зори [13]. Датчики были изготовлены из полосок металлической ленты шириной 0,007 м, расположенной между двумя отрезками стекла с размерами 0,05×0,01 м. Отрезки стекла со вставленным между ними металлическим полотном соединялись между собой двумя витками

изоляционной ленты. На концах металлического полотна датчика имелись отверстия, в которых были закреплены кольца из тонкой стальной проволоки диаметром 0,0015 м, при помощи которых датчик соединялся с динамометром.

Длина полотна каждого датчика составляла 0,12 м. Датчик фиксировался в модели с помощью двусторонних упоров, выполненных из тонкой жести, закрепленных на внешних сторонах стекол изоляционной ленты. Датчики по длине модели располагались в один ряд с размещением их под стойками основной крепи выработки.

Замеры давления в моделях осуществлялись динамометрами в виде пружинных весов (типа «Кантор»), обычно применяемых в практике эквивалентного моделирования [11–13]. Для удобства выполнения замеров на этих весах была снято верхнее стекло и добавлена нижняя стрелка-указатель, располагающаяся под рабочей стрелкой весов. При взвешивании стрелка-указатель перемещалась стрелкой динамометра на максимальное значение и оставалась на месте после прекращения замера и возвращения на нулевую позицию основной стрелки весов.

Крутящий момент на прижимном винте идет на преодоление момента, создаваемого силой трения торца гайки о неподвижную опорную поверхность стягиваемых деталей и момента сопротивления в резьбе:

$$M_{KL} = M_R + M_T, \quad (1)$$

где M_R – момент, необходимый для создания осевого усилия и преодоления трения в резьбе, Н·м;

M_T – момент сил трения на торцевой поверхности гайки, головки винта или его упорного конца, Н·м.

Момент трения можно определялся как:

$$M_T = F_{ZAT} \cdot f_T \cdot R_{TR}, \quad (2)$$

где F_{ZAT} – усилие затяжки, Н;

f_T – коэффициент трения по торцу;

R_{TR} – приведенный радиус трения, значение которого зависит от формы торца, м. Для плоского кольцевого торца приведенный радиус трения определялся как:

$$R_{TP} = \frac{1}{3} \frac{(D_0^3 - d_0^3)}{(D_0^2 - d_0^2)}, \quad (3)$$

где d_0 – диаметр сверления под болт, м;

D – диаметр опорной поверхности гайки и винта, который был принят равным размеру «под ключ», м;

Момент сопротивления в резьбе определялся как:

$$M_R = F_{ZAT} \cdot 0,5d_2 \cdot \operatorname{tg}(\beta + \rho), \quad (4)$$

где d_2 – средний диаметр резьбы, м, который определялся из выражения:

$$d_2 = d - \frac{3}{4}H, \quad (5)$$

H – вспомогательный параметр для расчета геометрии резьбы, м.

$$H = P \cdot \sin\left(\frac{\pi}{3}\right), \quad (6)$$

где P – шаг резьбы, м;

β – угол подъема винтовой линии, град.

$$\beta = \operatorname{arctg}\left(\frac{P}{\pi \cdot d_2}\right), \quad (7)$$

ρ – угол трения резьбовой пары, град.

$$\rho = \operatorname{arctg}(f_R), \quad (8)$$

где f_R – коэффициент трения сопрягаемых деталей.

Подставляя в выражение (1) выражения (2) и (4) окончательно было получено:

$$M_{KL} = F_{ZAT} [0,5d_2 \cdot \operatorname{tg}(\beta + \rho) + f_T \cdot R_{TR}]. \quad (9)$$

Используя выражение (9) можно рассчитывалось усилие затяжки по заранее известному моменту затяжки или наоборот.

Таким образом, давления в модели, которое осуществлялось на эквивалентный материал двумя рабочими винтами через при-

жимную планку, можно определить как усилие затяжки винтов после преобразования выражения (9) с учетом (2–8):

$$F_{зат} = \frac{N_{винт} \cdot M}{0,5tg d_2 (\beta + \rho) + f_T \cdot \frac{1}{3} \cdot \frac{(D^3 - d^3)}{(D^2 - d^2)}} = \frac{N_{винт} \cdot B \cdot \Pi_{Круч}}{\left[0,5 \left(d - \frac{3}{4} H \right) tg \left\{ \arctg \left(\frac{P}{\pi \cdot d_2} \right) + \arctg (f_R) \right\} + f_T \cdot \frac{1}{3} \cdot \frac{(D^3 - d^3)}{(D^2 - d^2)} \right]} \quad (10)$$

После подстановки данных и проведения вычислений было получено:

$$F_{зат} = 208,13 \cdot N_{винт} \cdot B \cdot \Pi_{Круч}, \text{ Н}, \quad (11)$$

где $\Pi_{Круч}$ – усилие, прикладываемое к рабочим винтам при их закручивании пружинным динамометром;

B – плечо рычага рабочего винта, $B = 0,12$ м;

$N_{винт}$ – количество вертикальных рабочих винтов $N_{винт} = 2$.

$$F_{зат} = 50 \cdot \Pi_{Круч}, \text{ Н}, \quad (12)$$

Полученное выражение позволяет определить режим приложения нагрузки на обе структурные модели, который можно представить в виде табл. 1.

Таблица 1

Значения величины нагрузки на структурные модели

Название показателей	Суммарное усилие затяжки винтов в модели, Н												
	P ₀	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₆	P ₇	P ₈	P ₉	P ₁₀	P ₁₁	P ₁₂
Модель №1	10	50	100	150	200	250	300	350	400	–	–	–	–
Модель №2	10	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	–	–
Модель №3	10	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600

Для определения давления на крепь подготовительной выработки определялось усилие в датчиках трения.

Для этого использовалось выражение [17]:

$$F = k \cdot P, \text{ Н}, \quad (13)$$

где F – сила протягивания полотна датчика между двумя стеклами для преодоления сопротивления трению;

P – нормальное давление на датчик;

k – коэффициент трения скольжения, принимался равным 0,25.

Перед началом испытания модели с помощью динамометра измерялась сила сопротивления трению для каждого датчика. Давление на каждый датчик в нетронутом массиве определялось по формуле:

Давление на каждый датчик в массиве определялось как:

$$P = F / (k \cdot S_{\text{датч}}), \text{ кПа}, \quad (14)$$

где S – площадь датчика трения, м^2 ;

При выполнении замеров с помощью динамометра измерялась сила сопротивления трению для каждого датчика. Затем по формуле (14) определялось давление на каждый датчик в местах их заложения и на каждом из этапов приложения нагрузки в моделях.

Каждый замер давления представлял собой среднее значение из шести продергиваний динамометром металлического полотна датчика – по три раза с каждой стороны модели.

За период проведения лабораторных исследований по определению эффективности применения анкерной усиливающей крепи было отработано 4 структурных модели (рис. 1).

Во всех моделях рассматривалась выемочная выработка, условия расположения которой соответствовали условиям залегания конвейерного штрека 2-й западной лавы пласта h_{10} «Ливенский» шахты им. М. И. Калинина.

На начальном этапе отработки всех четырех моделей производилось начальное нагружение массива модели для создания в нем первоначального напряженного состояния. Для этого оба верхних рабочих винта поворачивались одновременно на один оборот с помощью пружинных динамометров до появления первых признаков смещений эквивалентного материала в модели. После перерасчета усилий затяжки модели верхними рабочими винтами согласно выражению (14) и данных табл. 1 было приня-

то, что величина первоначального давления в модели составляла $P_0 = 10 \text{ Н}$.

На рис. 2–5 представлены фотографии, иллюстрирующие режимы нагружения всех четырех моделей в начальном (а) и конечном (б) состоянии, при этом давление в моделях согласно табл. 1 варьировалось от 50 до 600 кПа.

В модели №1 охрана выемочной выработки осуществлялась бутовой полосой шириной 9,0 м и крепь усиления представляла собой один располагающийся по центру выработки вертикальный клиновой анкер длиной 3,0 м (рис. 2).

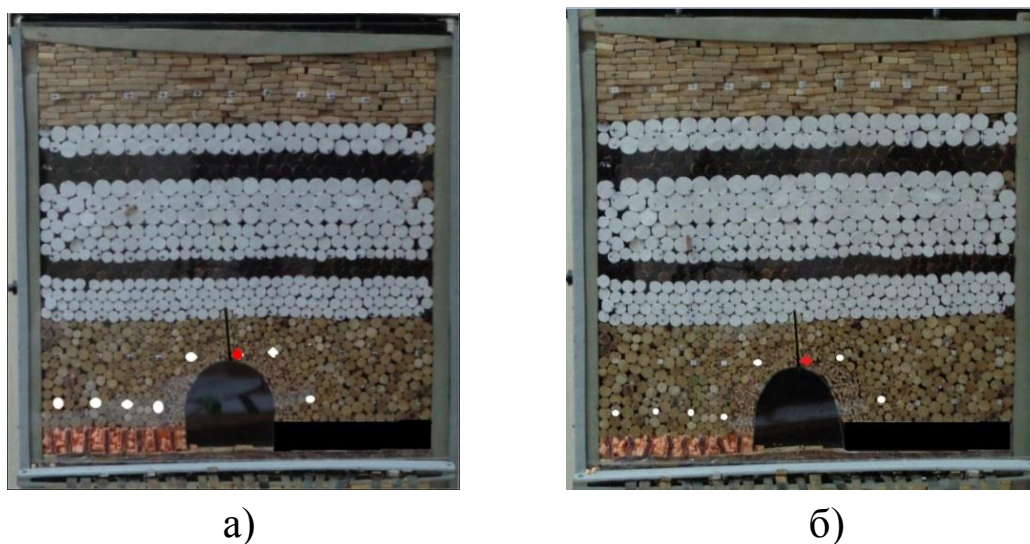


Рис. 2. Общий вид модели № 1 на начальном и конечном этапах нагружения для средней части выработки (репер № 6)

Закрепление клинового анкера в кровле выработки осуществлялось за счет жесткого соединения анкера с одним из деревянных цилиндров, который при выкладке остальных фрагментов кровли (деревянных цилиндров) располагался между ними.

Во второй модели вместо клинового применялся сталеполимерный вертикальный анкер длиной 3,0 м также располагавшийся по центру выработки (рис. 3).

В третьей модели анкерная усиливающая крепь состояла из трех радиальных сталеполимерных анкеров длиной по 3,0 м (рис. 4), из которых средний располагался по центру выработки, а два боковых анкера были расположены по концам верхняка и имели наклон под углом 45° в разные стороны от вертикальной оси выработки.

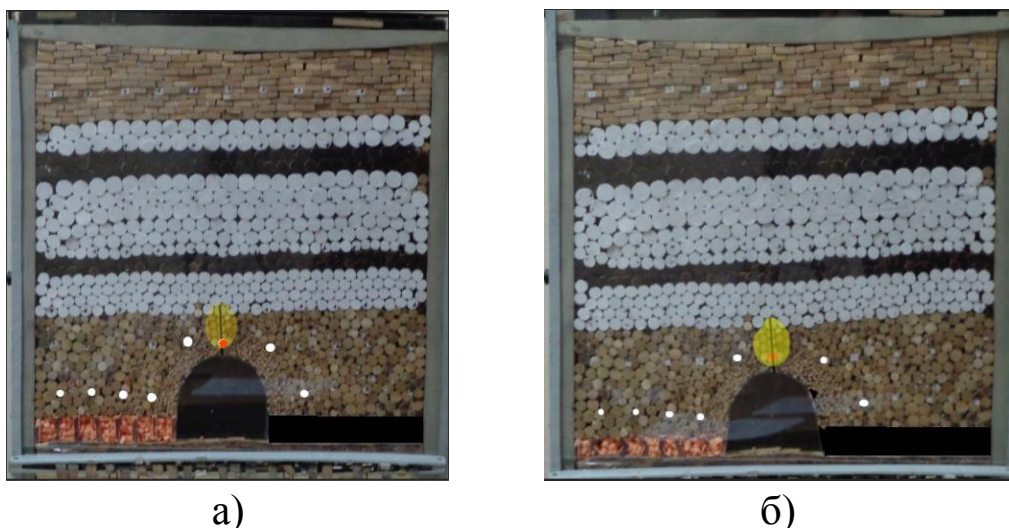


Рис. 3. Общий вид модели № 2 на начальном и конечном этапах нагружения для средней части выработки (репер № 6)



Рис. 4. Общий вид модели № 3 на начальном и конечном этапах нагружения для средней части выработки (репер № 6)

В четвертой модели усиливающая крепь состояла из пяти радиальных сталеполлимерных анкеров длиной по 3,0 м (рис. 5), Средний вертикальный анкер располагался в центре выработки.

Два верхних боковых анкера были расположены как в третьей модели по концам верхняк и имели наклон под 45° к вертикальной оси выработки. Два нижних боковых анкера располагались на расстоянии 1,0 м от угольного пласта и были направлены в разные стороны под углом 20° к напластованию пород.

Все анкера были изготовлены из тонкой стальной проволоки диаметром 0,001 м и длиной по 0,006 м. Сталеполлимерные анкера склеивались с породными фракциями клеем ПВА (рис. 5).

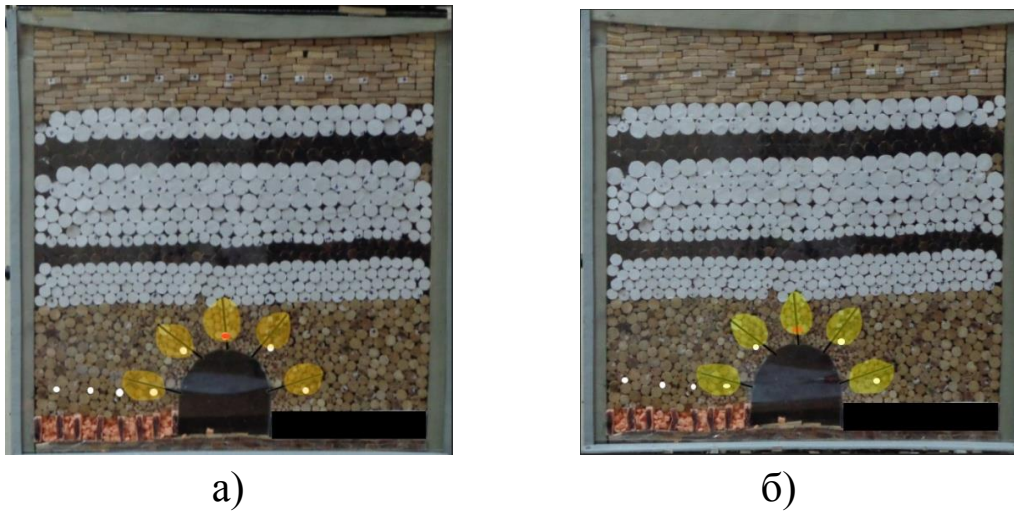


Рис. 5. Общий вид модели № 4 на начальном и конечном этапах нагружения для средней части выработки (репер № 6)

Результаты замеров величин смещений пород кровли в моделях № 1–4 представлены на рис. 6.

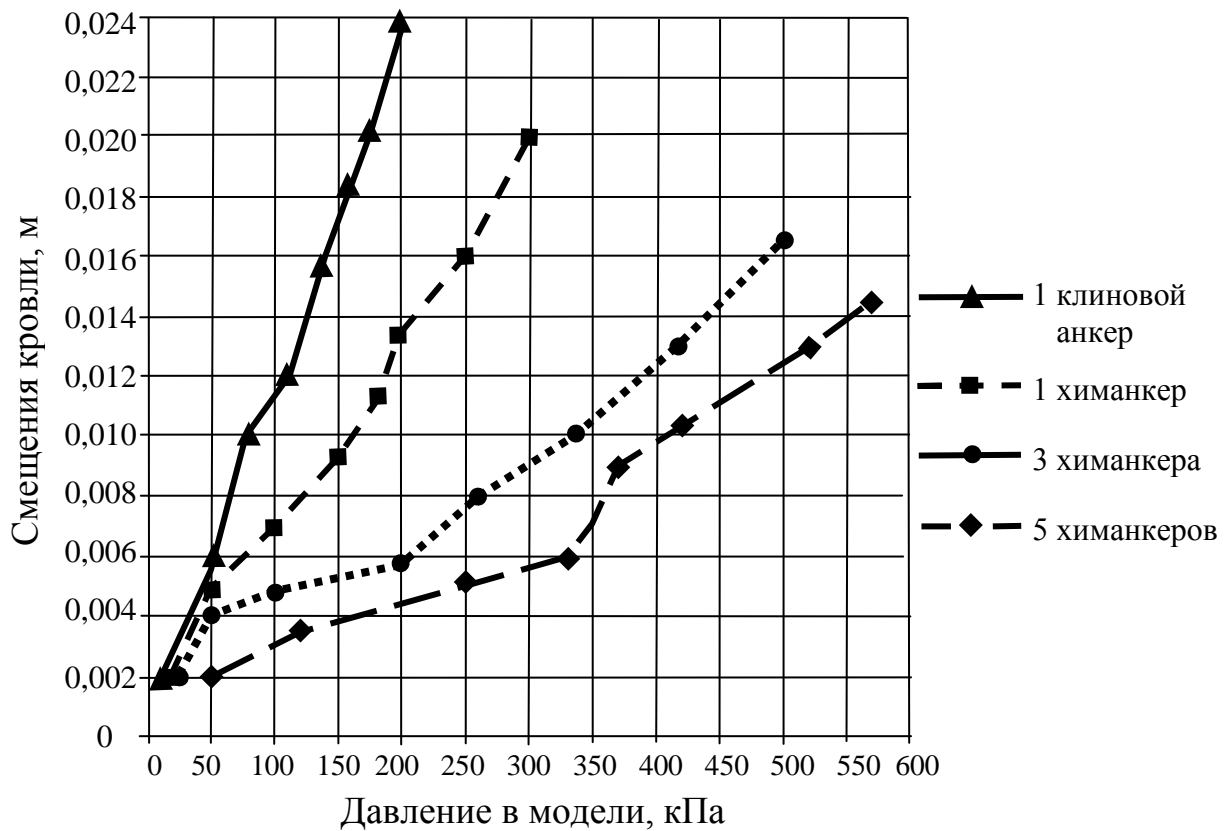


Рис. 6. Графики зависимостей смещений пород кровли от давления в моделях № 1, 2, 3 и 4

Выводы. Анализ полученных результатов показывает, что при усилении каждого комплекта арочной крепи выработки в модели № 1 одним вертикальным клиновым анкером происходит быстрый рост вертикальных смещений и при нагрузке всего лишь 200 кПа они достигают максимальной величины 0,024 м (1,2 м в натуре). При этом жесткость поддерживающей системы «арочная крепь – анкерная крепь усиления» составила 8333 кПа/м.

Установка в модели № 2 на каждом комплекте арочной крепи сталеполимерного вертикального анкера позволило при максимальном давлении на крепь 300 кПа снизить величину вертикальных смещений кровли до 0,02 м (1,0 м в натуре) или в 1,2 раза (на 20 %) по сравнению с первой моделью. Жесткость системы «арочная крепь – анкер» составила 15000 кПа/м или возросла в 1,8 раза (на 80 %).

Применение усиливающей крепи из трех радиальных сталеполимерных анкеров в модели № 3 позволило при максимальном давлении 500 кПа снизить величину вертикальных смещений кровли на контуре выработки до 0,0164 м (0,82 м в натуре) или в 1,46 раза (на 46 %) по сравнению с первой моделью. Жесткость системы «арочная крепь – анкер» при этом составила 30488 кПа/м или возросла в 3,65 раза (на 265 %).

Использование в качестве усиливающей крепи пяти сталеполимерных анкеров в модели № 4 позволило при максимальном давлении 570 кПа снизить величину вертикальных смещений кровли на контуре выработки до 0,0145 м (0,73 м в натуре) или в 1,66 раза (на 66 %) по сравнению с первой моделью. Жесткость системы «арочная крепь – анкер» при этом составила 39310 кПа/м или возросла в 4,72 раза (на 372 %).

Сравнивая полученные результаты, следует отметить, что при увеличении числа сталеполимерных анкеров с одного до трех (модели № 2 и 3) жесткость системы «комплект крепи – анкер» возросла в 2,03 раза, а смещения снизились в 1,22 раза. При увеличении числа анкеров с трех до пяти (модели № 3 и 4) жесткость системы «комплект крепи – анкер» возросла в 1,29 раза, а смещения снизились в 1,13 раза. Это позволяет сделать вывод о необходимости проведения дополнительных исследований для установления степени влияния анкерной крепи на смещения боковых пород.

Библиографический список

1. Заславский, И. Ю. Повышение устойчивости подготовительных выработок угольных шахт [Текст] / И. Ю. Заславский, В. Ф. Компанец, А. Г. Файвишенко, В. М. Клещенко. – М. : Недра, 1991. – 235 с.
2. Литвинский, Г. Г. Стальные рамные крепи горных выработок [Текст] / Г. Г. Литвинский, Г. И. Гайко, М. И. Кулдыркаев. – К. : Техника, 1999. – 216 с.
3. Бабиюк, Г. В. Управление надежностью горных выработок: монография [Текст] / Г. В. Бабиюк. – Донецк: «Світ книги», 2012. – 420 с.
4. Якоби, О. Практика управления горным давлением [Текст] / О. Якоби. – М. : Недра, 1987. – 566 с.
5. Байсаров, Л. В. Геомеханика и технология поддержания повторно используемых горных выработок [Текст] / Л. В. Байсаров, М. А. Ильяшов, А. И. Демченко. – Днепрпетровск: Лира, 2005. – 240 с.
6. Булат, А. Ф. Опорно-анкерное крепление горных выработок угольных шахт [Текст] / А. Ф. Булат, В. В. Виноградов ; Институт геотехнической механики НАН Украины. – Днепрпетровск: ИГТМ НАНУ, 2002. – 372 с.
7. Новиков, А. О. Метод расчета параметров анкерных породоармирующих систем для крепления горных выработок [Текст] / А. О. Новиков // Разработка рудных месторождений : научно-технический сборник / Криворожский технический университет. – Кривой Рог, 2010. – №93. – С. 260–264.
8. Новиков, А. О. Развитие научных основ управления устойчивостью выработок с использованием анкерных систем: автореф. дис. ... доктора техн. наук: 05.15.02 / Новиков Александр Олегович; ГВУЗ ДонНТУ. – Донецк, 2011 – 38 с.
9. Бондаренко, Ю. В. О влиянии жесткости каркасной крепи усиления на смещения пород кровли [Текст] / Ю. В. Бондаренко, Г. И. Соловьев, Е. В. Кублицкий, О. К. Мороз // Известия Донецкого горного института. – 2001. – № 1. – С.59–61.
10. Соловьев, Г. И. Особенности физической модели самоорганизации боковых пород на контуре выемочной выработки при продольно-жестком усилении арочной крепи [Текст] / Г. И. Соловьев // Науковий вісник НГУ. – Дніпропетровськ, 2006. – №1. – С. 11–18.
11. Кузнецов, Г. Н. Моделирование проявлений горного давления [Текст] / Г. Н. Кузнецов, М. Н. Будько, Ю. И. Васильев, М. Ф. Шклярский, Г. Г. Юревич. – Л. : Недра, 1968. – 280 с.
12. Глушихин, Ф. П. Моделирование в геомеханике [Текст] / Ф. П. Глушихин, Г. Н. Кузнецов, М. Ф. Шклярский и др. – М.: Недра, 1991. – 240 с.

13. Зоря, Н. М. Датчики давлений [Текст] / Н. М. Зоря, В. П. Стукальский. // Разработка месторождений полезных ископаемых. – М.: Недра, 1967. – №11. – С. 22–24.

Pavlenko Y. V., Galiulin E. A., Solovyev G. I., Golembievsky P. P.

(SEI HPE «Donetsk national technical university», Donetsk, DPR)

LABORATORY STUDIES OF THE EFFICIENCY USE OF ANCHOR SUPPORT TO ENSURE THE STABILITY OF CONVEYOR ROADWAY

Presents the results of laboratory studies on structural models of the effectiveness of the use of anchor reinforcing lining to ensure the stability of the conveyor roadway. It has been established that with an increase in the number of steel anchors installed on the contour of steel-polymer anchors from one to five, the vertical displacement of the roof decreases by 1.2 and 1.66 times, respectively.

Keywords: laboratory tests, structural model, steel-polymer anchor, arch support, roof rock displacements, spring dynamometer, friction sensor, mark.