

УДК 622.28.044:622.261.2

КАСЬЯН Н.Н., докт. техн. наук, профессор
НОВИКОВ А.О., докт. техн. наук, доцент,
ШЕСТОПАЛОВ И.Н., ассистент
КАМЕНЕЦ В.И., канд. техн. наук, доцент,
ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

ШАХТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОСОБЕННОСТЕЙ ДЕФОРМИРОВАНИЯ И РАЗРУШЕНИЯ ПОРОД, ВМЕЩАЮЩИХ ВЫРАБОТКИ С РАМНО-АНКЕРНОЙ КРЕПЬЮ

На основании анализа результатов наблюдений за смещениями пород на глубинных замерных станциях в трех подготовительных выработках шахты «Добропольская», установлены новые особенности деформирования системы «рама – оболочка из скрепленных анкерами пород»

Проблема и ее связь с научными или практическими задачами.

В настоящее время до 90 % горных выработок поддерживаются металлической арочной податливой крепью. До 25 % из них на шахтах Украины деформировано и нуждается в ремонте. Среди основных причин неудовлетворительного состояния выработок – низкая несущая способность рамной крепи, а также несоответствие ее технических характеристик горно-геологическим условиям применения.

Одним из перспективных направлений улучшения состояния крепи в выработках является ее усиление, в том числе за счет применения анкерования. В этой связи проведение исследований, направленных на установление особенностей деформирования массива, вмещающего выработки с комбинированной крепью для обоснования ее рациональных параметров, обеспечивающих устойчивое состояние поддерживаемых выработок, является актуальной научной задачей.

Анализ основных исследований и публикаций. В научно-технической литературе представлено большое количество исследований, посвященных изучению характера взаимодействия различных конструкций крепи с массивом. Это работы А.П. Широкова, В.Т. Глушко, А.А. Борисова, Н.И. Мельникова, Л.М. Ерофеева, А.Н. Зорина, И.А. Ковалевской, Б.К. Чукуна, А.В. Ремезова, И.А. Юрченко, А.Н. Шашенко, В.В. Виноградова, А. Югона, А. Коста и др.

Выполненный анализ работ, посвященных изучению взаимодействия комбинированной крепи и массива, а также разработке методик расчета их параметров, позволил авторам разделить их на 3 большие группы:

– первая группа работ учитывает наличие, усиливающей раму, анкерной крепи коэффициентом уменьшения смещений, который вводится в формулы для расчета ожидаемых смещений контура выработки и зависит от плотности установки анкеров [1];

– вторая группа работ рассматривает рамную и усиливающую рамную крепь как единую грузонесущую конструкцию, конструктивные параметры которой принимаются в зависимости от ожидаемых смещений контура незакрепленной выработки, горно-геологических и горнотехнических факторов, характеризующих условия ее заложения [2];

– третья группа работ рассматривает рамную и усиливающую крепь как единую связную конструкцию, параметры которой рассчитываются теоретически с использованием метода сил [3].

Вместе с тем, всем проанализированным работам присущ ряд недостатков. Так, в них не содержится четкого разграничения между существующими конструкциями комбинированных крепей на основе анкерных систем, при этом, механизм взаимодействия комбинированной крепи и вмещающего массива во времени практически не изучен. Кроме того, в известных методиках расчета параметров комбинированных крепей не установлено распределение нагрузок, воспринимаемых отдельными составными элементами системы «крепёжная рама – оболочка из укрепленных пород», что не позволяет достоверно рассчитать их параметры.

Кроме того, анализ опыта применения рамно-анкерной крепи показывает, что получаемый технический эффект существенно зависит от времени установки усиливающей крепи относительно выемки породы в забое. Следует также отметить, что в настоящее время отсутствуют научно обоснованные рекомендации по определению времени и места установки анкеров относительно проходческого забоя.

В этой связи, **целью** настоящей работы является изучение особенностей деформирования и разрушения пород, вмещающих выработки с рамно-анкерной крепью.

Изложение материала и результатов.

Шахтные исследования проводились в трёх подготовительных выработках шахты «Добропольская» (рис. 1), в которых оборудовались комплексные замерные станции. Станции (рис. 2) устанавливались в местах

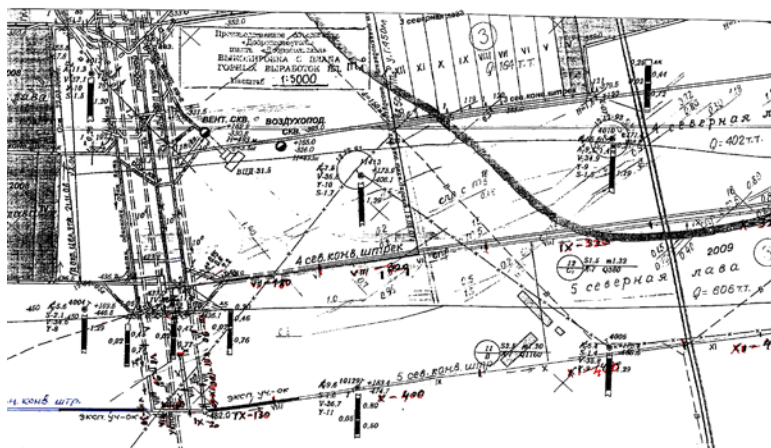


Рис. 1 – Выкопировка из плана горных выработок по пласту m_4^0

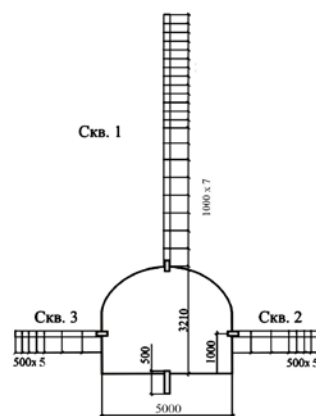


Рис. 2 – Схема замерной станции

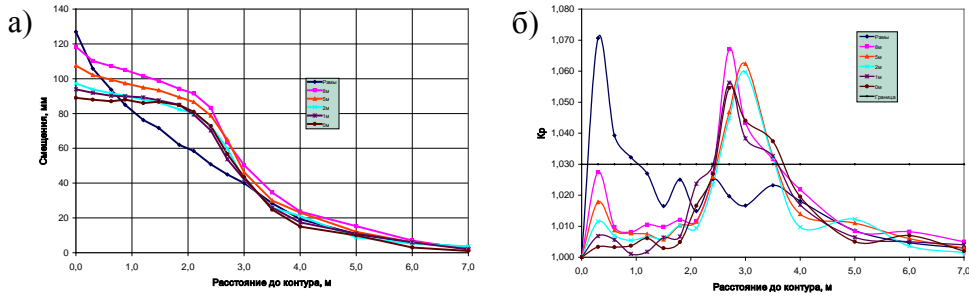
возведения анкерной крепи с различным отставанием от забоя, а также на контрольных участках с рамной крепью.

Рассмотрим в качестве примера результаты наблюдений на замерных станциях, заложенных в 5-ом северном конвейерном штреке пласта m_4^0 . Выработка проводилась по пласту с двухсторонней подрывкой пород прочностью на сжатие от 15 до 45 МПа, максимальная высота нижней подрывки – 1,7 м. Средняя мощность пласта – 1,2 м. Угол залегания – 10° . Глубина заложения выработки 700 м. Сечение – арочное. Высота в проходке – 3,44 м, ширина – 5,12 м. Выработка проводилась комбайном 1П110. Средняя скорость проведения – 110 м/мес. Проектная длина – 1275 м. Часть выработки была закреплена комбинированной рамно-анкерной крепью. Усиливающая анкерная крепь устанавливалась с различным отставанием от забоя (0 м, 1 м, 2 м, 5 м и 8 м), что соответствует разрыву во времени между установкой анкерной крепи и выемкой породы в забое 0; 0,23; 0,46; 1,14 и 1,81 суток. Анкера устанавливались в кровлю выработки между рамами, под металлическую полосу длиной 3,2 м. В полосе, по шаблону, в соответствии с расстоянием между анкерами были сделаны отверстия, через которые забуривались анкерные штанги. При помощи опорных плит, полоса прижималась к породам кровли. Расстояние между рядами анкеров по длине выработки составляло 0,8 м, а в ряду – 1,0 м. Устанавливалось четыре анкера в кровлю. Расстояние от крайнего анкера в кровле до стенки выработки – 0,9 м. Длина анкерных штанг, устанавливаемых между рамами крепи в кровлю составляла 2,4 м. В качестве затяжки применялись деревянные распилы, которыми сплошную затягивали кровлю и бока выработки. Остальная часть выработки была закреплена металлической рамной податливой крепью с плотностью установки 2,0 рамы/м.

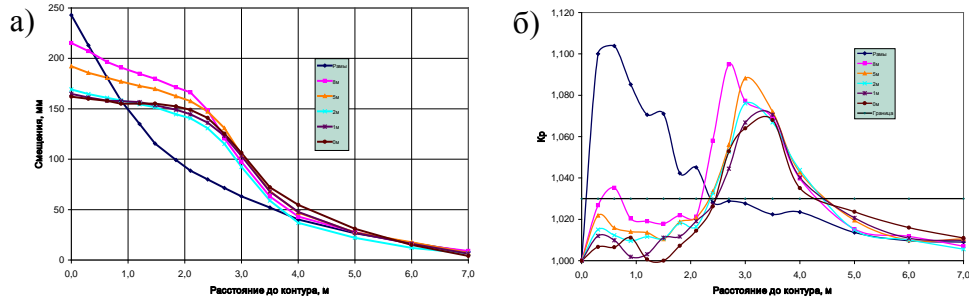
Замеры смещений глубинных реперов проводились по методике НИМИ. Результаты обрабатывались в виде графиков смещений глубинных реперов и изменения коэффициента разрыхления на участках скважины между реперами в зависимости от времени установки анкерной крепи после выемки породы в забое на 20, 60, 100, 200 и 300 сутки наблюдений (рис.3). Для удобства анализа развития вокруг выработки зоны разрушенных пород (ЗРП) был построен график изменения ее размера во времени на контрольной замерной станции (рис.4).

Как видно из графика на рис.4, к моменту возведения усиливающей анкерной крепи с отставанием 1, 2, 5 и 8 м от забоя вокруг выработки образовалась ЗРП с размером, соответственно, 0,12; 0,28; 0,64 и 1,1 м.

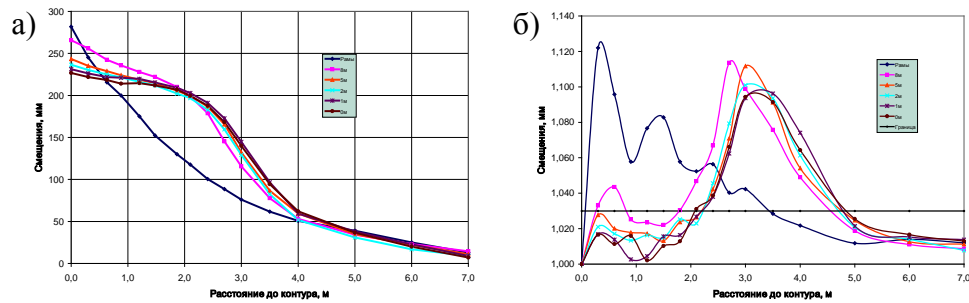
20 сутки наблюдений



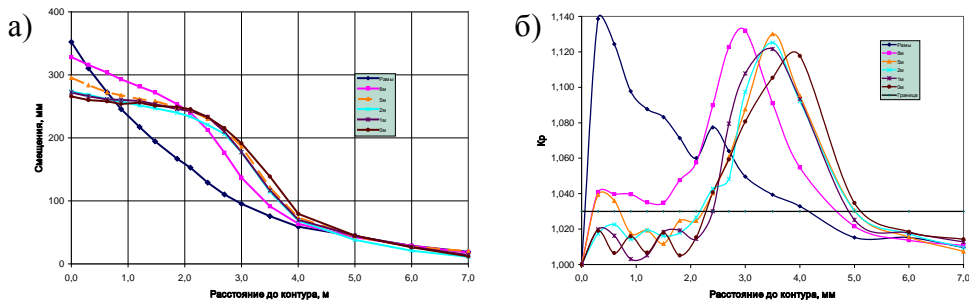
60 сутки наблюдений



100 сутки наблюдений



200 сутки наблюдений



300 сутки наблюдений

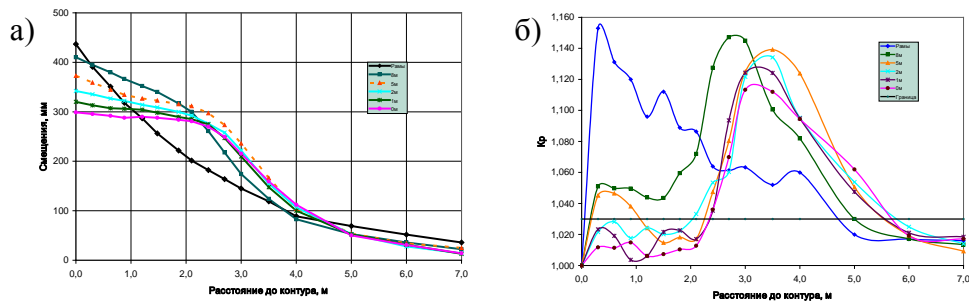


Рис. 3 – Смещения глубинных реперов в кровле выработки с рамно-анкерной крепью (а) и изменения коэффициента разрыхления на участках скважины между глубинными реперами (б) в зависимости от времени установки анкерной крепи после выемки породы в забое на 20,60,100,200 и 300 сутки наблюдений

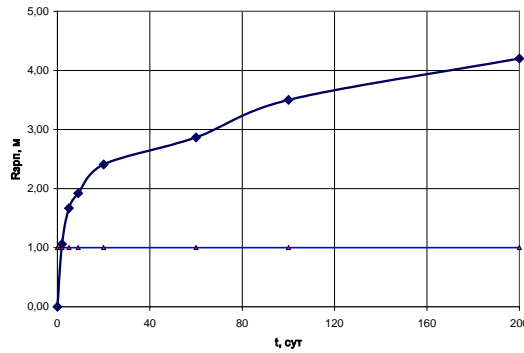


Рис.4 - Изменение размера ЗРП во времени на контрольной замерной станции

Анализ графиков, представленных на рис. 3, показывает, что на 20 сутки наблюдений на контрольной замерной станции и станциях, установленных на участках выработки с усиливающей анкерной крепью, возведенной без отставания и с отставанием 1, 2, 5 и 8 м от забоя, смещения кровли составили, соответственно, 127, 89, 94, 97, 108 и 118 мм. Размер ЗРП, сформировавшейся вокруг выработки на этих участках составил, соответственно 0,9 м; 1,0 м; 0,9 м; 0,95 м; 1,0 м и 1,2 м. При этом, если на контрольном участке ЗРП образовывалась на контуре выработки, то на участках с комбинированной крепью – в глубине массива на удалении 2,2 – 2,4 м от контура. Размер зоны неупругих деформаций в кровле, сформировавшейся вокруг выработки, зафиксированный на всех станциях превышает 7,0 м. Максимальное значение коэффициента разрыхления на контрольной станции 1,071, а на остальных станциях не превышает 1,067. Скрепленный анкерами массив на всех станциях с комбинированной крепью не разрушен.

На 60 сутки наблюдений на контрольной замерной станции и станциях, установленных на участках выработки с усиливающей анкерной крепью, возведенной без отставания и с отставанием 1, 2, 5 и 8 м от забоя, смещения кровли составили, соответственно, 243, 162, 165, 169, 192 и 215 мм. Размер ЗРП, сформировавшейся вокруг выработки на этих участках составил, соответственно, 2,2 м; 1,7 м; 1,9 м; 2,1 м; 2,2 м и 2,3 м. При этом на контрольном участке ЗРП продолжала увеличиваться вглубь массива. На участках же с комбинированной крепью положение ЗРП не изменилось – ее развитие начиналось за пределами скрепленного анкерами участка. Размер зоны неупругих деформаций (ЗНД) в кровле, сформировавшейся вокруг выработки, зафиксированный на всех станциях, остался неизменным. Максимальное значение коэффициента разрыхления на контрольной станции 1,104, а на остальных станциях не превышает 1,095. При этом на участке, где анкерная крепь устанавливалась с отставанием 8 м от забоя, скрепленный анкерами массив был частично разрушен (участок 0-0,65 м). На остальных станциях скрепленный анкерами массив с комбинированной крепью не разрушен.

На 100 сутки наблюдений на контрольной замерной станции и станциях, установленных на участках выработки с усиливающей анкерной крепью, возведенной без отставания и с отставанием 1, 2, 5 и 8 м от забоя, смещения кровли составили 282, 227, 231, 237, 243 и 266 мм соответственно. Размер ЗРП, сформировавшейся вокруг выработки на этих участках составил, соответственно, 3,41 м; 2,6 м; 2,5 м; 2,3 м; 2,6 м и 2,85 м. При этом на контрольном участке ЗРП продолжала увеличиваться вглубь массива. На участках с комбинированной крепью разрушилась часть скрепленной анкерами оболочки (от внешней ее границы в сторону контура выработки – участок 1,8-2,2 м). Размер зоны неупругих деформаций в кровле, сформировавшейся вокруг выработки, зафиксированный на всех станциях превышает 7,0 м. Максимальное значение коэффициента разрыхления на контрольной станции 1,122, а на остальных станциях не превышает 1,114. При этом на участке, где анкерная крепь устанавливалась с отставанием 8 м от забоя, скрепленный анкерами массив был частично разрушен (участок 0-0,8 м). На остальных станциях скрепленный анкерами массив с комбинированной крепью не разрушен.

На 200 сутки наблюдений на контрольной замерной станции и станциях, установленных на участках выработки с усиливающей анкерной крепью, возведенной без отставания и с отставанием 1, 2, 5 и 8 м от забоя, смещения кровли составили, соответственно, 352, 266, 272, 274, 295 и 328 мм. Размер ЗРП, сформировавшейся вокруг выработки на этих участках составил, соответственно, 4,35 м; 3,0 м; 2,7 м; 2,8 м; 3,0 м и 4,6 м. Размер зоны неупругих деформаций в кровле, сформировавшейся вокруг выработки, зафиксированный на всех станциях, остался неизменным. Максимальное значение коэффициента разрыхления на контрольной станции 1,139, а на остальных станциях не превышает 1,132. При этом замечены следующие особенности деформирования массива:

а) на участках, где анкерная крепь устанавливалась с разрывом во времени 0; 0,23 и 0,46 суток, ЗРП образовывалась за пределами скрепленного анкерами участка (на удалении 2,0-2,2 м от контура). Скрепленный анкерами массив на этих станциях не разрушен;

б) на участке, где анкерная крепь устанавливалась с разрывом во времени 1,14 сут, скрепленный анкерами массив был частично разрушен (участок 0-0,7 м);

в) на участке где анкерная крепь устанавливалась с разрывом во времени 1,81 сут (отставание 8 м от забоя), скрепленный анкерами массив был полностью разрушен.

К моменту окончания наблюдений (300 сутки наблюдений) на контрольной замерной станции и станциях, установленных на участках выработки с усиливающей анкерной крепью, возведенной без отставания и с отставанием 1, 2, 5 и 8 м от забоя, смещения кровли составили, соответственно, 437, 299, 320, 342, 373 и 410 мм. Размер ЗРП, сформировавшейся вокруг выработки на этих участках составил, соответственно, 4,75 м; 3,5 м; 3,2 м; 3,9 м; 3,6 м и 5,0 м. Размер зоны неупругих деформаций (ЗНД) в

кровле, сформировавшейся вокруг выработки, зафиксированный на всех станциях, не изменился. Максимальное значение коэффициента разрыхления на контрольной станции 1,153, а на остальных станциях не превышает 1,147. При этом замечены следующие особенности деформирования массива:

а) на участках, где анкерная крепь устанавливалась с разрывом во времени 0; 0,23 и 0,46 суток, ЗРП образовывалась за пределами скрепленного анкерами участка (на удалении 2,0-2,1 м от контура). Скрепленный анкерами массив на этих станциях не разрушен;

б) на участке, где анкерная крепь устанавливалась с разрывом во времени 1,14 сут, скрепленный анкерами массив был частично разрушен (участок 0-1,1 м);

в) на участке где анкерная крепь устанавливалась с разрывом во времени 1,81 сут (отставание 8 м от забоя), скрепленный анкерами массив был полностью разрушен.

Аналогичные результаты были получены на замерных станциях в других выработках.

Выводы и направления дальнейших исследований.

Проведенные исследования позволили установить особенности развития зоны разрушенных пород (ЗРП) вокруг выработки с рамно-анкерной крепью, заключающиеся в том, что если на момент установки анкеров размер ЗРП не превышает половину их длины, то ее развитие прекращается, а фронт разрушения переносится на внешнюю границу области скрепленных анкерами пород. При этом коэффициент разрыхления в пределах не разрушенной заанкерванной части массива не превышает 1,03, а размер ЗРП на 30% меньше, чем вокруг выработки с рамной крепью. Так, при формировании к моменту усиления рамной крепи вокруг выработки ЗРП с размерами до половины глубины анкерования, остаточный размер не разрушенной оболочки из укрепленных анкерами пород составляет не менее 50% от глубины анкерования, что позволяет при $\left(\frac{\gamma H}{\sigma_{сж}}\right) = 0,35 - 0,65$ уменьшить смещения контура выработок на 32 до 47%.

Установленные особенности протекания деформационных процессов во вмещающую выработку массиве будут использованы для обоснования расчетной схемы и постановке теоретической задачи по определению рациональных параметров комбинированных крепей.

Список литературы

1. **Указания** по рациональному расположению, охране и поддержанию горных выработок на угольных шахтах СССР. ВНИМИ, 1986 – 222с.
2. **СОУ 10.1.05411357.010:2008.** Система обеспечения надежного и безопасного функционирования горных выработок с анкерным креплением. Общие технические требования. – 89 с.
3. **Черев Д.А.** Выбор параметров рамно-анкерной крепи на основе исследования закономерностей изменения внутренних усилий.: Авторефе-

рат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 225.0022 – Геотехнология (открытая, подземная и строительная), Екатеринбург, 2004.- 18с.

УДК 622.28.044:622.261.2

КАСЬЯН Н.Н., докт. техн. наук, профессор

НОВИКОВ А.О., докт. техн. наук, доцент,

ШЕСТОПАЛОВ И.Н.,

КАМЕНЕЦ В.И., канд. техн. наук, доцент,

ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

ШАХТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОСОБЕННОСТЕЙ ДЕФОРМИРОВАНИЯ И РАЗРУШЕНИЯ ПОРОД, ВМЕЩАЮЩИХ ВЫРАБОТКИ С РАМНО-АНКЕРНОЙ КРЕПЬЮ

На основании анализа результатов наблюдений за смещениями пород на глубинных замерных станциях в трех подготовительных выработках шахты «Добропольская», установлены новые особенности деформирования системы «рама – оболочка из скрепленных анкерами пород»

Ключевые слова: выработка, замерная станция, смещения пород, крепежная рама, оболочка из скрепленных анкерами пород, особенности деформирования, система «рама – оболочка из скрепленных анкерами пород».

Касьян М.М., Новіков О.О., Шестопалов І.М., Каменець В.І. (ДонНТУ)

ШАХТНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ДЕФОРМУВАННЯ ТА РУЙНУВАННЯ ПОРІД, ЩО ВМІЩУЮТЬ ВИРОБКИ З РАМНО- АНКЕРНИМ КРІПЛЕННЯМ

На підставі аналізу результатів спостережень за зміщеннями порід на глибинних замірних станціях в трьох підготовчих виробках шахти «Добропільська», встановлено нові особливості деформування системи «рама – оболонка із скріплених анкерами порід».

Ключові слова: виробка, замірна станція, зміщення порід, кріпильна рама, оболонка із скріплених анкерами порід, особливості деформування, система «рама – оболонка із скріплених анкерами порід».

Kasyan N., Novikov O., Shestopalov I., Kamenetch V. (DonNTU)

MINE RESEARCHES OF FEATURES OF DEFORMATION AND DESTROY THE ROCKS CONTAINING MINING WITH THE FRAME-ANCHOR LINING

On the basis of the analysis of results of supervision over displacement of rocks on deep measuring stations in three preparatory minings of mine "Dobropolsky", new features of deformation of system « frame – cover from the rocks fastened by anchors» are established.

Keywords: mining, measuring station, displacement of rocks, a frame of lining, cover from the rocks fastened by anchors, features of deformation, system « frame – cover from the rocks fastened by anchors».