

**Ю.А. ПЕТРЕНКО**, докт. техн. наук, проф., **А.О. НОВИКОВ**, канд. техн. наук, доц.,  
**И.Н. ШЕСТОПАЛОВ**, аспирант, Государственное высшее учебное заведение «Донецкий национальный технический университет»

## **О ДЕФОРМИРОВАНИИ ПОРОДНОГО МАССИВА, ВМЕЩАЮЩЕГО ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ ВЫРАБОТКИ С АНКЕРНЫМ КРЕПЛЕНИЕМ**

*Описаны результаты натурных наблюдений за смещениями породного массива, вмещающего подготовительные выработки с анкерным креплением*

**Проблема и ее связь с научными и практическими заданиями.** Угольная промышленность Украины – одна из ведущих отраслей народного хозяйства, важная задача которой, в условиях рыночной экономики, состоит в повышении эффективности производства и снижении себестоимости продукции. Одним из приоритетных направлений снижения затрат на добычу угля является внедрение новых технологий поддержания выработок с использованием анкерной крепи.

Ограниченное использование анкерного крепления на угольных шахтах Украины (объем применения составляет не более 70 км), объясняется с одной стороны недоверием работников шахт к этому виду крепи из-за отсутствия опыта эксплуатации и контроля за состоянием крепления, не достаточным пониманием роли анкеров в процессе поддержания выработки, а с другой стороны - отсутствием нормативной базы, позволяющей с учетом конкретной геомеханической ситуации и опыта использования, обосновано принимать параметры анкерного крепления.

В связи с выше изложенным, исследования закономерностей деформирования породного массива, вмещающего выработки с анкерным креплением для обоснования его рациональных параметров, являются актуальной задачей. Они проводятся в рамках тематического плана научно-исследовательских работ Министерства образования и науки Украины по госбюджетной теме Д8-08 «Разработка проекта нормативного документа по использованию анкерного крепления для обеспечения устойчивости горных выработок глубоких шахт» (№ госрегистрации №0107U012803) в Государственном Высшем Учебном Заведении «Донецкий Национальный технический университет».

**Анализ исследований и публикаций.** В научно-технической литературе представлено большое количество результатов исследований характера взаимодействия различных конструкций крепи (в том числе и анкерной) с массивом. Это работы А.П.Широкова, В.Т.Глушко, А.А.Борисова, Н.И.Мельникова, Л.М. Ерофеева, А.Н.Зорина, Б.К.Чукуна, А.В. Ремезова, И.А.Юрченко, А.Н.Шашенко, В.В.Виноградова, А.Югона, А.Коста и др. В них достаточно глубоко исследованы механизм формирования нагрузки на рамные крепи, особенности и закономерности деформирования вмещающего выработки массива. Однако, в работах, посвященных анкерному креплению, в основном рассмотрены вопросы конструкции анкеров, технологии их возведения и расчета параметров. При этом анкера рассматриваются как несущие конструкции, без учета особенностей их взаимодействия с вмещающим массивом.

В этой связи, проведение данных исследований позволяет установить механизм работы анкерной крепи.

**Задачей данных исследований** являлось установление особенностей деформирования породного массива, вмещающего подготовительные выработки с анкерным креплением.

**Изложение материала и результатов.** Для исследований были выбраны подготовительные выработки, пройденные по пласту  $m_5^{1B}$  шахты «Добропольская», имеющей опыт внедрения анкерных систем.

Шестой северный конвейерный штрек пласта  $m_5^{1B}$  горизонта 450 м длиной 1840 м проводился комбайном КПД-32. Первые 100 м выработки закреплены металлической арочной податливой крепью КМП-А3/11,2. При отработке пласта  $m_5^{1B}$  применяется столбовая система разработки. Лавы отрабатываются по простиранию. Длина лав до 250 метров.

Непосредственная (она же основная) кровля пласта представлена алевролитом ( $\sigma_{сж}=28$  МПа), темно-серым, массивным, редко с горизонтальной слоистостью за счет переслаивания

глинистым сланцем, малоустойчивым Б<sub>3</sub> (в нарушениях Б<sub>2</sub>), со свойствами близкими к аргиллиту. Выше залегает песчаник ( $\sigma_{сж}=40$  МПа) светло-серый «кучерявчик», с обуглившимися остатками корней растений, средней крепости. Еще выше залегает аргиллит ( $\sigma_{сж}=33$  МПа) темно-серый, плотный, с редкими плоскостями, средней крепости, малоустойчивый – (Б<sub>3</sub>).

Угольный пласт  $m_5^{IB}$  сложного строения, состоит из 2-3-х угольных пачек, общая мощность пласта - от 1,10 до 1,40 м, прочностью на сжатие 15 МПа. Угол падения пласта – 10 градусов. Уголь черный полублестящий, слоистостью с налетами кальцита, с линзами пирита, средней крепости.

Непосредственно в почве пласта залегает аргиллит темно-серый, массивный ( $\sigma_{сж}=22$  МПа), в верхней части слоя сильно переслоен линзами угля, с обуглившимися растительными остатками, средней крепости, среднеустойчивый (П<sub>2</sub>). Основная почва пласта представлена песчаником ( $\sigma_{сж}=44$  МПа) светло-серым, на глинистом цементе от среднезернистого до крупнозернистого с гальками кварца, в нижней части слоя тонкозернистым, средней крепости.

Средняя скорость проведения выработки - 280 м/мес. Паспорт крепления выработки представлен на рис.1. Плотность установки анкеров в кровлю – 1,0 анк/м<sup>2</sup>. Сечение выработки – прямоугольное. Анкеры длиной 2,4 м устанавливались в забое выработки под подхват, изготовленный из профиля СВП-22 длиной 4,0 м. Закрепление стального анкера в шпуре производилось химическим способом. Выработка пройдена с нижней подрывкой, максимальная глубина которой составляла 1,5 м. В течение всего периода наблюдений замерные станции находились вне зоны влияния очистного забоя.

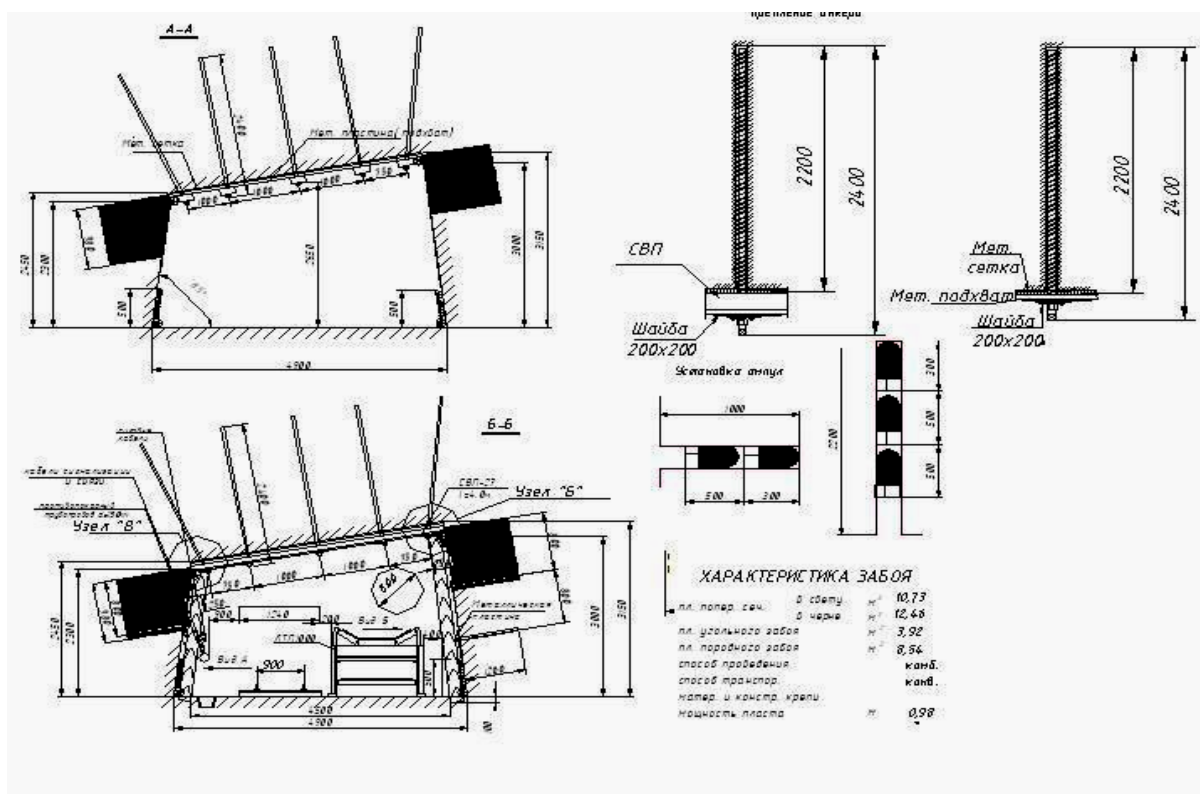


Рис. 1 – Паспорт крепления выработки

Оборудование замерных станций и производство замеров на них производилось в соответствии с методикой ВНИМИ [1]. В кровле и боках выработки, в пределах пикетов 62, 72 и 89 было заложено 6 комплексных замерных станций, оборудованных глубинными и контурными реперами.

Схема замерной станции и выкопировка из плана горных выработок с указанием мест установки замерных станций изображены на рис.2 и 3. Замерные станции оборудовались непосредственно в забое выработки.

Каждая станция представляла собой 3 скважины глубиной до 7 м, пробуренные в кровлю и бока выработки, оборудованные глубинными реперами, и один контурный репер в почву выработки. Расстояние между центрами глубинных реперов в скважине составляло от 0,3 до 0,5 м. Диаметр скважины для установки глубинных реперов составлял 27 мм. Глубинные репера помещались в скважину при помощи специального досыльника. Измерения проводились с помощью рулетки конструкции ВНИМИ (погрешность измерения рулеткой  $\pm 0,5$  мм).

Для изучения процесса развития деформаций во вмещающем выработку массиве, были построены графики смещений глубинных реперов в скважинах, пробуренных в кровле и боках, в направлении от контура выработки вглубь массива, а также графики изменения коэффициента разрыхления на участках между реперами (рис. 4-7). Поскольку характер смещений реперов на замерных станциях существенно не отличается, а объем статьи ограничен, приведем ниже наиболее характерные графики по замерной станции №3.

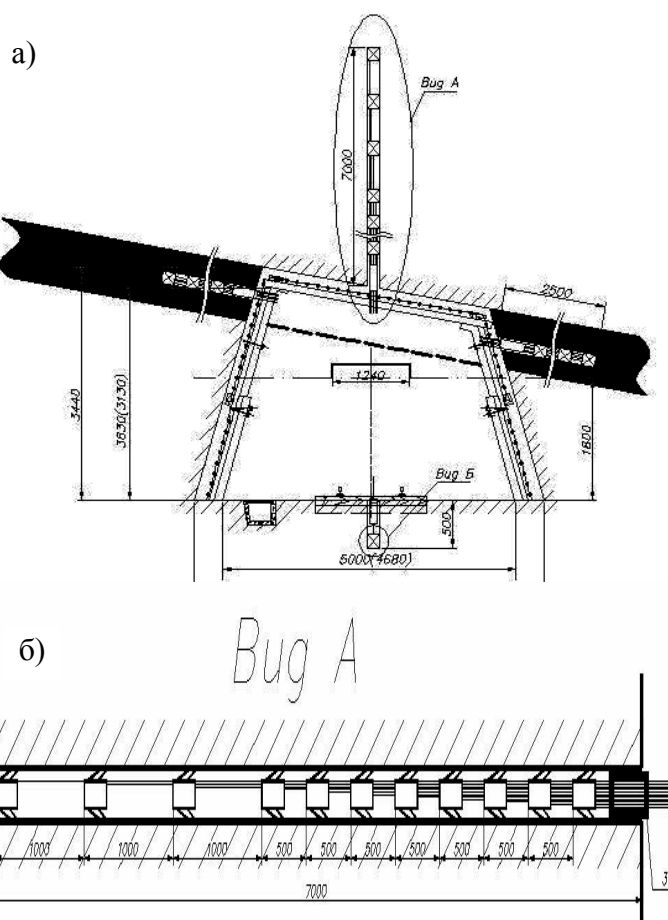


Рис. 2 – Схема замерной станции (а) и общий вид скважины с глубинными реперами в кровле выработки (б)

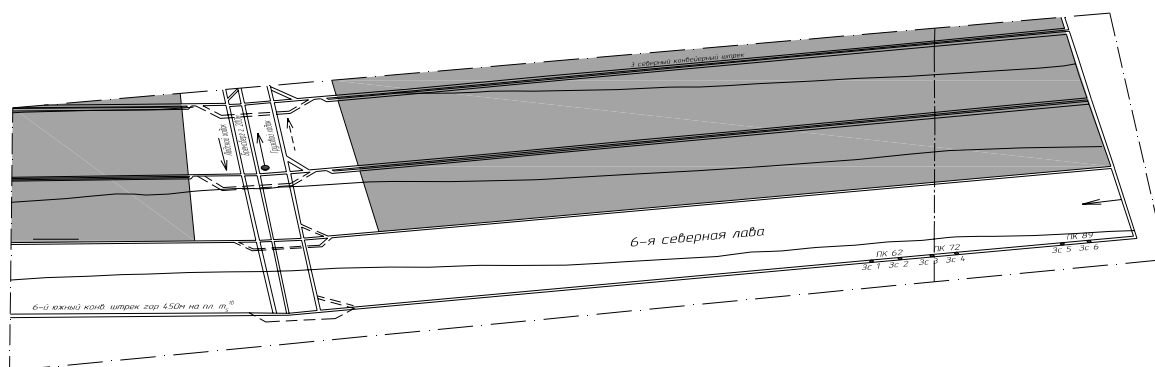


Рис. 3 – Выкопировка из плана горных выработок с указанием мест установки замерных станций

Породы, на участке скважины между глубинными реперами считались разрушенными, если величина относительных деформаций (коэффициента разрыхления пород) превышала предельное значение. Согласно исследованиям, проведенным в МГИ под руководством И.Л. Черняка [2] предельные относительные деформации для глинистого сланца составляют  $3 \times 10^{-2}$ , а для песчаного сланца  $2 \times 10^{-2}$ .

Как видно из данных представленных на рис.4-7, уже на вторые сутки наблюдений, разрушениями в боках выработки были охвачены породы на удалении 0,5-1,0 м и 2,0-2,5 м от

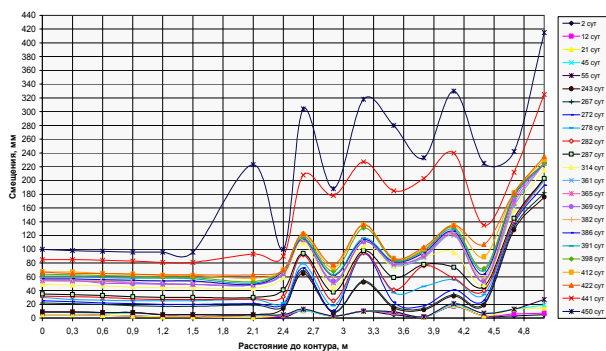


Рис.4 – Графики смещений глубинных реперов в кровле выработки на замерной станции №3

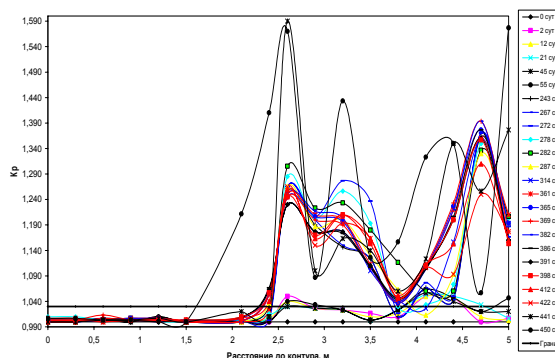


Рис.5 – Графики изменения коэффициента разрыхления пород на участках между глубинными реперами в кровле выработки на замерной станции №3 во времени

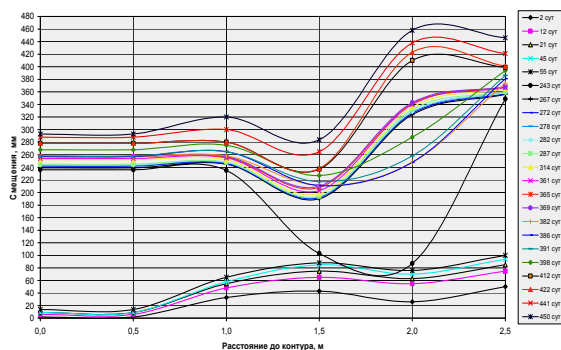


Рис. 6 – Графики смещений реперов в боках выработки на замерной станции №3

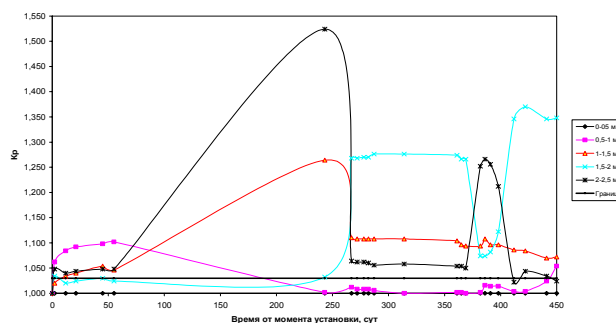


Рис. 7 – Графики изменения коэффициента разрыхления пород между реперами в боках выработки на замерной станции №3 во времени

контура. В кровле, в это же время происходит разрушение пород на участках скважины, удаленных на 2,6-2,9 м и 4,1-4,7 м. На сорок пятые сутки наблюдений наибольшие значения коэффициентов разрыхления зафиксированы по всей длине боковой скважины (от 0,5 до 2,5 м). В вертикальной скважине, в этот период, наиболее сильные деформации происходят на участке скважины, удаленной от контура на 3,5-5,0 м. К пятьдесят пятым суткам наблюдений разрушения пород в кровле продолжают на этих же участках и распространяются вглубь массива на участки 2,4-2,6 м и 4,7-5,0 м. В дальнейшем, как показали наблюдения, происходит распространение деформаций вглубь массива в боках выработки, которое сопровождается разрушением на участке вертикальной скважины 1,5-2,4 м от контура в направлении к контуру выработки. На 450 сутки наблюдений разрушением охвачены породы, удаленные на 1,5-5,0 м от контура в кровлю и на 0,8 – 2,5 м в бока

### Выводы и направления дальнейших исследований.

1. Активизация смещений пород в кровле и боках выработки происходит практически сразу, после отхода забоя на 8-10 м от замерной станции.
2. Смещения пород на контуре со стороны боков выработки, не менее чем в 1,8 раза превышают смещения со стороны кровли, при этом разрушение пород в боках выработки ведет к развитию процессов деформирования кровли.
3. Разрушение (запредельное деформирование) пород кровли происходит на участках скважины, расположенных на удалении не менее 1,5 м от контура выработки (разрушается не более

35 % заанкерванной области пород), при этом участок массива, расположенный в пределах зоны анкерования смещается единым блоком, без существенного расслоения [3]

Таким образом, проведенные исследования позволили установить следующий механизм деформирования массива, вмещающего выработку с анкерным креплением вне зоны влияния очистных работ.

До момента начала ведения очистных работ деформации контура выработки незначительные. Максимальные смещения кровли составляют до 180 мм, а боков – до 350 мм. Очевидно это связано с наличием в боках выработки слабых вмещающих пород. В целом, состояние выработки хорошее. Деформирование пород в глубине массива носит следующий характер. До момента включения анкеров в работу (2-8 суток) разрушения в кровле происходят от контура выработки на глубину до 0,5 м. Затем, разрушаются породы в глубине массива, за пределами заанкерванной области. Заанкерванная область пород практически не разрушается, а смещается единым блоком в сторону выработки. В боках выработки разрушения пласта и пород происходят на глубину до 2,5 м и проявляются в виде выдавливания верхней пачки угля и пород непосредственной почвы пласта. При этом деформации носят пластический характер.

В настоящее время продолжают наблюдения за смещениями пород в шестом северном и шестом южном конвейерных штреках пласта  $m_5^{1b}$  горизонта 450 м в условиях влияния очистных работ.

#### **Библиографический список**

1. **Методические указания** по исследованию горного давления на угольных и сланцевых шахтах. – Л.: ВНИМИ. – 1973. – 102с.

2. **Черняк И.Л.** Повышение устойчивости подготовительных выработок. – М.: Недра, 1993. – 256с.

3. **Новиков А.О., Гладкий С.Ю., Шестопапов И.Н.** Об особенностях деформирования породного массива, вмещающего подготовительные выработки с анкерным креплением //Известия Донецкого горного института. – Донецк: ДонНТУ, 2008. – №1. – С.120-129.

УДК 622.281.74

**ПЕТРЕНКО Ю.А., НОВИКОВ А.О., ШЕСТОПАЛОВ И.Н.**

О ДЕФОРМИРОВАНИИ ПОРОДНОГО МАССИВА, ВМЕЩАЮЩЕГО ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ ВЫРАБОТКИ С АНКЕРНЫМ КРЕПЛЕНИЕМ

Описаны результаты натурных наблюдений за смещениями породного массива, вмещающего подготовительные выработки с анкерным креплением.

УДК 622.281.74

**ПЕТРЕНКО Ю.А., НОВИКОВ О.О., ШЕСТОПАЛОВ І.М.**

О ДЕФОРМУВАННІ ПОРІДНОГО МАСИВУ, ВМІЩУЮЧОГО ВИРОБКИ З АНКЕРНИМ КРІПЛЕННЯМ

У статті викладанні результати натурних досліджень за зміщеннями порідного масиву, що вміщує підготовчі виробки з анкерним кріпленням.

УДК 622.281.74

**PETRENKO Y.A., NOVIKOV A.O., SHESTOPALOV I.N.**

ABOUT DEFORMATION OF THE ROCK MASS, CONTAINING MINING WITH ROOF BOLTING

In article results of mine tool supervision over displacement of the pedigree rock massif containing mining with roof bolting by fastening are described