

НОВИКОВ А.О., ШЕСТОПАЛОВ И.Н.

ИССЛЕДОВАНИЯ ДЕФОРМИРОВАНИЯ ПОРОДНОГО МАССИВА, ВМЕЩАЮЩЕГО ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ ВЫРАБОТКИ С АНКЕРНЫМ КРЕПЛЕНИЕМ

В статье описаны результаты шахтных инструментальных наблюдений за смещениями породного массива, вмещающего подготовительные выработки с анкерным креплением

В последние 15 лет, в Украине, разработан и утвержден ряд программных документов, направленных на повышение эффективности работы угольной промышленности. К 2010 году намечено увеличить добычу угля до 100 млн.т. Одним из приоритетных направлений работы является улучшение технико-экономических показателей деятельности шахт за счет внедрения новых технологий, в том числе с использованием анкерного крепления.

В настоящее время объемы крепления выработок анкерной крепью не превышают 70 км, а до 93% протяженности поддерживаемых выработок на шахтах закреплено металлическими рамными податливыми конструкциями крепи. Изучению особенностей и закономерностей деформирования массива, вмещающего выработки с рамными конструкциями крепи посвящены работы многих отечественных и зарубежных исследователей. Особенности и закономерности деформирования массива, вмещающего выработки с анкерным креплением практически не изучены.

Учитывая перспективы использования анкерных систем для крепления выработок различного назначения на шахтах Украины, как одного из приоритетных направлений интенсификации производства, проведение таких исследований, несомненно, является актуальным.

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

Авторами статьи были проведены шахтные наблюдения на замерных станциях, оборудованных глубинными реперами.

Для исследований были выбраны подготовительные выработки, пройденные по пласту m_5^{1B} шахты «Добропольская», имеющей большой 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. На пласте m_5^{1B} применяется столбовая система разработки. Лавы отрабатываются по простиранию. Длина лав до 250 метров. Стратиграфическая колонка пласта m_5^{1B} представлена на рис.1.

Непосредственная (она же основная) кровля пласта представлена алевролитом, темно-серым, массивным, редко с горизонтальной слоистостью за счет переслаивания глинистым сланцем, малоустойчивым Б₃ (в нарушениях Б₂), со свойствами близкими к аргиллиту. Выше залегает песчаник светло-серый «кучерявчик», с обуглившимися остатками корней растений, средней крепости. Еще выше залегает аргиллит темно-серый, плотный, с редкими плоскостями, средней крепости, малоустойчивый (Б₃).

Угольный пласт m_5^{1B} 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.

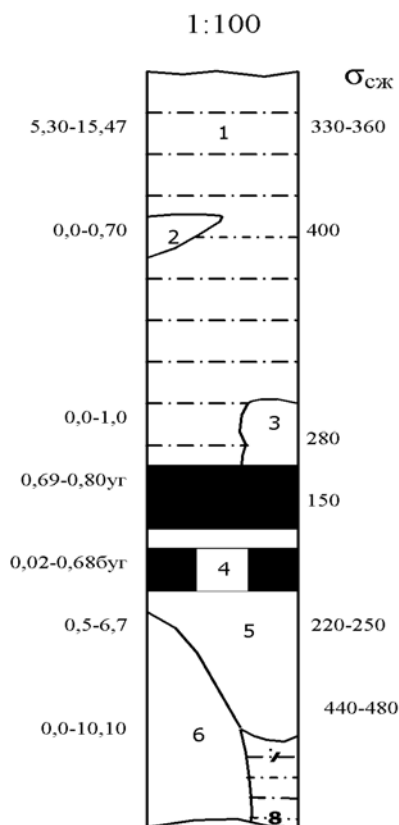


Рис.1 – Стратиграфическая колонка пласта m_5^{1B}

Непосредственно в почве пласта залегает аргиллит темно-серый, массивный, в верхней части слоя сильно переслоен линзами угля, с обуглившимися растительными остатками, средней крепости, среднеустойчивый (P_2). Основная почва пласта представлена песчанником светло-серым, на глинистом цементе от среднезернистого до крупнозернистого с гальками кварца, в нижней части слоя тонкозернистым, средней крепости.

Средняя скорость подвигания забоя – 280 м/мес. При этом плотность установки анкеров – 1,0 анк/м². 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. Паспорт крепления выработки показан на рис.2. Выработка пройдена с нижней подрывкой пород. Максимальная глубина нижней подрывки составляла 1,5 м. В течение всего периода наблюдений замерные станции находились вне зоны влияния очистного забоя.

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 (рис. 3). Схема замерной станции и выкопировка из плана горных выработок с указанием мест установки замерных станций изображены на рис.4 и 5. Замерные станции оборудовались непосредственно в забое выработки.

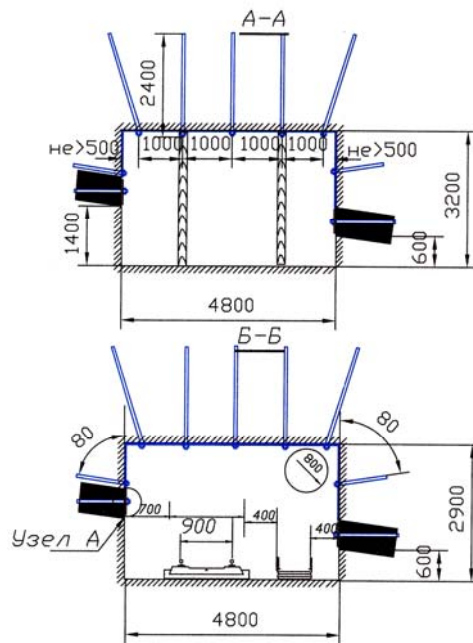


Рис. 2 – Паспорт крепления выработки



Рис. 3 – Место установки комплексной замерной станции в шестом северном конвейерном штреке пласта m_5^{1B} гор. 450 м

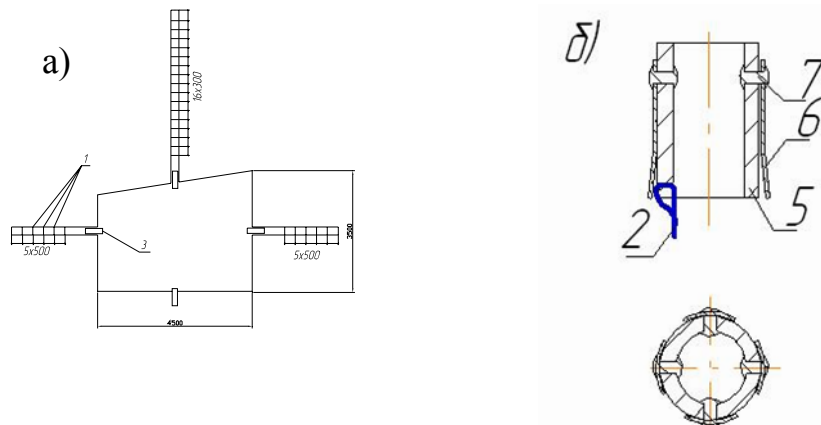


Рис. 4 – Схема замерной станции (а) и конструкция глубинного репера (б): 1 – глубинный репер; 2 – тяги глубинных реперов; 3 – кондуктор; 4 – замерное кольцо; 5 – отрезок стальной трубы; 6 – стальная полоса; 7 – заклепка.

Каждая станция представляла собой 3 скважины, пробуренные в кровлю и бока выработки (рис.4а), оборудованные глубинными реперами, и один контурный репер в почву выработки. Расстояние между центрами глубинных реперов в скважине составляло от 0,3 до 1,5 м. Диаметр скважины для установки глубинных реперов составлял 27 мм. Глубинные репера устанавливались на фиксированном удалении от устья скважины при помощи специального досылника. Глубинный замок репера (рис. 4б) представлял собой отрезок стальной трубы 5 длиной 40 мм, на который при помощи заклепок 7 с четырех сторон была прикреплена стальная полоса 6 для фиксации его в шпуре, на заданном удалении от контура выработки. От каждого глубинного замка из скважины, внутрь выработки, выводилась связь, выполненная из оцинкованной проволоки 2, на конце которой было закреплено кольцо и пластинка с номером репера.

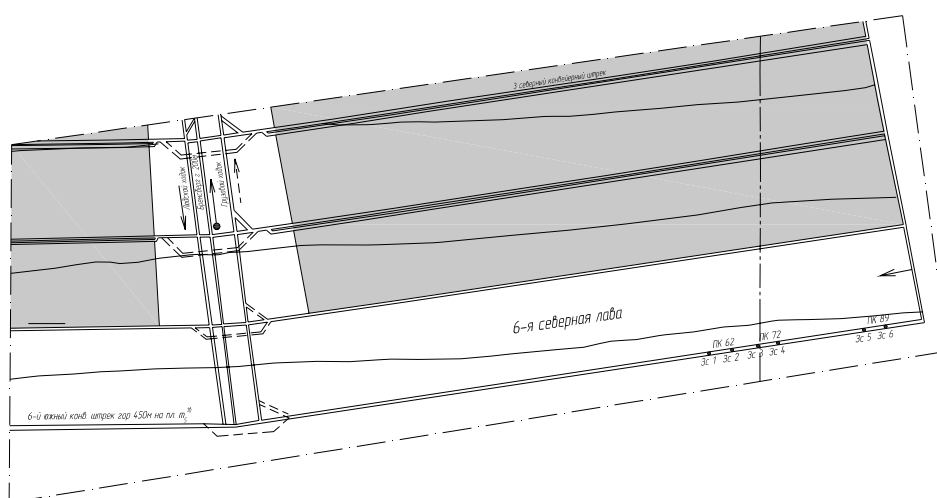


Рис. 5 – Выкопировка из плана горных выработок с указанием мест установки замерных станций

В устье скважины устанавливался кондуктор 3 длиной 0,3 м, выполняющий роль контурного репера. Смещения глубинных реперов определялись по изменению расстояния между кольцом и кондуктором. Измерения проводились с помощью рулетки конструкции ВНИМИ (погрешность измерения рулеткой $\pm 0,5$ мм).

Для установления особенностей 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 (рис. 6-7), а также рассчитаны значения коэффициентов разрыхления на участках между реперами (табл.1-4). Поскольку характер смещений реперов на замерных станциях существенно не отличается, а объем статьи ограничен, приведем ниже наиболее характерные графики.

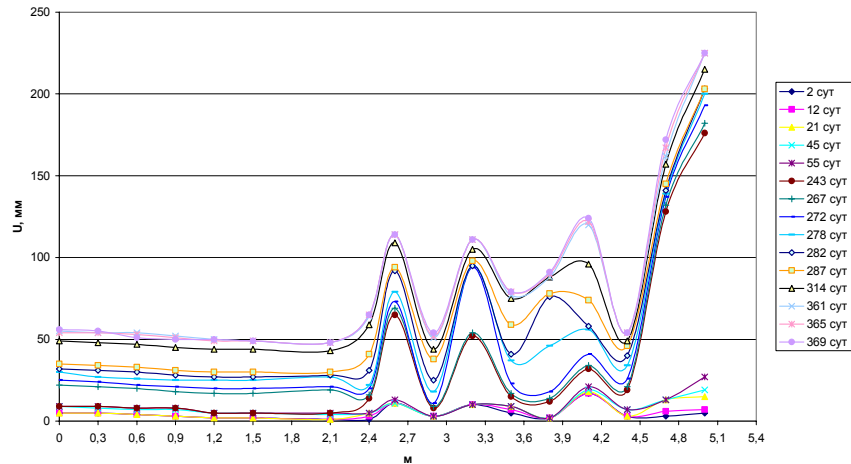


Рис.6 – Графики смещений глубинных реперов в кровле выработки на замерной станции №3

Таблица 1 – Расчетные значения коэффициента разрыхления пород на участках между глубинными реперами в вертикальной скважине на замерной станции №3

Удаление участка от контура, м	Время в сутках с момента установки														
	2	12	21	45	55	243	267	272	278	282	287	314	361	365	369
0,0-1,5	1,002	1,002	1,002	1,003	1,003	1,003	1,003	1,003	1,003	1,003	1,003	1,003	1,004	1,003	1,005
1,5-2,1	1,002	1,002	1,002	1,002	1,000	1,000	1,003	1,002	1,003	1,002	1,000	1,002	1,002	1,002	1,002
2,1-2,4	1,000	1,007	1,013	1,003	1,000	1,030	1,010	1,003	1,017	1,010	1,037	1,053	1,053	1,057	1,057
2,4-2,6	1,050	1,040	1,030	1,030	1,040	1,255	1,265	1,265	1,285	1,305	1,265	1,250	1,250	1,245	1,245
2,6-2,9	1,027	1,027	1,027	1,027	1,033	1,190	1,200	1,207	1,203	1,223	1,187	1,217	1,210	1,207	1,200
2,9-3,2	1,023	1,023	1,023	1,023	1,023	1,147	1,150	1,277	1,257	1,233	1,200	1,203	1,200	1,197	1,190
3,2-3,5	1,017	1,010	1,003	1,003	1,003	1,123	1,123	1,237	1,193	1,180	1,130	1,100	1,113	1,107	1,107
3,5-3,8	1,010	1,017	1,023	1,023	1,023	1,010	1,010	1,017	1,030	1,117	1,063	1,043	1,037	1,037	1,040
3,8-4,1	1,050	1,050	1,053	1,057	1,063	1,067	1,067	1,077	1,033	1,060	1,013	1,027	1,107	1,107	1,110
4,1-4,4	1,047	1,047	1,050	1,040	1,047	1,043	1,043	1,050	1,073	1,060	1,093	1,157	1,220	1,227	1,233
4,1-4,7	1,000	1,010	1,033	1,020	1,020	1,363	1,370	1,370	1,350	1,337	1,330	1,360	1,360	1,377	1,393
4,7-5	1,007	1,003	1,007	1,020	1,047	1,160	1,167	1,187	1,203	1,207	1,193	1,193	1,210	1,193	1,177

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 3×10^{-2} , а для песчаного сланца 2×10^{-2} .

Таблица 2 – Расчетные значения коэффициента разрыхления пород на участках между глубинными реперами в боковой скважине на замерной станции №3

Удаление участка от контура, м	Время в сутках с момента установки														
	2	12	21	45	55	243	267	272	278	282	287	314	361	365	369
0,0-0,5	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
0,5-1	1,062	1,084	1,092	1,098	1,102	1,002	1,012	1,008	1,008	1,008	1,006	1,000	1,002	1,002	1,000
1,0-1,5	1,020	1,034	1,040	1,054	1,046	1,264	1,110	1,108	1,108	1,108	1,108	1,108	1,104	1,096	1,094
1,5-2	1,034	1,020	1,024	1,030	1,024	1,032	1,268	1,268	1,270	1,270	1,276	1,276	1,274	1,266	1,266
2,0-2,5	1,048	1,040	1,044	1,048	1,048	1,524	1,064	1,062	1,062	1,060	1,056	1,058	1,054	1,054	1,050

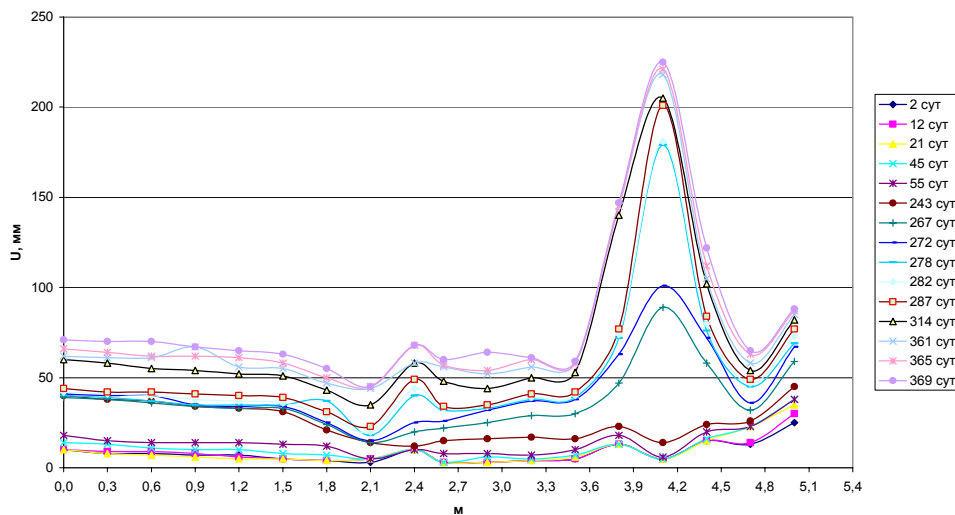


Рис.7 – Графики смещений глубинных реперов в кровле выработки на замерной станции №4

Как видно из данных представленных в табл.1 и 2, уже на вторые сутки наблюдений, разрушениями в боках выработки были охвачены породы на удалении 0,5-2,5 м от контура. В кровле, в это же время происходит разрушение пород на участках скважины, удаленных на 2,4-3,2 м и 3,8-4,4 м. К двадцать первым суткам наблюдений разрушения пород в кровле продолжают на этих же участках и распространяются вглубь массива на участок 3,5-4,7 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, наибольшие деформации происходят на участке скважины, удаленной от контура на 3,5-5,0 м. В дальнейшем, как показали наблюдения, деформаций распространяются вглубь массива в боках выработки, что сопровождается разрушением пород на участке вертикальной скважины от 2,1 до 2,4 м от контура. На 369 сутки наблюдений разрушением охвачены породы, удаленные на 2,1-5,0 м от контура в кровлю.

Анализируя графики, представленные на рис.7 и данные в табл.3 и 4, можно заметить, что на вторые сутки наблюдений разрушения пород в боках выработки произошли на удалении 0,5-1,0 м и 2,0-2,5 м от контура. В этот же период, в кровле выработки, разрушения имели место на участках удаленных от контура на 2,4-2,6 м; 3,5-4,4 м и 4,7-5,0 м. Дальнейшие наблюдения зафиксировали, продолжение разрушений пород в боках на участках, удаленных от контура на 0,5-1,0 м и 1,5-2,0 м. Оно сопровождалось запредельным деформированием пород кровли на участках 2,4-2,6 м и 3,5-5,0 м. На 55 сутки наблюдений, породы на участке боковой скважины, удаленные на 0,5-2,0 м от контура были разрушены. За этим последовало разрушение пород в вертикальной скважине на участке 1,8-2,1 м и продолжение разрыхления пород на ранее разрушенных участках. Не затухающие интенсивные разрушения пород в боках выработки на участках, удаленных от контура на 0,5-1,0 м и 1,5-2,0 м к 282 суткам наблюдений привели к распространению запредельных деформаций в кровле на удалении 1,8-2,6 м и 3,5-5,0 м от контура.

За период наблюдений 339-369 суток смещения контура на замерных станциях составили: от 51 до 69 мм со стороны кровли и 70 – 267 мм – со стороны боков выработки. Интенсивные смещения пород

со стороны боков выработки приводили к разрушениям стоек крепи (рис. 8) и пластическим деформациям угольного массива в сторону подхватов (рис. 9).

Таблица 3 – Расчетные значения коэффициента разрыхления пород на участках между глубинными реперами в вертикальной скважине на замерной станции №4

Удаление участка от контура, м	Время в сутках с момента установки														
	2	12	21	45	55	243	267	272	278	282	287	314	361	365	369
0,0-1,5	1,003	1,003	1,003	1,004	1,003	1,006	1,004	1,005	1,003	1,004	1,003	1,006	1,005	1,005	1,005
1,5-1,8	1,003	1,003	1,003	1,003	1,003	1,033	1,030	1,030	1,007	1,023	1,027	1,027	1,027	1,027	1,027
1,8-2,1	1,003	1,003	1,003	1,007	1,023	1,023	1,033	1,033	1,063	1,030	1,027	1,027	1,010	1,017	1,033
2,1-2,4	1,023	1,017	1,017	1,017	1,017	1,007	1,020	1,033	1,073	1,080	1,087	1,077	1,047	1,077	1,077
2,4-2,6	1,035	1,035	1,035	1,035	1,010	1,015	1,010	1,005	1,040	1,055	1,075	1,050	1,010	1,055	1,040
2,6-2,9	1,000	1,000	1,000	1,010	1,000	1,003	1,010	1,020	1,003	1,003	1,003	1,013	1,013	1,010	1,013
2,9-3,2	1,003	1,003	1,003	1,003	1,003	1,003	1,013	1,017	1,017	1,017	1,020	1,020	1,013	1,020	1,010
3,2-3,5	1,003	1,003	1,007	1,007	1,010	1,003	1,003	1,003	1,003	1,003	1,003	1,010	1,007	1,007	1,007
3,5-3,8	1,027	1,027	1,023	1,020	1,027	1,023	1,057	1,083	1,110	1,113	1,117	1,290	1,290	1,290	1,293
3,8-4,1	1,027	1,027	1,027	1,027	1,040	1,030	1,140	1,127	1,357	1,357	1,413	1,217	1,243	1,253	1,260
4,1-4,4	1,033	1,033	1,033	1,037	1,047	1,033	1,103	1,097	1,343	1,337	1,390	1,343	1,377	1,363	1,343
4,4-4,7	1,007	1,003	1,027	1,023	1,010	1,007	1,087	1,120	1,103	1,110	1,117	1,160	1,157	1,163	1,190
4,7-5,0	1,040	1,053	1,040	1,050	1,050	1,063	1,090	1,103	1,080	1,087	1,093	1,093	1,090	1,080	1,077

Таблица 4 – Расчетные значения коэффициента разрыхления пород на участках между глубинными реперами в боковой скважине на замерной станции №4

Удаление участка от контура, м	Время в сутках с момента установки														
	2	12	21	45	55	243	367	272	278	282	287	314	361	365	369
0,0-0,5	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
0,5-1	1,026	1,036	1,050	1,036	1,040	1,024	1,090	1,094	1,098	1,096	1,096	1,102	1,106	1,110	1,110
1,0-1,5	1,016	1,012	1,002	1,012	1,018	1,132	1,136	1,136	1,134	1,130	1,130	1,126	1,122	1,116	1,116
1,5-2	1,006	1,012	1,022	1,008	1,022	1,624	1,624	1,628	1,628	1,624	1,624	1,622	1,624	1,624	1,628
2,0-2,5	1,022	1,018	1,008	1,032	1,002	1,004	1,002	1,000	1,000	1,004	1,000	1,002	1,002	1,004	1,008

Проведенные шахтные инструментальные наблюдения позволяют сделать следующие выводы.

Активизация смещений пород в кровле и боках выработки происходит практически сразу, после отхода забоя на 8-10 м от замерной станции.



Рис. 8 – Характерные деформации боковых элементов крепи в выработке



Рис. 9 – Выдавливание верхней угольной пачки в месте крепления подхвата у стенки выработки

Разрушение пород в боках выработки ведет к развитию процессов деформирования в кровле.

Смещения пород на контуре, со стороны боков выработки, не менее чем в 1,8 раза превышают смещения со стороны кровли.

Наименьшие деформации пород кровли, за пределами заанкерванной толщи, наблюдались на участках выработки с меньшими значениями коэффициентов разрыхления пород в боках.

Разрушение (запредельное деформирование) пород кровли происходит на участках скважины, расположенных на удалении не менее 1,8 м от контура выработки (разрушается не более 25% толщины заанкерванной области пород).

Участок скважины, расположенный в пределах зоны анкерования смещается единым блоком, без существенного расслоения [3]. Это

подтверждается также результатами визуального обследования забоя перекрепляемой подготовительной выработки (351 сборный штрек шахты Тернопольская), закрепленной анкерной крепью (рис.10)

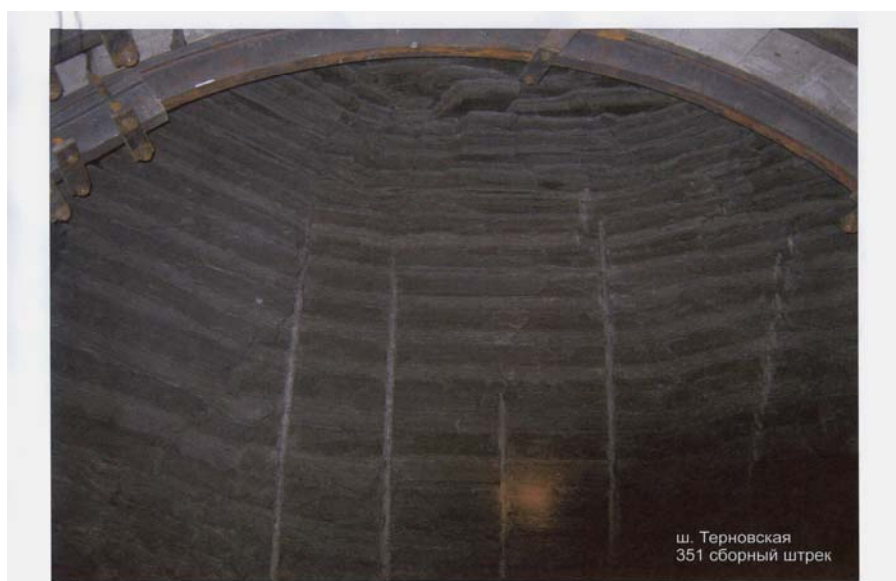


Рис.10 Состояние пород кровли в месте перекрепления 351 сборного штрека шахты Тернопольская.

Зона наиболее интенсивных разрушений пород в кровле выработки находится на удалении 3,5 и более метров от контура и приурочена к месту межслоевого контакта.

В ходе наблюдений, разрушения пород кровли в пределах зоны анкерования и непосредственно на контуре выработки зафиксированы на участках выработки с интенсивными деформациями боков (боковые смещения превышают вертикальные в 4-5 раз и более), на участках с капезом воды из кровли и в зонах с повышенной трещиноватостью, обусловленной наличием не прогнозируемых мелкоамплитудных геологических нарушений.

В настоящее время продолжают наблюдения за смещениями пород в шестом северном конвейерном штреке пласта m_5^{1B} горизонта

450 м, обслуживающей действующую лаву и в проводимом шестом южном конвейерном штреке пласта m_5^{1B} горизонта 450 м.

Литература

- [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., Сахно И.Г. Исследование особенностей деформирования породного массива, вмещающего выработку, закрепленную анкерной крепью //Известия Донецкого горного института. – Донецк: ДонНТУ, 2007. – №1. – С.82-88.