
© С.Н. Александров, Н.Н. Касьян,
А.О. Новиков, И.Н. Шестопалов,
2012

УДК 622.281.74

С.Н. Александров, Н.Н. Касьян, А.О. Новиков, И.Н. Шестопалов
ДЕФОРМИРОВАНИЕ ПОРОДНОГО МАССИВА,
ВМЕШАЮЩЕГО ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ ВЫРАБОТКИ
С АНКЕРНЫМ КРЕПЛЕНИЕМ

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

Ключевые слова: породный массив, деформация, геомеханическая ситуация, замерная станция.

Одним из условий эффективной и безопасной работы при поддержании выработок на шахтах Украины является обеспечение их устойчивости при минимальном расходе крепящих материалов. Металлические арочные податливые крепи, имеющие наибольший объем применения, выполненные из тяжелых спецпрофилей, в усложняющихся горно-геологических и горно-технических условиях отработки угольных месторождений, как показывает опыт, не обеспечивают необходимой устойчивости и безремонтного поддержания выработок. Их возведение является практически не механизированным, трудоемким процессом. Высокая материалоемкость крепей снижает технико-экономические показатели и сдерживает темпы проведения выработок. На угольных шахтах за рубежом происходит неуклонное увеличение объемов применения анкерного крепления, доля которого сегодня составляет: Австралия — 87 %, КНР - 83 %, США - 52 %. Оно позволяет в 5–10 раз уменьшить расход металло-проката, бетона, леса; в 3–5 раз повысить производительность работ при креплении выработок; в 2–3 раза повысить темпы проходки; вдвое сокра-

тить затраты на крепление и поддержание крепи в рабочем состоянии во время эксплуатации. Вместе с тем, объемы применения этого вида крепи на шахтах Украины в настоящее время не превышают 70 км. Одной из основных причин, препятствующих широкому внедрению анкерной крепи на шахтах является не достаточное понимание ее роли в процессе поддержания выработки, а также отсутствие нормативной базы, позволяющей с учетом конкретной геомеханической ситуации и опыта использования, обосновано принимать параметры крепления. В этой связи, исследования закономерностей и особенностей деформирования породного массива, вмещающего выработки с анкерным креплением для обоснования его рациональных параметров, являются актуальной задачей.

С целью изучения особенностей деформирования породного массива, вмещающего выработки, закрепленные анкерами, авторами статьи были проведены шахтные наблюдения на комплексных замерных станциях, оборудованных глубинными и контурными реперами.

Для исследований были выбраны подготовительные выработки, пройденные

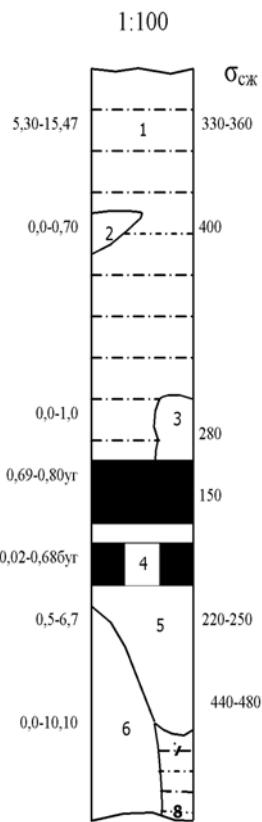


Рис. 1. Стратиграфическая колонка пласта m_5^{1B}

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. На пласте m_5^{1B} применяется столбовая система разработки. Лавы отрабатываются по простирианию. 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, массив-

ным, редко с горизонтальной слоистостью за счет переслаивания глинистым сланцем, малоустойчивым B_3 (в нарушениях B_2), со свойствами близкими к аргиллиту. Выше залегает песчаник светло-серый «кучерячик», с обуглившимися остатками корней растений, средней крепости. Еще выше залегает аргиллит темно-серый, плотный, с редкими плоскостями, средней крепости, малоустойчивый (B_3).

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.

Непосредственно в почве пласта залегает аргиллит темно-серый, массивный, в верхней части слоя сильно переслоен линзами угля, с обуглившимися растительными остатками, средней крепости, среднеустойчивый (Π_2). Основная почва пласта представлена песчаником 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.2. Плотность установки анкеров в кровлю — 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. Выработка пройдена с нижней подрывкой, максимальная глубина которой составляла 1,5 м. В течение всего периода наблюдений

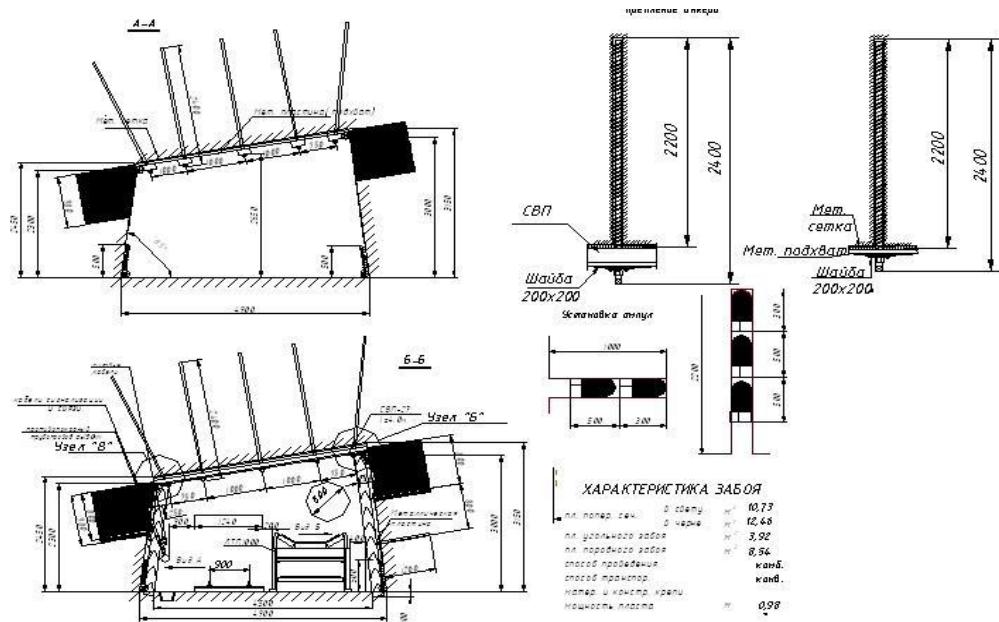


Рис. 2. Паспорт крепления выработки



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

замерные станции находились вне зоны влияния очистного забоя.

Оборудование замерных станций и производство замеров на них

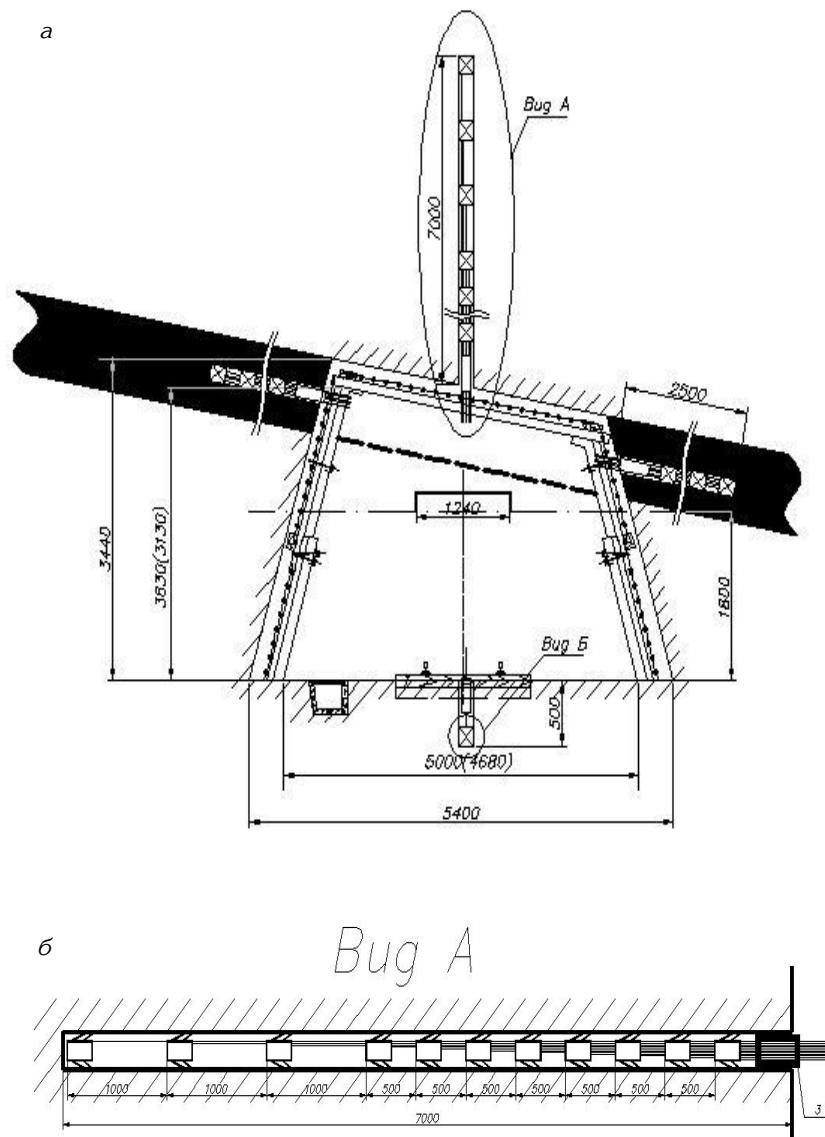


Рис. 4. Схема замерной станции (а) и общий вид скважины с глубинными реперами в кровле выработки (б)

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.

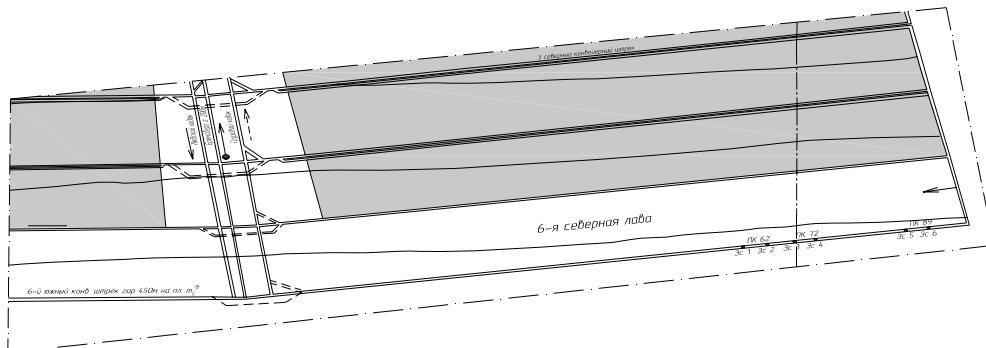


Рис. 5. Выкопировка из плана горных выработок с указанием мест установки замерных станций

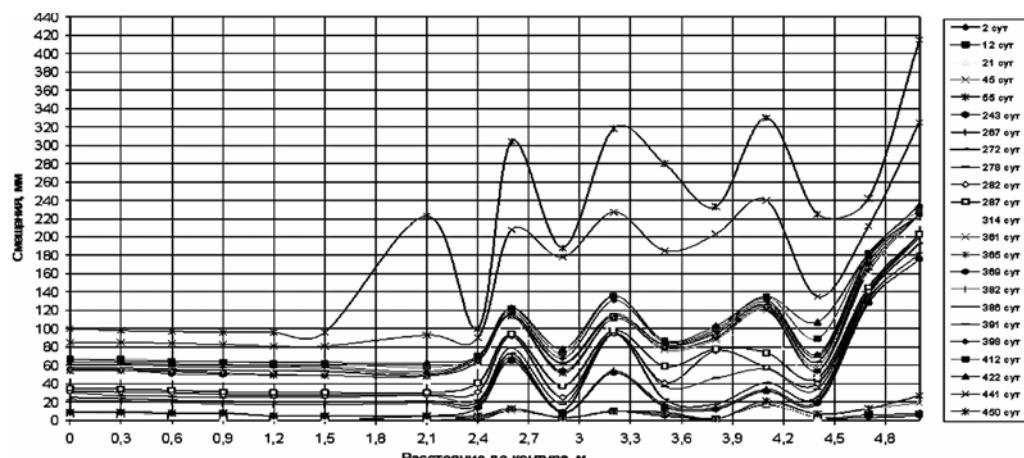


Рис. 6. Графики смещений глубинных реперов в кровле выработки на замерной станице № 3

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. 6—13). Поскольку характер смещений реперов на замерных станциях существенно не отличается, а объем статьи ограничен, приведем ниже наиболее характерные графики.

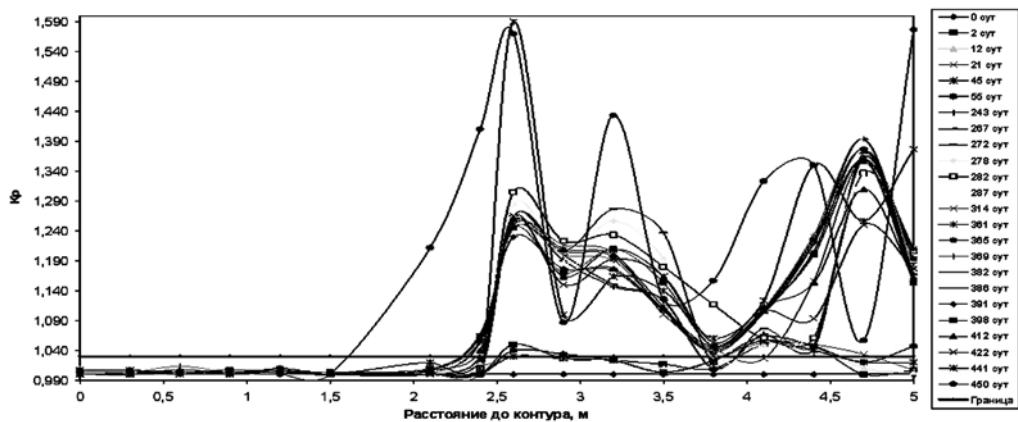


Рис. 7. Графики изменения коэффициента разрыхления пород на участках между глубинными реперами в кровле выработки на замерной станции № 3

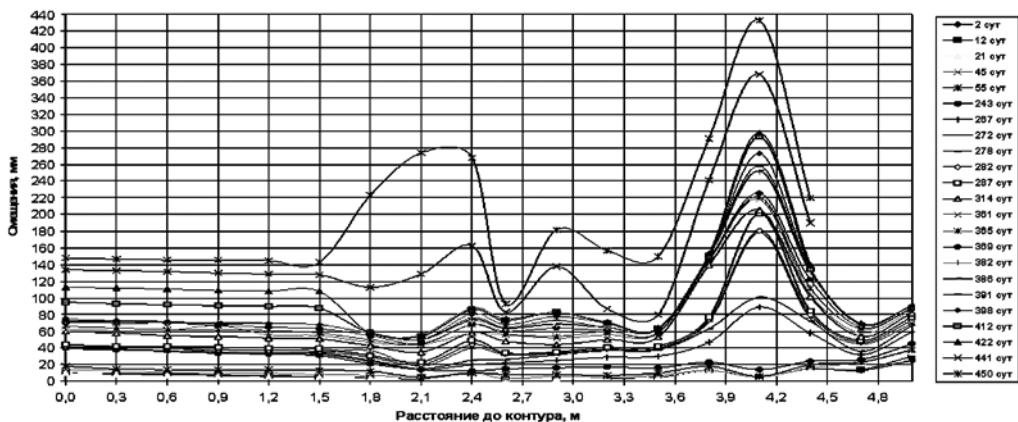


Рис. 8. Графики смещений глубинных реперов в кровле выработки на замерной станции № 4

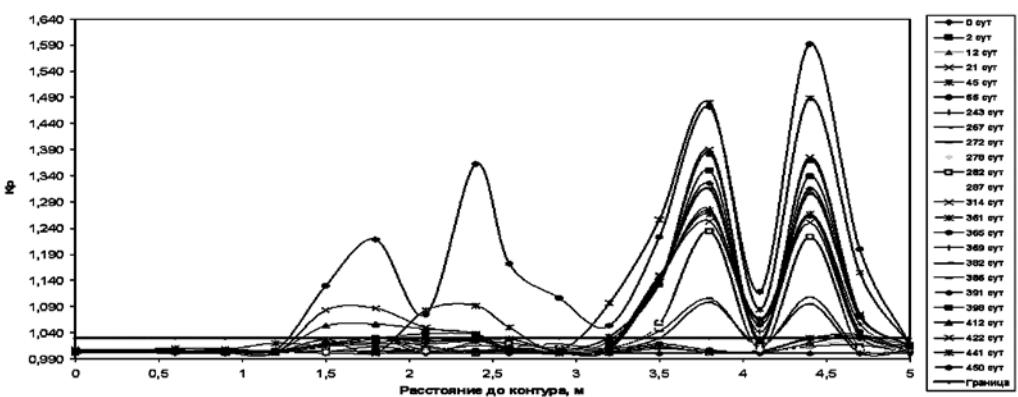


Рис. 9. Графики изменения коэффициента разрыхления пород на участках между глубинными реперами в кровле выработки на замерной станции № 4

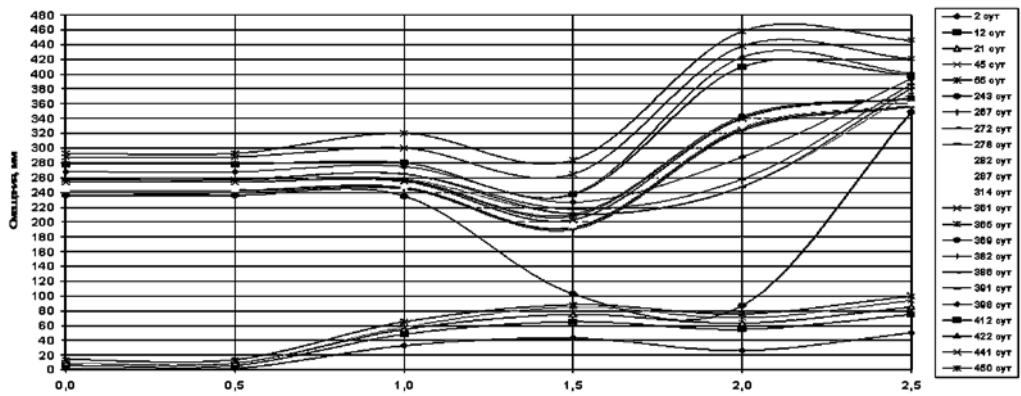


Рис. 10. Графики смещений реперов в боках выработки на замерной станции № 3

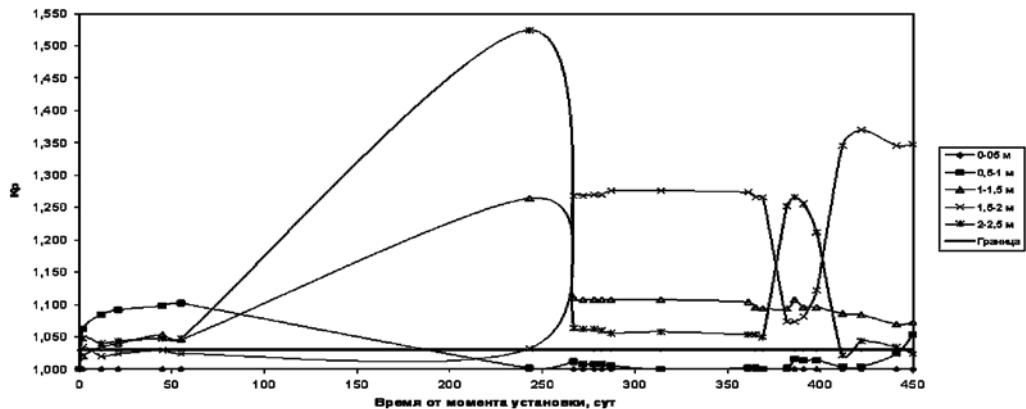


Рис. 11. Графики изменения коэффициента разрыхления пород на участках между глубинными реперами в боках выработки на замерной станции №3 во времени

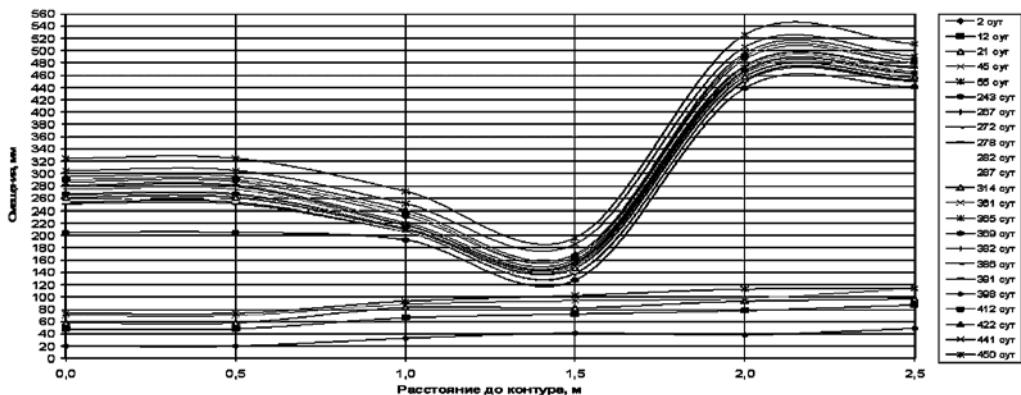


Рис. 12. Графики смещений реперов в боках выработки на замерной станции

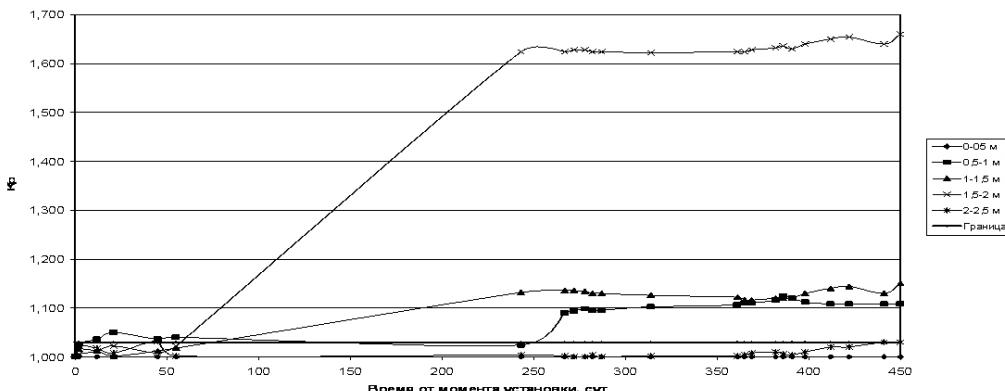


Рис. 13. Графики изменения коэффициента разрыхления пород на участках между глубинными реперами в боках выработки на замерной станции № 4 во времени

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} .

Как видно из данных представленных на рис. 6, 7, 10, 11, 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 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. К пятьдесят пятym суткам наблюдений разрушения пород в кровле продолжаются на этих же участках и распространяются вглубь массива на участки 2,4—2,6 м и 4,7—5,0 м. На сорок пятьые 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. 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.

Анализируя графики, представленные на рис. 8, 9, 12, 13, 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 2,4—2,6 м; 3,5—4,4 м и 4,7—5,0 м. Как показали дальнейшие наблюдения, продолжающиеся разрушения пород в боках на участках 0,5—1,0 м и 1,5—2,0 м сопровождались 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.

Это привело к разрушению пород в вертикальной скважине на участке 1,8—2,1 м и дальнейшему разрыхлению пород на ранее разрушенных участках. Продолжающиеся интенсивные разрушения пород в боках выработки на удалении 0,5—1,0 м и 1,5—2,0 м к 450 суткам наблюдений привели к распространению запредельных деформаций в кровле на удалении 1,5—2,6 м и 3,5—5,0 м от контура.

За период наблюдений 361—589 суток смещения контура на замерных станциях составили: от 67 до 150 мм со стороны кровли и 95—325 мм — со стороны боков выработки. Интенсивные смещения пород со стороны боков выработки приводили к разрушениям стоек крепи (рис. 14) и пластическим деформациям угольного массива в сторону подхватов (рис. 15).

Проведенные шахтные инструментальные наблюдения позволяют сделать следующие выводы.

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

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

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

4. Наименьшие деформации пород кровли, в пределах формирующейся вокруг выработки зоны неупругих деформаций, за пределами заанкерованной толщи, наблюдались на участках выработки с меньшими значениями коэффициентов разрыхления в боках.

5. Разрушение (запредельное деформирование) пород кровли проис-

ходит на участках скважины, расположенных на удалении не менее 1,8 м от контура выработки (разрушается не более 25 % заанкерованной области пород).

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

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 боках выработки зона деформирования пород, как правило, имеет области зональной дезинтеграции (на удалении 0,5—1,0 м и 2,0—2,5 м от контура разрушение происходит в первые двое суток наблюдений с последующим развитием разрушений в пределах первоначально не нарушенного участка 1,0—2,0 м).

Разрушения пород кровли в пределах зоны анкерования и непосредственно на контуре выработки, зафиксированы на участках выработки с интенсивными деформациями боковых вмещающих пород (боковые смещения превышают вертикальные в 4—5 раз и более), а также при нарушениях технологии работ (при превышении зазора между стенками скважины и стержнем анкера, что приводит к не полному проклеиванию анкера в шпуре), на участках с капежом воды из кровли и в зонах с повышенной трещиноватостью, обусловленной наличием не прогнозируемых мелкоамплитудных геологических нарушений.

В настоящее время продолжаются наблюдения за смещениями пород в шестом северном и шестом южном конвейерных штреках пласта t_5^{1B} горизонта 450 м, обслуживающих действующие лавы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методические указания по исследованию горного давления на угольных и сланцевых шахтах. — Л.: ВНИМИ. — 1973. — 102 с.
2. Черняк И.Л. Повышение устойчивости подготовительных выработок. — М.: Недра, 1993. — 256с.
3. Новиков А.О., Гладкий С.Ю., Шестопалов И.Н. Об особенностях деформирования породного массива, вмещающего подготовительные выработки с анкерным креплением //Известия Донецкого горного института. — Донецк: ДонНТУ, 2008. — № 1. — С. 82—88. **ГИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Александров Сергей Николаевич — доктор технических наук, профессор, e-mail: rpm@mine.dgtu.donetsk.ua,
Касьян Николай Николаевич — доктор технических наук, профессор, e-mail: rpm@mine.dgtu.donetsk.ua,
Новиков Александр Олегович — кандидат технических наук, доцент, e-mail: rpm@mine.dgtu.donetsk.ua, alexfelinov@skif.net,
Шестопалов Иван Николаевич — аспирант, e-mail: rpm@mine.dgtu.donetsk.ua.
Донецкий национальный технический университет.



Р У К О П И С И , ДЕПОНИРОВАННЫЕ В ИЗДАТЕЛЬСТВЕ «ГОРНАЯ КНИГА»

АППАРАТНЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ИСПОЛНЕНИЯ ИСКРОЗАЩИТЫ И ВЗРЫВОЗАЩИТЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ НА ПРАКТИКЕ

(№897/06-12 от 19.03.12, 6 с.)

Волошиновский К.И. — кандидат технических наук, Московский государственный горный университет, e-mail: volkir@nm.ru.

Приведен перечень нормативных документов и ряда практических применений, с которыми приходится работать разработчикам и монтажно-наладочным организациям в сфере промышленного учета газа. Приведены примеры и описания законно применяемых решений и схем в сфере промышленного учета газа в соответствии с разрешениями Ростехнадзора и государственного реестра средств измерений, с учетом категории взрывозащищенности и искробезопасности помещений в которых производится установка регулярно применяемого оборудования для промышленного учета газа.

Ключевые слова: промышленный учет, природный газ, искрозащита.

HARDWARE & CIRCUIT DECISIONS FOR IMPLEMENTING SPARK AND EXPLOSION SAFETY, PRACTICALLY USABLE

Voloshenovskiy K.I.

In the article adduced the list of standard and normative documents with the list of practical appliances with which developers and tune-mounting organizations in industrial gas accounting. Also adduced the examples and descriptions of legally used decisions and schemes in the field of industrial gas accounting in accordance with Rostechnadzor permissions and state metrological list of measurement equipment, taking into account dust-ignition-proof category of industrial areas where commonly used gas account devices are mounted. In the article shown that the choice of ready-made decisions for tune-mounting organization is usually related with complete complex decision with dust-ignition-proof category «A» can't be considered without examination of inner structure of ready made schemes & purposeful spark & explosion safety schemes and their junction schemes developing.

Key words: industrial account, natural gas, implementing spark.