

УДК 622.281.74.

А.В. Ремезов, А.А. Гладких, Л.М. Коновалов, А.И. Жаров

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЯВЛЕНИЯ ГОРНОГО ДАВЛЕНИЯ В ВЫРАБОТКАХ ПРИ НЕПОСРЕДСТВЕННОЙ БЛИЗОСТИ ОТ КОНТУРА ГОРНЫХ РАБОТ РАЗРЕЗА

Для экономического развития страны Кузнецкий бассейн имеет большое значение. Его богатые угленосные отложения сосредоточены на небольшой территории. Наиболее весомые промышленные запасы угля приходятся на пологие пласти мощностью до 2,5 метров.

Процессы управления горным давлением в технологии подземной добычи угля являются трудоемкими, поэтому вопросы их совершенствования, создания эффективных крепей и выемочных машин были и остаются важнейшей народнохозяйственной задачей.

Важнейшим условием нормальной работы шахт является своевременное проведение подготовительных выработок для воспроизведения очистного фронта.

Анализ и обобщение состояния горно-подготовительных работ и обследования выработок шахт бассейна показали, что на стадии проходки примерно в 25 – 30 % из них происходят опасные деформации и потеря устойчивости породных обнажений, в том числе около 40 % вне зоны влияния очистных работ и 60 % – в зоне влияния очистных работ.

Потеря устойчивости породных обнажений приводит к снижению скорости проведения выработок на 40 – 45 % и увеличению расхода крепежных материалов. Кроме того, 35 – 40 % несчастных случаев при горно-подготовительных работах обусловлены потерей устойчивости породных обнажений и обрушением пород кровли и боков выработок.

Работы по заделке вывалов пород в выработках довольно опасны, трудоемки и связаны с дополнительными расходами

крепежных и других материалов.

Одной из основных причин потери устойчивости породных обнажений в горизонтальных горных выработках и увеличения затрат на их крепление, в особенности с углублением горных работ или при проходке в сложных горных условиях, является недостаточная изученность геомеханических процессов в приконтурных слоях породного массива. Сложность задачи по повышению устойчивости породных обнажений горизонтальных горных выработок на шахтах Кузбасса в значительной мере обусловлена большим разнообразием горно-геологических условий – по мощности и углу падения пластов, строению и прочности вмещающих пород и др.

Не редко перед горными инженерами на предприятии становится сложная задача по совмещению различных горных работ во времени и пространстве. На ОАО «Шахта. Колмогоровская - 2», в 1998 г. при проведении подготовительных оконтуривающих горных выработок и затем отработке выемочного столба № 13-12 по пласту Байкоинскому возникла необходимость совмещения работ в зоне влияния от работ разреза на поверхности. В связи с этим возникла необходимость в разработке специального проекта с учетом дополнительных мер безопасности и постоянного наблюдения за проявлениями горного давления и состоянием крепи горных выработок, так как область действия применяемой в угольной отрасли «Инструкции ...» [3] не распространяется на применение анкерной крепи в специфических и особо сложных условиях.

«Центром Анкерного Крепления Кузбасса» совместно с сотрудниками кафедры РМПИ Кузбасского Государственного Технического Университета была разработана методика инструментальных наблюдений за проявлением горного давления в вентиляционном штреке № 13-12.

Необходимо отметить, что проходка вентиляционного штрека № 13-12 была начата в июле 1998 г и было пройдено 700 м.

Половина пройденного штрека была закреплена смешанной рамной крепью, состоящей из металлического верхняка (СВП - 17), установленного на деревянные стойки. Вторая часть штрека до самого тупика была закреплена металлическими подхватами из швеллера № 18, установленного на 3 сталеполимерных анкера длиной 1,8 м. Кровля между подхватами перетягивалась металлической решетчатой затяжкой, изготовленной из прутка металла диаметром 6 мм.

В результате создавшейся производственной ситуацией, шахта вынуждена была приостановить дальнейшее проведение вентиляционного штрека № 13-12 на длительный срок и использовать это время для проведения натурных исследований в тупиковой части вентиляционного штрека № 13-12 за состоянием анкерного крепления в данных горно-геологических условиях на протяжении длительного времени

Для обеспечения шахтных инструментальных наблюдений для обоснования параметров сталеполимерной анкерной крепи, применяемой в подготовительных штреках, был проведена работа по заложению замер-

ных станций для измерения проявлений горного давления, конвергенции и деформации пород на контуре выработки. Так же были выполнены работы по установке глубинных реперов для инструментального и визуального контроля состояния пород кровли на экспериментальном участке. Для анализа горно-геологических условий применения сталеполимерной анкерной крепи был осуществлен отбор и испытание образцов пород из забоев подготовительных выработок с использованием прибора БУ-39 согласно ГОСТа 24941-81 «Методы определения механических свойств нагружением сферическими инденторами».

Согласно разработанной методике замерная станция измерений конвергенции пород на контуре выработки включает в себя 5-7 замерных пунктов. Каждый замерный пункт состоит из 4 контурных реперов, позволяющих снимать показания вертикальной и горизонтальной

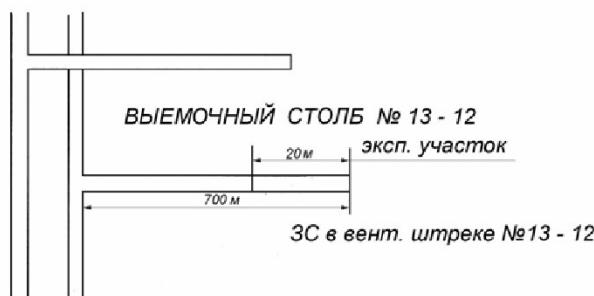


Рис. 1. Горно-геологическая характеристика пл. Байкаимского

конвергенции (см. рис. 2). Первый замерный пункт устанавливается в непосредственной близости от забоя. Следующие замерные пункты устанавливаются на расстоянии 4-5 м. друг от друга.

В тупиковой части вентиляционного штрека 13-12 на экс-

perimentальном участке, так же были установлены глубинные репера с цветовыми индикаторами (рис. 3). В пробуренную замерную скважину диаметром 43 мм и глубиной до 6 м (минимум 1 м выше горизонта анкерования) устанавливают 2 глубинных репера. Один глубин-



Примечание:

- глубинная замерная станция

- испытуемый анкер прибором ПКА-1

Рис. 2. Схема расположения замерной станции выемочного столба № 13-12

ный репер со струной посредством досылочной штанги досыпают до дна скважины. Другой глубинный репер со струной устанавливают ниже конца анкера на 100 мм. После установки глубинных реперов устанавливают устьевую втулку. Напротив цветовых индикаторов по вертикали в почву забивают почвенный репер для измерения смещений кровли.

Визуальный контроль производится по светоотражающим

цветовым индикаторам смещений пород кровли, выступающим из устья шпура:

- синий цвет показывает, что расслоение закрепленных пород кровли находится в допустимых пределах;
- белый цвет - предупреждающий о приближении к критическим величинам расслоения пород;
- красный цвет сигнализирует о критической величине расслоения пород кровли.

Замеры снимаются по шкалам, нанесенным на индикаторах глубинных реперов и рулеткой от глубинных реперов до репера в почве выработки.

Горно-геологическая характеристика пласта Байкаимского в условиях выемочного столба № 13-12 весьма сложная. Пласт имеет сложное строение, средняя мощность - 5,4 м, угольных пачек - 4,8 м. Уголь пласта Байкаимского крепкий $f = 2,5$, вязкий, полублестящий, плотный,

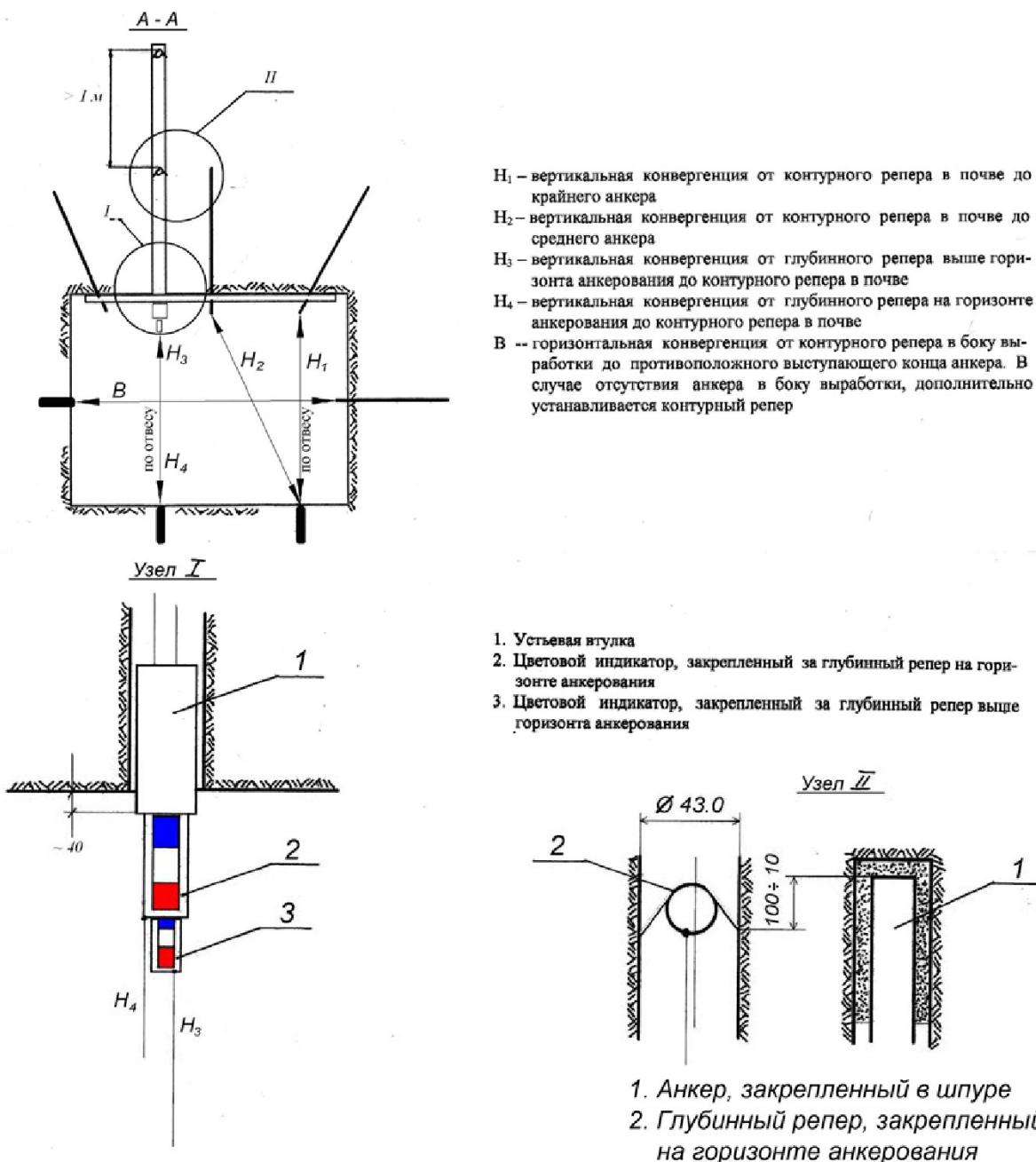


Рис. 3. Схема инструментальных измерений

сопротивляемость пласта резанию $A = 156$ кгс/см. Влажность угля 6-6%, нижний предел взрывчатости угольной пыли – 35 г/м³, по пылевому фактору пласт отнесен к V группе.

Гипсометрия пласта слабоволнистая, угол падения 13 - 14 град.

Непосредственная кровля пласта средней устойчивости, представлена мелким алевролитом мощностью от 2 - 7 м; крепостью $f = 4$. На отдельных участках имеется слой "ложной" кровли в виде углистого аргиллита мощностью 0,2 м и крепостью $f = 2$. Основная кровля среднеобрушааемая, сложена переслаиванием песчаника и алевролита мощностью до 10 м. Непосредственная почва пласта мощностью 3 м. не склонна к пучению, представлена мелким алевролитом.

Замерная станция была заложена 20 ноября 1998 г и состояла из пяти замерных пунктов. Каждый замерный пункт позволяет снимать показания вертикальной и горизонтальной конвергенции.

Для снятия показаний вертикальной конвергенции замерные пункты были оборудованы контурным репером в почве выработки – по отвесу от крайнего правого анкера по ходу в забой. Расстояние H_1 - от репера до выступающего конца правого крайнего анкера; расстояние

H_2 - от репера до выступающего конца среднего анкера. Замеры снимаются конвергометром (рис. 3).

Для снятия показаний горизонтальной конвергенции на каждом замерном пункте в левый бок выработки по ходу в забой был установлен контурный репер. В правый бок выработки был установлен чёпик, с забитым в него гвоздем. Замеры снимались рулеткой ВНИМИ. Конец рулетки подводился к шляпке гвоздя.

Схема расположения замерных пунктов показана на рис. 2.

ЗП-1 находится на втором подхвате анкерной крепи по ходу в забой. Остальные – на равных расстояниях (4 м) друг от друга.

Продолжительность наблюдений за конвергенцией в вентиляционном штреке № 13-12 на пунктах замерной станции составила 157 суток.

Данные наблюдений записывались сотрудниками в специальный журнал, а затем были сведены в табл. 1.

По данным наблюдениям были построены графики вертикальной конвергенции на замерных пунктах, а также графики скорости вертикальной конвергенции (рис. 4 – 8).

Полученные данные в результате проведенного наблюдения позволяют сделать вывод, что максимальная вертикальная

конвергенция на замерных пунктах 1 – 5 за время наблюдения не превысила 5 мм (на З.П. № 4), а скорость вертикальной конвергенции не превысила 0,4 мм/сут (на З.П. № 3 – № 4). По истечению 157 суток с начала наблюдений вертикальная конвергенция в вентиляционном штреке прекратилась.

Результаты данных наблюдений позволяют сделать вывод о том, что в данных горно-геологических условиях крепление вентиляционного штрека № 13-12 можно производить анкерным креплением.

В разработанном специалистами шахты паспорте крепления монтажной камеры № 13-12 предлагалось ее проведение осуществить за два приема. Вначале проходится выработка шириной 4,5 м, а затем расширялась до ширины 6,5 м.

Крепление первоначальной выработки (монтажной камеры) было произведено сталеполимерной анкерной крепью: верхняк из швеллера № 8-10 закреплен на 4 анкера длиной 2,2 м (на одну ампулу) с плотностью крепления 1,66 анк/м². На втором этапе предполагалась присечка выработки на 2,5 м (до 6,5 м) с последующей установкой анкеров глубокого заложения посередине монтажной камеры в качестве усиления крепи.

Используя данные натурных исследований в вентиляцион-

Таблица 1. Данные конвергенции и ее скорости на замерных пунктах (З.П.) 1 – 5

Периодичность замеров, дней.	ЗП. 1		ЗП. 2		ЗП. 3		ЗП. 4		ЗП. 5	
	Расстояние до забоя 20 м.		Расстояние до забоя 16 м.		Расстояние до забоя 12 м.		Расстояние до забоя 8 м.		Расстояние до забоя 4 м.	
	Конвергенция, U_{cp} , мм	Скорость конвергенции, мм/сут	Конвергенция, U_{cp} , мм	Скорость конвергенции, мм/сут	Конвергенция, U_{cp} , мм	Скорость конвергенции, мм/сут	Конвергенция, U_{cp} , мм	Скорость конвергенции, мм/сут	Конвергенция, U_{cp} , мм	Скорость конвергенции, мм/сут
4	1	0,16	0	0	1	0,16	0	0	4	0,33
12	1	0,04	1	0,04	2	0,23	5	0,1	3	0,1
18	2	0,25	2	0,33	1	0,25	4	0,35	1	0,25
40	2	0	1	0,04	1	0,1	1	0,25	3	0,25
44	3	0,16	2	0,1	2	0,1	1	0	2	0,16
56	1	0,04	2	0	1	0,04	2	0,24	2	0
70	2	0,16	3	0,25	0	0	0	0	3	0,24
108	1	0,1	0	0	1	0,13	3	0,04	4	0,3
130	1	0	0	0	1	0	2	0,16	1	0,15
157	0	0	1	0,16	0	0	1	0,04	0	0

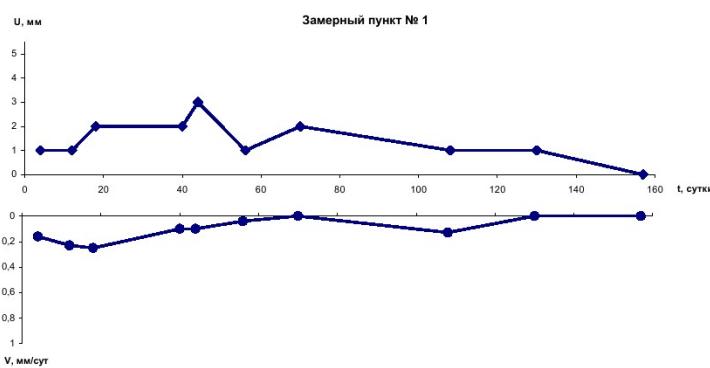


Рис. 4. Графики вертикальной конвергенции и скорости вертикальной конвергенции на замерном пункте №1

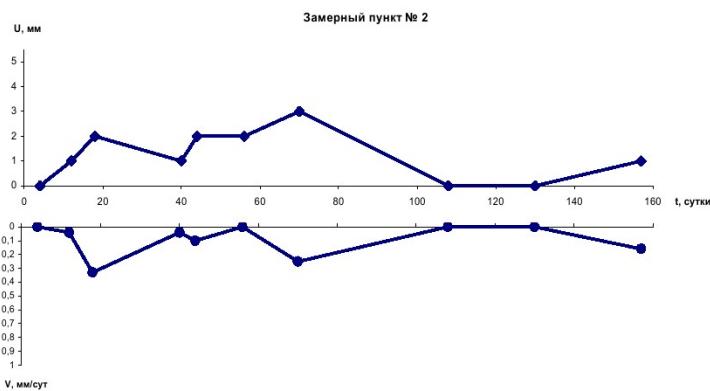


Рис. 5. Графики вертикальной конвергенции и скорости вертикальной конвергенции на замерном пункте №2

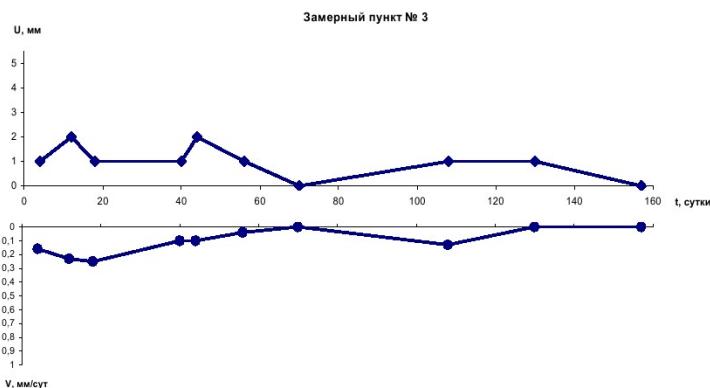


Рис. 6. Графики вертикальной конвергенции и скорости вертикальной конвергенции на замерном пункте №3

ном штреке № 13-12 и тщательно проанализировав сложившуюся горно-геологическую ситуацию нами было предложено произвести изменение первоначального варианта крепления монтажной камеры № 13-12 на втором этапе ее проведения.

Был произведен пересчет анкерного крепления монтажной камеры № 13-12.

Расчет крепи был произведен по расчетной прочности

пород, уменьшенной по сравнению с заданной крепостью при шахтном расчете, ввиду того, что породы кровли ослаблены наличием воды, поступающей из затопленных выработок разреза на поверхности, т.е. принимаем III тип кровли [3] с коэффициентом, учитывающим трещиноватость кровли, равным 0,6

$$R_{c,kp}=40 \cdot 0.6 = 24 \text{ МПа}$$

При этом смещения пород

кровли составят:

$U = U_T \cdot K_\alpha \cdot K_{sh} \cdot K_b \cdot K_\phi =$
 $= 125 \cdot 0,25 \cdot (6,5 - 1) \cdot 1 \cdot 0,9 = 154$ мм; нагрузка на анкера составила $P = 88 \text{ кН/м}^2$, то длина анкерных стержней по расчету - 3,1 м. Принимая на заданную ширину выработки (6,5 м) 8 анкеров, получили расстояние между верхняками (при условии крепления анкерных стержней на две ампулы):

$$C = (8 \cdot 70) / (6,5 \cdot 88) = 0,97 \text{ м.}$$

Расчетную величину длины анкеров уменьшили за счет увеличения сопротивления анкерной крепи (п. 3.3.3 Инструкции... [3]), увеличив ее в 1,5 раза, следовательно, при нагрузке $P=132 \text{ кН/м}^2$ длина анкера составила 2,5м, а расстояние между верхняками – 0,6м.

При выполнении всех расчетов была предложена следующая схема крепления монтажной камеры (рис. 9):

- закрепление монтажной камеры на анкера длиной 2,5м в следующем порядке: присекаемую часть крепить на 4 анкера длиной 2,5м (верхняк $l = 3,6 \text{ м}$) и усилить пройденную часть двумя анкерами длиной 2,5м;

- крепление анкерных стержней на две ампулы;

- расстояние между верхняками принять равным 0,6м;

- усилить крепь стыковыми анкерами длиной 3,6м (1 анкер через 0,6 м примерно посередине выработки) с использованием в качестве подхвата шайб или отрезков швеллера длиной 300-400мм;

- общее количество анкеров длиной 2,5м по ширине выработки – 6 штук + 1 анкер длиной 3,6м;

- анкерные стержни применить с метрической резьбой.

Так как расчетный коэффициент шага расположения верхняков по кровле 0,57 с учетом шести анкерных стержней на всю ширину монтажной камеры, плюс седьмой стыковой анкер длиной 3,6м, крепление камеры при увеличении сечения производить с шагом расположе-

жения верхняков по кровле 0,6 м. Установленные ранее подхваты и анкерные стержни $l = 2,2$ м, использовать, как дополнительное крепление кровли монтажной камеры № 13-12.

Анализ горно-геологической и горнотехнической ситуации показал, что структура и состав, вмещающих пласт, горных пород в основном не изменились в части значительного уменьшения устойчивости контурных слоев выработок, по сравнению с условиями предыдущих лав по пласту Байкаимскому, но появились зоны локального увлажнения пород кровли выработок, где устойчивость, естественно, меняется. Зоны повышенной влажности для выработок выемочного столба № 13-12 связаны со скоплениями воды в углублениях от работ разреза на поверхности. Известно, что открытые работы сопровождаются массовыми взрывными работами значительной мощности, что может увеличивать естественную трещиноватость крепких, хрупких пород. К таким породам, в первую очередь, относятся уголь и песчаники. В результате анализа можно предположить увлажнение пород кровли выработок

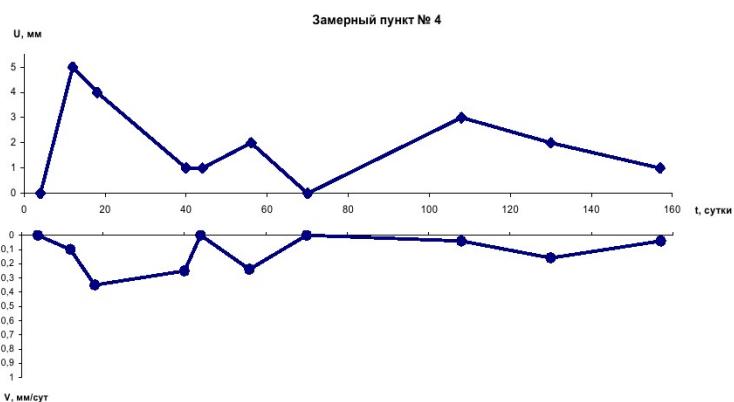


Рис. 7. Графики вертикальной конвергенции и скорости вертикальной конвергенции на замерном пункте №4

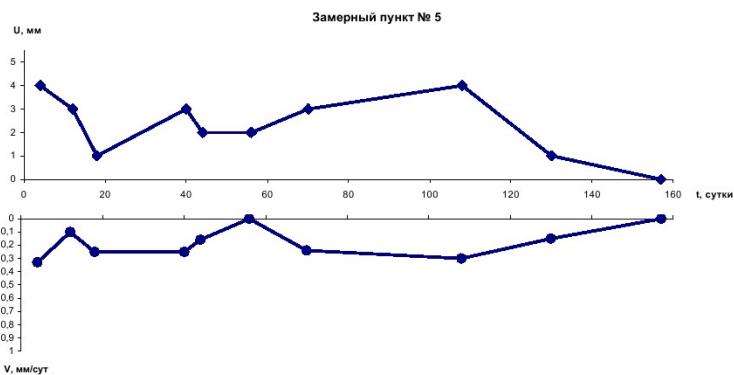


Рис. 8. Графики вертикальной конвергенции и скорости вертикальной конвергенции на замерном пункте №5

лавы № 13-12 за счет проникновения в песчаники воды из скоплений в углублениях на поверхности вследствие открытых горных работ.

На плане горных работ четко прослеживается линия откоса горных работ разреза, которая находится в непосредственной близости от контура горных

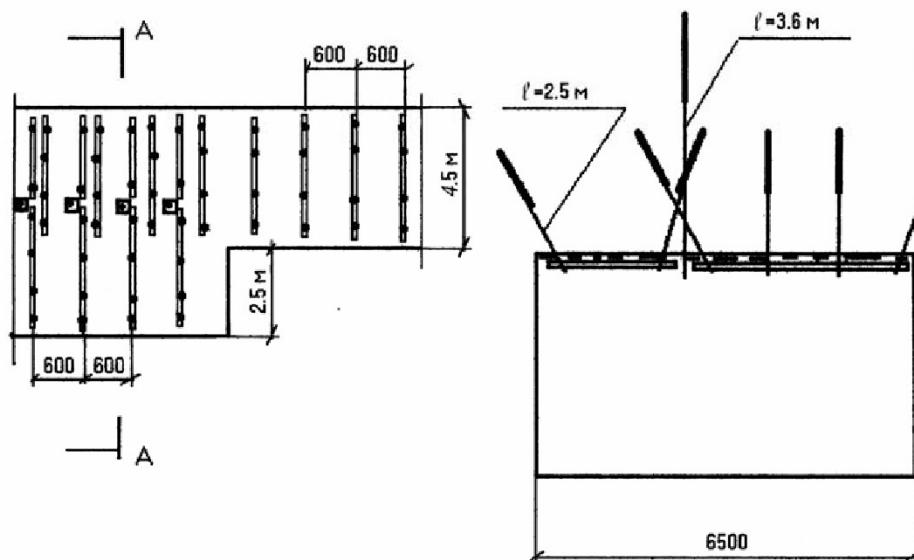


Рис. 9. Схема крепления монтажной камеры № 13-12

выработок лавы № 13-12 и при приближенном построении зон повешенного горного давления (ПГД), эта линия может служить краевой частью горного массива, передающей повышенное напряжение на нижележащие слои пород и угольные пласти. Это также может уменьшить устойчивость контурных слоев выработок за счет повышения напряжений вмещающих пород. Фактическое обследование выработок и сопротивление зон повышенных деформаций контура и крепи с границами зон запасов воды и откоса разреза, дает основание утверждать, что влияние границ разреза отрицательно оказывается на подземные горные работы.

В результате общего анализа причин увеличения деформаций контура и крепи монтажной камеры и конвейерного штрека лавы № 13-12 можно сделать следующие выводы.

Состояние вентиляционного штрека значительно лучше, чем монтажной камеры и конвейер-

ного штрека. Основными причинами являются:

- вентиляционный штрек расположен значительно ближе к открытой поверхности;

- штрек проводился в 1998 году с использованием регламентированной анкерной крепи, где стержень АКС применен с метрической резьбой, что позволило обеспечить начальный распор анкерных стержней;

- при проведении монтажной камеры и конвейерного штрека для крепления кровли применен преимущественно анкерный стержень А20В;

- при углублении горных работ, естественно, и при проявлении влияния опорных краевых частей горных работ разреза увеличиваются напряжения вмещающих пород.

Исходя из проведенной работы и полученных данных специалистам ОАО «ш. Колмогоровская - 2», рекомендовано следующее.

1. При планировании развития подземных горных работ шахты учитывать фактическое

влияние краевой части уступа, оставленного разрезом на поверхности, а также скопление воды в углублениях, созданных открытыми работами на поверхности.

2. Обеспечить строгий контроль выполнения паспортных требований по креплению выработок при проведении, а также инструментальный контроль состояния контура и крепи выработок, проводимых в опасных зонах, созданными открытыми горными работами и собственными горными работами.

3. При снижении устойчивости боковых пород, особенно в зонах повышенного их увлажнения, применять в качестве сталеполимерного анкерного стержня анкер АКС производства завода «Красный Октябрь».

4. Провести стендовые испытания несущей способности стыковых анкерных стержней длиной 3,6 м, установленных на сопряжении вентиляционного штрека с монтажной камерой, на их соответствие расчетной несущей способности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горное давление в подготовительных выработках угольных шахт. / Г.Г. Штумпф, П.В. Егоров, А.И. Петров, Б.В. Красильников / Москва. «Недра».1996.
2. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях. С-Петербург, ВНИМИ.1998.
3. Инструкция по расчету и применению анкерной крепи на угольных шахтах России, С-Петербург, 2000г.
4. Указания по рациональному расположения, охране и поддержанию горных выработок на угольных шахтах СССР. ВНИМИ. Ленинград.1986.
5. Расчет анкерной крепи для различных условий применения / Широков А.П., Лидер В.А., Писляков Б.Г. М.: «Недра», 1976, 209с.
6. Отчет по исследованиям проявлений горного давления в выработках пл. Байкаимского при отработке лавы № 13-12. Исполнители: методическое руководство работами директор ООО «ЦАКК» к.т.н. Коновалов Л.М.; ведущие горные инженеры ООО «ЦАКК» Долгов А.П., Пашенцев В.П.; Л-Кузнецкий., 2002 г.

□ Авторы статьи:

Ремезов

Анатолий Владимирович
– докт. техн. наук, проф.
каф. разработки месторо-
ждений полезных иско-
паемых подземным спосо-
бом КузГТУ,
rav.rmpi@kuzstu.ru

Гладких

Алексей Александрович
– магистр II курса ГУ
КузГТУ,
тел.: 8(3842)58-51-23

Коновалов

Леонид Михайлович
– канд.техн.наук, директор
Центра анкерного крепле-
ния Кузбасса
(г. Ленинск-Кузнецкий,
Кемеровская область),
тел.: 8(38456)3-68-46

Жаров

Александр Иванович
– докт.техн.наук, директор
филиала ГУ КузГТУ
(г. Белово)