

ПРОВЕДЕНИЕ И МОНИТОРИНГ ОТКАТОЧНОГО КВЕРШЛАГА ПРИ ПЕРЕСЕЧЕНИИ РЕГИОНАЛЬНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ПСП ШАХТЫ «САМАРСКАЯ» ПАО «ДТЭК ПАВЛОГРАДУГОЛЬ»

*В.Г. Снигур, В.В. Панченко, ПАО «ДТЭК Павлоградуголь», Украина
С.Н. Ганеев, А.В. Солодянкин, К.В. Кравченко, Национальный горный университет, Украина*

Приведены результаты визуальных и инструментальных наблюдений за состоянием откаточного квершлага гор. 300 м, которые выполнялись в условиях его проведения при пересечении региональных геологических нарушений с учетом установленных особенностей геомеханического и гидрогеологического рисков.

Введение. Увеличение добычи угля при одновременном росте его конкурентоспособности требует строительства комплекса капитальных и основных магистральных протяженных выработок шахт.

Объемы строительства выработок способны дать положительный результат только в том случае, когда будут обеспечены значительные скорости их сооружения при одновременной экономии ресурсов при строительстве и последующей эксплуатации объектов.

Наиболее важной задачей в этом плане является сооружение, крепление и поддержание в рабочем состоянии капитальных и основных магистральных протяженных горных выработок, которые обеспечивают подготовку к выемке угольных пластов: от эксплуатационной надежности их охранных конструкций зависит ритмичность и эффективность работы шахты.

Переход Богдановского сброса откаточным квершлагом пл. С10в шахты «Самарская» являлся приоритетным проектом ШУ «Терновское» на 2015 г. Практического опыта пересечения выработками региональных нарушений на шахтах Западного Донбасса на начало реализации этого проекта не было.

Актуальность задачи значительно возрастает в связи с тем, что производственными программами шахтоуправления и ПАО «ДТЕК ПАВЛОГРАДУГОЛЬ» в ближайшие годы запланировано еще восемь аналогичных пересечений крупных геологических нарушений.

Постановка задачи исследований. Начало подготовки пласта С10в к отработке начинается с проведения откаточного и конвейерного квершлагов пласта С10в с горизонта 300 м шахты «Самарская» в соответствии с «Рабочим проектом проведения разведочных выработок с гор. 300 м, пересекающих зону Алефировского и Богдановского сбросов», разработанным институтом «Днепрогипрошахт» в 2006 году.

В 2010 году было начато проведение откаточного квершлага пласта С10в. Выработка пройдена до ПК 129+8 м з с проектным уклоном $i=0,017$ и 11 июня 2012г. изолирована перемычкой, установленной на ПК13+5м. Общая протяжённость тупиковой части выработки составила 1160 м.

Крепление откаточного квершлага пласта С10в производилось рамно-анкерным креплением с использованием металлической податливой крепи КШПУ-11,7 и установкой 8-и анкеров по контуру выработки. Шаг установки рам крепи и анкерного ряда 0,8м. Затяжка кровли и бортов выработки – сетка затяжка. В опасной зоне у предполагаемого тектонического нарушения «Алефировский сброс» и до её остановки выработка проводилась с установкой рам арочной крепи КШПУ-11,7 с шагом 0,5м., установкой 9-ти стальных анкеров $L=2,4$ м. по контуру выработки. Шаг установки анкерных рядов 1,0м. Затяжка выработки производилась сеткой затяжкой.

2011 г. – приостановка работ по проведению откаточного квершлага пл. С10в по причине задержки в оформлении специального разрешения на строительство и эксплуатацию подземных сооружений в границах коридоров. В 2013 г. был получен акт горного отвода, разрешающий проведение горных выработок в пределах коридора №1 (рис. 1).

В мае 2015 г. работы по проведению Откаточного квершлага пл. С10в были возобновлены. Проведение и крепление откаточного квершлага при пересечении

региональных геологических нарушений с учетом установленных особенностей геомеханического и гидрогеологического рисков более детально представлено ниже.



Рис. 1. Схема горного отвода ПСП «Шахтоуправление Терновское»

Производственными планами ведения горных работ эксплуатация квершлага после его проведения запланирована в течение 15 лет. При этом поддержание выработки будет осуществляться также в опасной зоне, сопряженной со сбросом, что может быть сопряжено с риском потери устойчивости квершлага и затратам на проведение экстренных ремонтных работ.

В данной статье представлены результаты визуальных и инструментальных наблюдений за текущим состоянием породного массива и его устойчивости на контролируемых участках при проведении откаточного квершлага пласта С10в шахты «Самарская» в опасной зоне Богдановского сброса.

Методика выполнения мониторинга.

Мониторинг текущего состояния откаточного квершлага пласта С10в, проводимого в породном массиве с различной степенью нарушенности, выполнялся по данным визуального обследования и инструментальных измерений. Объективная оценка состояние крепи, поведение пород почвы, величина вертикальной и горизонтальной конвергенции и выработки в целом выполнялась на замерных станциях и контрольных участках (забой выработки) (см. рис. 2, 3).

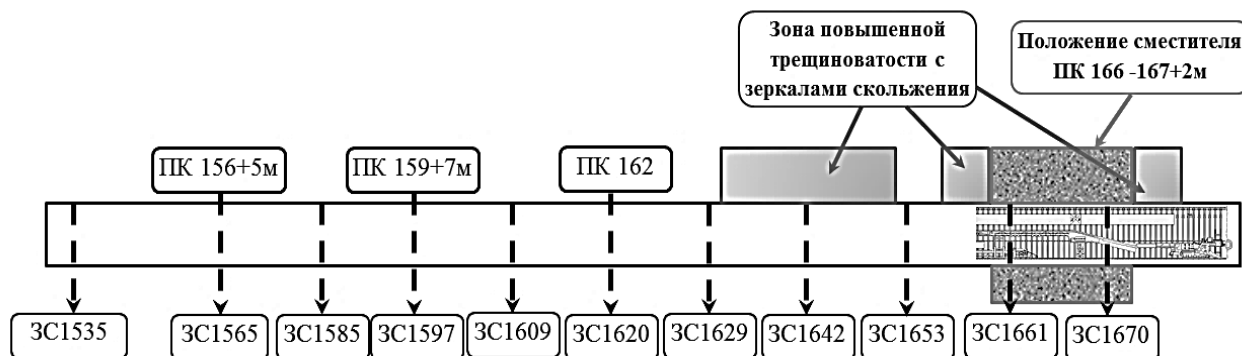


Рис. 2. Установка замерных станций по трассе выработки

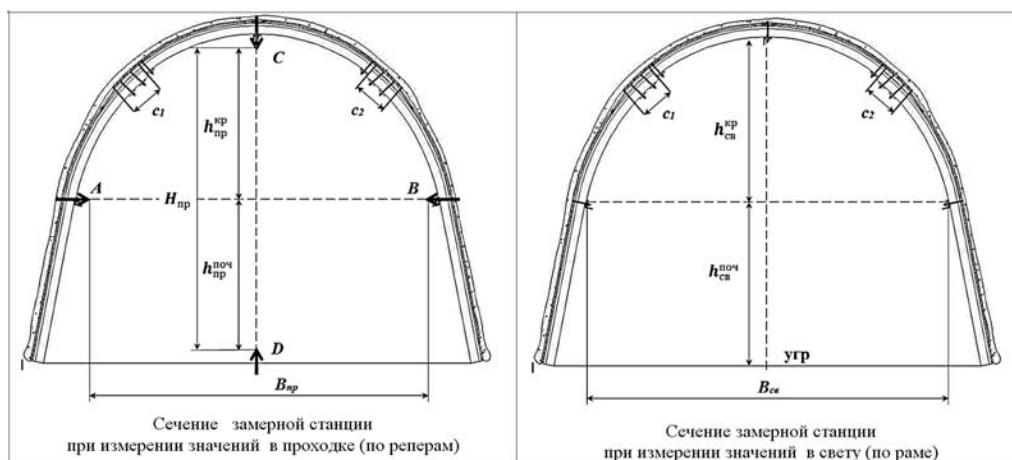
Участковый надзор ежемесячно и шахтный надзор не реже одного раза в три дня проводил инструментальные замеры на реперных станциях на начальных этапах мониторинга. При

изменении интенсивности наблюдаемых смещений частота проведения измерений увеличивалась или уменьшалась. Решение об изменении частоты геомеханических измерений принималось экспертно-аналитической мониторинговой группой, состоявшей из сотрудников Национального горного университета, осуществлявшей авторский надзор. Моделирование с поинтервальной калибровкой геомеханической модели на основе результатов замеров, прогноз устойчивости выработки производится 1 раз в три дня. Калибровка компьютерной модели по зафиксированным смещениям реперов и элементов конструкции крепи, а также прогноз этих параметров при подвигании забоя выработки показывают их стабилизацию в зафиксированном диапазоне. Это означает, что геомеханического влияния зоны сброса не ожидается. Не ожидается также изменения параметров проницаемости массива и водопроявлений.

Геомеханический мониторинг начали выполнять при приближении выработки к опасной зоне на расстояние 80...100 м от начала зоны сместителя.

В процессе мониторинга на замерной станции выполнялись контрольные замеры, отмечались все изменения состояния рам крепи: деформации крепи элементов; разрушения крепежных деталей и т.д. Наиболее характерные изменения эскизировались либо фотографировались (таблица 1). Результаты измерений и обследований обобщались и сводились в специальный журнал (рис. 3), содержащий:

- величины нахлестки профилей в левом c_1 и правом c_2 замках крепи;
- ширины выработки в проходке $B_{пр}$ и свету $B_{св}$;
- высоты выработки $H_{пр}$;
- величину вертикальной конвергенции, разложенной по составляющим: смещения почвы ($A_{пр}^{поч}$, $A_{св}^{поч}$) и кровли ($A_{пр}^{кр}$, $A_{св}^{кр}$);
- положение забоя выработки на момент выполнения измерений.



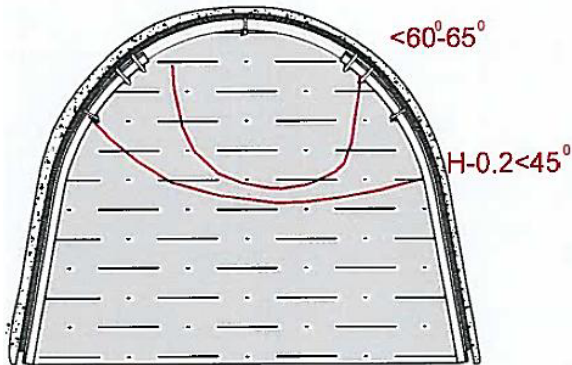

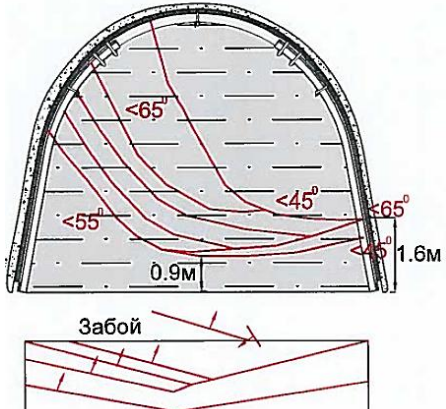

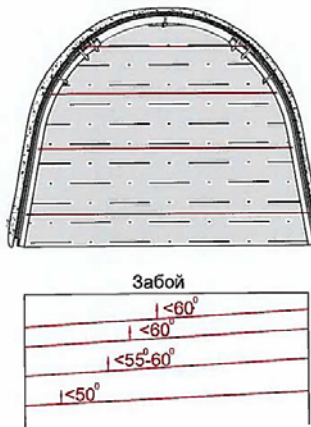

Дата измерения	Забой, № ПК	$B_{пр}, м$	$h_{пр}^{кр}, м$	$h_{пр}^{поч}, м$	$H_{пр}, м$	$B_{св}, м$	$h_{св}^{кр}, м$	$h_{св}^{поч}, м$	$c_1, м$	$c_2, м$	Примечания

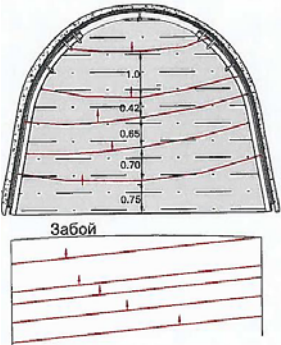

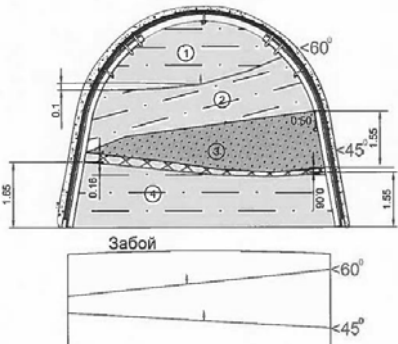

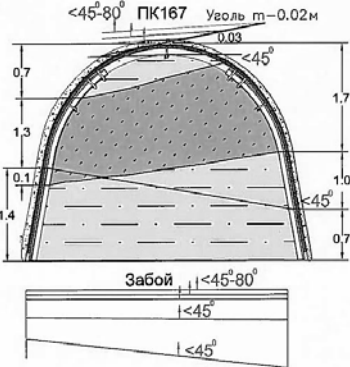

Рис. 3. Конструкция замерных станций

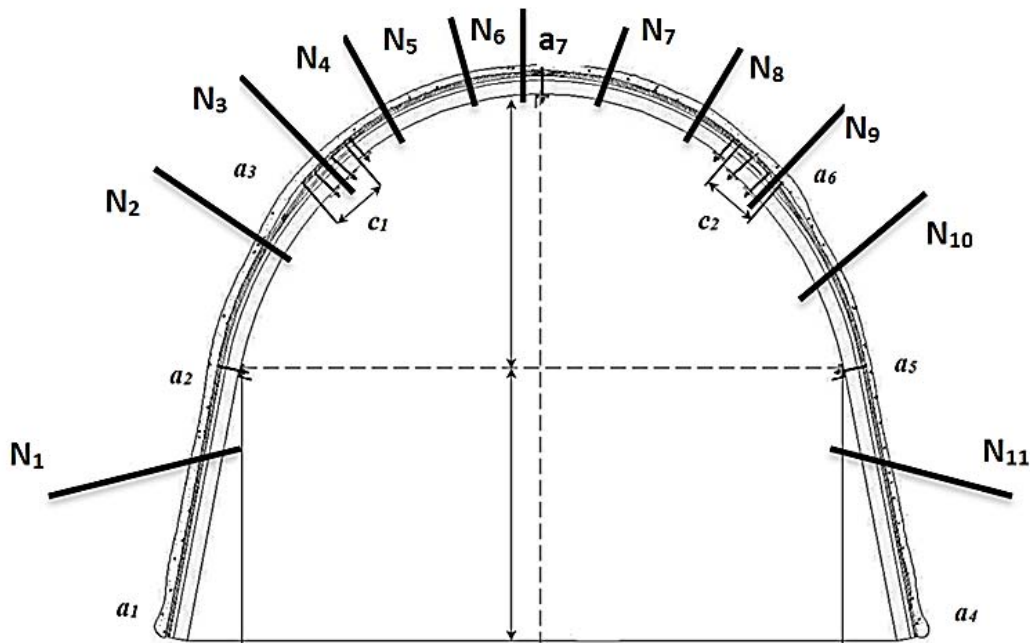
Оценка забоя выработки выполнялось по следующим факторам:

- установка и состояние крепи КШПУ в забое выработки;
- установка и состояние анкерной крепи в забое выработки;
- поведение пород в кровле, почве и по породному обнажению выработки;
- измерения зазора между рамой крепи и породным массивом (в 7-ми точках, см. рис. 4);
- наличие водопритока (отсутствие / капез / струйки, м3/ч);
- характерное поведение пород в обнажениях (распадается на блоки (размер), системы трещин, осыпания, обрушения, опускания и т.п.);
- выделение газа метана CH_4 в забое.

Таблица 1. Характерные изменения забоя выработки геологической службы шахты и экспертно-аналитической мониторинговой группы НГУ.

Номер пикета/зарисовка	Дата проведения выработки
<p>ПК 163+1,5м</p> 	<p>30.10.15</p> 
<p>ПК 164+4м</p> 	<p>06.11.15</p> 
<p>ПК 166+2,6</p> 	<p>17.11.15</p> 
<p>Забой представлен алевролитом серого цвета с косою однонаправленной слоистостью за счет переслаивания песчаного и глинистого материалов. Забой пересекает ряд (8шт) трещин различной ориентации, трещины закрытого типа с "зеркалами скольжения".</p>	

<p style="text-align: center;">ПК 166+3,5м</p> 	<p style="text-align: center;">18.11.15</p> 
<p>Забой представлен алевролитом серого цвета с косою однонаправленной слоистостью за счет переслаивания песчаного и глинистого материалов. Забой пересекает 6 трещин со смещением, все трещины сопровождаются "зеркалами скольжения", с большим количеством каолина. Связь по трещинам отсутствует.</p>	
<p style="text-align: center;">ПК 166+5м</p> 	<p style="text-align: center;">19.11.15</p> 
<p>1.Алевролит горизонтально-слоистый с тонкими прослоями мелкозернистого песчаника. 2.Алевролит серого цвета с косою однонаправленной слоистостью за счет переслаивания песчаного и глинистого материалов. 3.Песчаник светло-серый, кварцевый, мелкозернистый, влажный, контакт четкий, крепкий. 4.Алевролит серый с тонкой слоистостью за счет переслаивания песчаного и глинистого материала. В забое наблюдается 2 тектонических нарушения типа "сброс". Первое нарушение представлено трещиной, сопровождающейся "зеркалами" скольжения со следами скольжения в виде борозд. Второе представлено зоной дробления (от 0.6-0.16м), также сопровождающее "зеркалами" скольжения. Зона дробления представлена плотным перемятым глинистым материалом.</p>	
<p style="text-align: center;">ПК 167</p> 	<p style="text-align: center;">22.11.15</p> 
<p>Алевролит - серый, горизонтальнослоистый с тонкими прослоями мелкозернистого песчаника. Песчаник светло-серый, кварцевый, мелкозерни-стый крепкий (особенно у левого борта $f=8-10$). Алевролит - серый, горизон-тальнослоистый с тонкими прослоями мелкозернистого песчаника. Выше верхняка аргиллит и угольный пропласток $m=0.02м$. По забою наблюдаются трещины с "зеркалами скольжения" с падением в сторону забоя.</p>	



Дата измерения	Забой, № ПК	$a_1, м$	$a_2, м$	$a_3, м$	$a_4, м$	$a_5, м$	$a_6, м$	$a_7, м$	СН ₄ , %	Водоприток капез, струйки, м ³ /ч	Сист. Трещин (заколы), шт	Примечание

Рис. 4. Схема измерений в забое выработки и ведомость замеров

Для получения достоверных результатов измерения и с учетом проведения выработки по трассе с различной степенью нарушенности пород, заложение контурных реперов и выполнения первичного замера выполнялось непосредственно в забое. Последующие измерения выполняются в зоне расположения технологического оборудования, за проходческим комбайном в пределах ленточного перегружателя и за ним.

Для предупреждения заливки измерительных точек твердеющей смесью во время торкретирования, на раме крепи с помощью проволоки фиксировались деревянные бруски. После проведения работ по торкретированию, бруски удаляются, для доступа к поверхности профиля крепи и измерительным точкам.

В общем виде для проведения измерений использовалась маркшейдерская рулетка, отвес на гибком подвесе, жгут для натягивания измерительного горизонта, строительный уровень длиной не менее 1,5 м. Измерения выполнялись командой из двух человек. Полученные результаты фиксировались в соответствующей замерной ведомости (рис. 3 и 4).

Технологические решения, примененные при проведении квершлага.

I этап - Участок выработки с ПК129+8м по ПК157+7м: выработка проводилась рамно-анкерным креплением с применением крепи КШПУ-11,7 и установкой 9-ти сталеполимерных анкеров $L=2,4$ м. по своду выработки. Шаг установки рам крепи 0,5 м и анкерного ряда 1,0 м, для затяжки призабойного пространства использовать ж/б затяжку по периметру выработки.

II этап - Участок выработки с ПК157+7 м по ПК160+5 м: крепление выработки не отличается от крепления на первом этапе. С ПК157+7 м начинается бурение опережающих разведочных скважин. Опережающие скважины располагаются: первая – по нормали к поверхности сместителя на ПК157+7 м, вторая скважина – по ходу движения выработки.

Горизонтальная скважина в 1,5 раза длиннее суточной проходки, она проводится в первую смену под руководством ИТР с контролем крепости пород, водопроявлений и газовыделений. Место второй скважины определено положением комбайна и его оборудованием. Длина скважины должна быть не менее 40 м.

Бурение осуществлялось станком НКР-100, диаметр скважин 75 мм, без обсадки трубами. По мере ведения работ по проведению выработки каждые 10 м производилось бурение новой скважины по нормали к поверхности сместителя и углубление горизонтальной опережающей скважины до первоначальной длины.

III этап - Участок выработки с ПК160+5 м по ПК167+7 м: крепление выработки производить крепью КШПУ-11,7, и установкой 9-ти сталеполимерных анкеров $L=2,4$ м в кровлю (с наклоном на забой под углом 70^0) и 2-х анкеров $L=1,5$ м в почву по своду выработки. Шаг установки рам крепи 0,5 м и анкерного ряда 1,0 м, для затяжки призабойного пространства использовать ж/б затяжку по периметру выработки.

С целью усиления арочного крепления на участке выработки с ПК159+3 м по ПК170, увеличения площади опоры и уменьшения его давления на почву выработки, у ее бортов вплотную к стойкам рам крепи укладывались на почву отрезки СВП-27 длиной 1,5 м в два ряда, создавая опорные балки. На каждую стойку арочного крепления устанавливались «сапожки» из СВП-27.

С целью укрепления приконтурного породного массива на участке выработки с ПК160+5 м по ПК167+7 м производилась закачка полимерных химических составов типа «MasterRoc® MP 364 Flex» в массив вокруг выработки при помощи установки СТ-DR-35 и установка в количестве до 6-и штук инъекционных анкеров «ИРМА». Схема установки и последовательность в зависимости от количества анкеров «ИРМА» в сечении приведены на рис. 5.

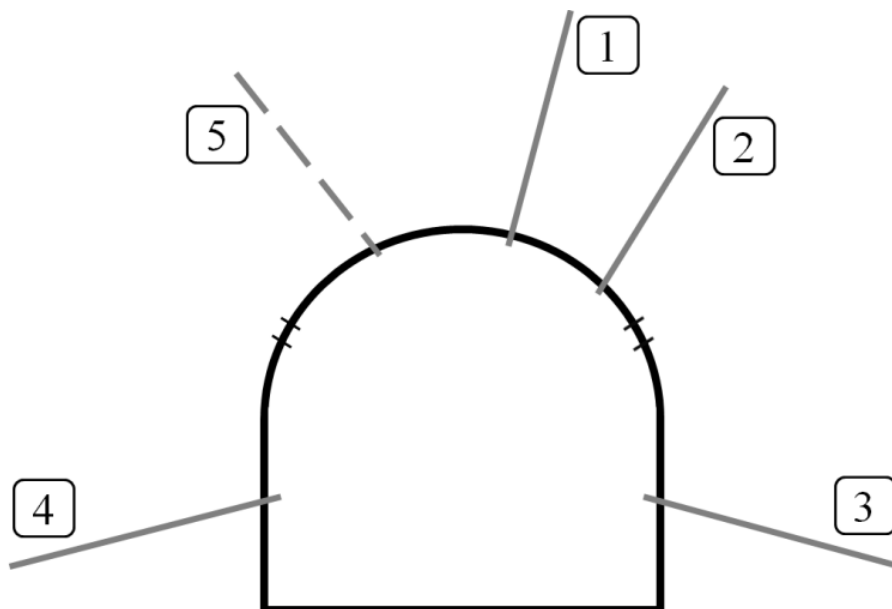


Рис. 5. Схема установки анкеров «ИРМА» в зависимости от их количества на пикете согласно таблице 1

На участке ПК160+5 м по ПК164+5 м устанавливались анкера «ИРМА», при этом существенных изменений состояния забоя не наблюдалось. При наличии окружающих выработку горных пород, которые не позволяют производить нагнетание полимерных смол, при давлении в насосе составляло 100 Бар, а расход смолы отсутствовал (отсутствие развитой системы трещин), укрепление приконтурного массива производилось за счёт увеличения до 11-ти анкерного ряда в кровлю с наклоном на забой под углом 70^0 .

Было разработано и принято техническое решение на участке выработке ПК164+5 м по ПК167+7 м (табл. 2) устанавливать анкера «Ирма» в забое, а нагнетание выполнять на следующие сутки (через 12-24 часа) на расстоянии не более 2-х метров от забоя. При этом при общей длине анкера 2,5 м в массив забуривалось примерно 2,4-2,45 м с наклоном на забой под углом $60-70^0$. После суточного отстоя происходило раскрытие трещин в породном

массиве, что дало возможность производить нагнетание смолы при давлении в насосе в пределах 50-70 Бар. Также для обеспечения устойчивого состояния пород почвы и уменьшения его вспучивания анкера «Ирма» устанавливались в почву выработки на участке ПК163-165, 166-167 в количестве от 1 до 3.

Таблица 2. Сводная таблица установки анкеров на соответствующих участка

Дата	Номера пикетов	Кол-во шпуров "Ирма"	Вес смолы, кг, на 1 шпур
02.11.2015	ПК163+6м	1	10
06.11.2015	ПК164+2м	3	75
07.11.2015	ПК164+5м	4	20
08.11.2015	ПК164+5м - ПК164+7м	3	60
09.11.2015	ПК164+7м - ПК164+9м	4	288
11.11.2015	ПК165+1м	5	32
14.11.2015	ПК165+3м - ПК165+5м	6	192
15.11.2015	ПК165+7м	2	
16.11.2015	ПК165+9м	2	352
17.11.2015	ПК166+1м - ПК166+3м	5	348
18.11.2015	ПК166+3м	4	64
19.11.2015	ПК165	1	192
20.11.2015	ПК166+5м	2	200
21.11.2015	ПК166+5м	3	320
23.11.2015	ПК166+9м	4	320
24.11.2015	ПК166+9м, ПК167+3м	4	
25.11.2015	ПК167+1м	4	
26.11.2015	ПК167+3м	3	348
27.11.2015	ПК167+5м - ПК167+7м	4	320

После завершения укрепления приконтурного массива и затяжки бортов и свода выработки, через каждые 2,0 м производилось торкретирование смесью Текхард Т с забутовкой части выработки со стороны призабойных рам. Тампонаж закрепного пространства выполнялся на участке ПК163 по ПК167+7 м. Для более качественного заполнения закрепного пространства между крепью и породным массивом был изменен шаг (заходка) тампонирующего с 2,0 м на 1,0 м. Средний расход сухой смеси составил 1,9 т/м.

Обобщенные результаты натуральных измерений отклонений от начального значения высоты и ширины выработки представлены на рис. 6 в сантиметрах.

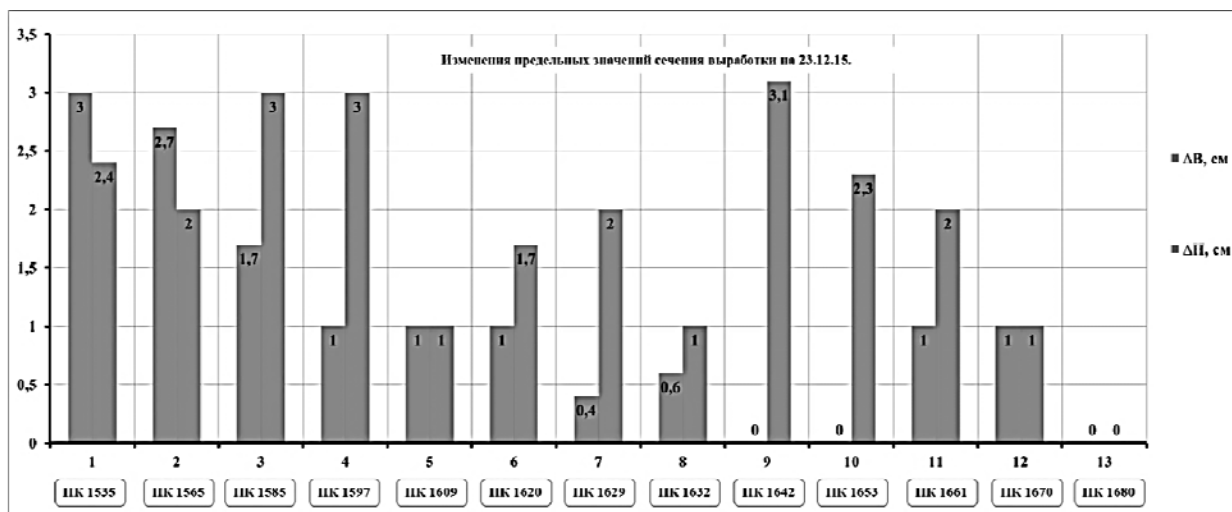


Рис. 6. Обобщенные результаты натуральных измерений отклонений от начального значения высоты и ширины выработки

Выводы:

1. Калибровка компьютерной модели по зафиксированным смещениям реперов и элементов конструкции крепи, а также прогноз этих параметров при подвигании забоя выработки показывают их стабилизацию в зафиксированном диапазоне. Это означает, что геомеханического влияния зоны сброса не ожидается. Не ожидается также изменения параметров проницаемости массива и водопроявлений.

2. По состоянию на 28.09.2015 и 06.11.2015 данные гидрогеомеханического мониторинга совпадают с проектным прогнозом.

3. Результаты обследования свидетельствуют, что установленные нормативными документами требования по проведению и техническому состоянию выработки по газовому фактору и как подземного сооружения с анкерной крепью соблюдены, а состояние крепи позволяет эксплуатацию и дальнейшее проведение данной горной выработки в соответствии с разработанным Паспортом.

4. Принятые при проведении квершлага технологические мероприятия показывают свою эффективность, что позволяет обеспечить высокую эксплуатационную надежность выработки в будущем.

5. По результатам натуральных измерений, в пределах замерных станций на всем протяжении выработки изменения геомеханического состояния в выработке замерами не зафиксировано.

6. Благодаря своевременному нагнетанию смолы удалось скрепить породный массив и остановить процесс значительного увеличения конвергенции.

7. На момент завершения наблюдений конвергенция в зоне Богдановского сброса является фоновой.