

УДК 622.222

А.В. Ремезов, В.В. Климов, А.И. Жаров, И.К. Костинцев, Р.О. Кочкин

## СОВРЕМЕННЫЕ ВЗГЛЯДЫ НА СУЩЕСТВУЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОХРАНЫ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК ОКОНТУРИВАЮЩИХ ВЫЕМОЧНЫЕ СТОЛБЫ

Одной из основных задач угольной промышленности России является обеспечение конкурентоспособности угля на современном рынке энергоносителей.

В настоящее время ведущие отечественные угледобывающие компании, в том числе и ОАО СУЭК-Кузбасс, переходят на работу по схеме «шахта-лава» с использованием высокопроизводительных комплексов очистного оборудования с охраной участков подготовительных выработок целиками и применением анкеров в качестве основной крепи и прямоугольного сечения подготовительных выработок.

Доказана возможность в горно-геологических условиях шахт ОАО «СУЭК-Кузбасс» работать с нагрузками более 4 и более млн. т угля в год, что позволяет выдерживать конкуренцию на рынке с угольными разрезами.

Производственный опыт показывает, что интенсификация очистных работ предопределяет серьезные требования к таким производственным технологиям, как подготовительные работы, поддержание и охрана горных выработок, управление газовыделением на выемочном участке.

В соответствии с энергетической стратегией России на долгосрочную перспективу одной из приоритетных задач российской энергетической политики должно стать осуществление подготовки и поэтапного перехода к более масштабному использованию угля в энергетике [1].

При неуклонном уменьшении запасов природного газа и нефти уголь во все большей степени будет приобретать роль стабилизирующего элемента в топливно-энергетическом балансе. Для обеспечения энергетической безопасности страны необходимо обеспечить добычу угля в России в 2010 г. на уровне 290-340 млн. т, в 2020 г. - около 340-450 млн. т с дальнейшим наращиванием объемов добычи, что приведет к увеличению доли угля в топливно-энергетическом балансе до 25-30%. Сегодня доля угля составляет 18%.

По объемам угледобычи Российская Федерация продолжает занимать пятое место в мире после Китая, США, Индии и Австралии. С 1999 г. отмечается ежегодный прирост объемов угледобычи. В 2013 году Россия вышла на уровень добычи 352 млн. т в год, из них около 200 млн. т добывается в Кузнецком бассейне [1].

По итогам 2013 г. наиболее высокая средне-суточная добыча из действующего очистного забоя достигнута предприятиями: ОАО «Шахта «Южная» – 9299 т, ОАО «СУЭК-Кузбасс» – 9602 т,

ОАО «Ургалуголь» – 7526 т, ОАО «Шахта «Листвяжная» – 6753 т, ОАО «Шахта «Заречная» – 5764 т, ОАО «Шахта «Алексиевская» – 5742 т, ОАО «Приморскуголь» – 5346 т, ОАО «Воркутауголь» – 4802 т, ОАО «ОУК «Южкузбассуголь» – 4753 т, ООО «Шахтоуправление «Садкинское» – 4694 т, ООО «Шахта «Хакасская» – 4421 т.

Одним из главных результатов реструктуризации угольной отрасли России стало существенное повышение нагрузок на очистные забои и рост уровня концентрации горных работ на шахтах. За период 2000-2013 гг. среднесуточная нагрузка на комплексно-механизированный забой (КМЗ) увеличилась почти в три раза (с 1324 до 3157 т/сут) при более чем в двукратном сокращении количества действующих КМЗ (со 170 до 71).

Ежегодно порядка 35 добычных бригад и участков работают в режиме 1,0 млн т/год и более. Бригада В. Мельника с шахты «Котинская» установила всероссийский рекорд добычи из одного очистного забоя - 4,4 млн т в год.

В Печорском бассейне достигнут рубеж годовой добычи из КМЗ в 2,0 млн т (участок № 7 шахты «Воргашорская»).

Вместе с тем, повышение уровня концентрации горных работ и рост производительности очистных забоев на угольных шахтах России сопровождаются недопустимо высоким уровнем аварийности и травматизма, более чем на порядок превышающим соответствующие показатели шахт мирового и европейского уровня.

Аварийности способствуют как более сложные горно-геологические условия российских шахт, так и несоответствие применяемых способов управления газовыделением и управления состоянием массива тому уровню нагрузок на забои, который обеспечивают современные механизированные комплексы. Глубина ведения горных работ увеличивается в среднем на 15-20 м/год, что приводит к обострению вопросов, связанных с управлением газовыделением и горным давлением в шахтах, на которых уже сейчас в большинстве случаев горно-геологические условия характеризуются как сложные.

На российских шахтах практически не применяется заблаговременная дегазационная подготовка шахтных полей, что существенно усложняет проблему эффективного управления газовыделением и переносит необходимость ее решения уже непосредственно на выемочные участки. Стремительный рост нагрузок на очистные забои закономерно приводит к тому, что многие современные

шахты переходят к структуре «шахта-лава», когда вся шахтная угледобыча сосредотачивается в одном высокопроизводительном очистном забое. В этих условиях резко возрастают требования к качеству проектов подготовки и отработки выемочных участков, обеспечению требований промышленной безопасности.

Вместе с тем, нормативная база в отношении проектирования технологических схем подготовки и отработки выемочных участков длительное время не обновлялась. Это касается как вопросов управления газовыделением, так и управления состоянием массива, обоснования пространственно-планировочных решений, проведения и крепления горных выработок. Документ, где все эти вопросы рассматриваются в комплексе в привязке к конкретным горно-геологическим условиям – альбом технологических схем разработки пластов на угольных шахтах – издавался еще в СССР в 1991 г. Институтом горного дела им. А. А. Скочинского.

До начала 1990-х годов преимущественно применялась система разработки длинными столбами по простиранию и по падению с управлением кровлей полным обрушением в варианте без оставления целиков с повторным использованием подготовительных выработок на границе с выработанным пространством. Преимуществом этого варианта являются относительно невысоким удельный объем проведения горных выработок, прямоточная схема проветривания, минимальный уровень эксплуатационных потерь. Основные недостатки заключаются в значительных трудовых и материальных затратах на поддержание подготовительных выработок и высоком уровне потерь производительного времени на концевых участках лавы.

Применение распространенных на шахтах США многоштрековых схем подготовки выемочных участков, как и целого ряда других современных технических решений по обеспечению эффективности и безопасности горных работ, в действующих в РФ отраслевых нормативных документах пока практически не рассматривается.

Таким образом, в настоящее время назрела острая необходимость в существенном обновлении нормативной базы с учетом нынешних реалий и новейших достижений в теории и практике подземной угледобычи.

Мировая практика показывает, что наивысшие показатели работы длинных очистных забоев достигаются при применении многоштрековых (две, три или четыре выработки с каждой стороны выемочного столба) схем подготовки выемочных участков. Рекорды производительности – 10,0 млн т/год; 1,6 млн т/мес; 56000 т/сут – были установлены в длинных очистных забоях шахт США в благоприятных горно-геологических условиях именно при использовании многоштрековых схем с оставлением неизвлекаемых ленточных целиков. Опыт шахт США, достигших наивысших в мире

показателей, представляет особый интерес при проектировании новых шахт на месторождениях с благоприятными горно-геологическими условиями.

При многоштрековой подготовке выемочных участков штреки проводятся одновременно, т. е. процесс проходки можно рассматривать как добычу угля с использованием короткозабойного оборудования.

Применение многоштрековых схем существенно расширяет возможности управления газовыделением на выемочных участках средствами вентиляции, дегазации и изолированного отвода МВС, что позволяет снять ограничения нагрузки на забой по газовому фактору, более полно использовать возможности современной выемочной техники. В то же время дополнительные затраты на проведение выработок, а также потери угля в целиках могут быть оправданы лишь в случае увеличения нагрузки на забой.

В 1968 году ВНИМИ выпустило первый документ регламентирующий методику расчета целиков угля различного назначения.

Затем позднее отдельные ученые в своих публикациях пытались развить теорию расчета различных целиков. Но технологии механизированной добычи угля постоянно совершенствовались, развивались, нагрузки на очистные забои сдерживались непроизводительными затратами рабочего времени, связанными с концевыми операциями, бесцеликовой технологией, дальнейшее развитие охраны оконтуривающих выемочные столбы при помощи оставления охранных угольных целиков не развивалось.

Шахта Польшаевская, входящая в состав СУ-ЭК-Кузбасс отработывала пласт Толмачевский в уклонном поле 12 с односторонней панели в связи с несвоевременной подготовкой запасов в другой части этой же панели.

Подготовка выемочных столбов осуществлялась спаренными штреками, один из которых – конвейерный штрек следующего ниже отработываемого столба проводился навстречу работающему выше забою с оставлением между ними целика угля (рис. 1).

В связи с тем, что шахта имела ограниченные подготовленные запасы, то с целью достижения наибольшей полноты выемки подготовленных запасов администрация шахты приняла решение об уменьшении межштрековых целиков. В таблице 1 изложены результаты принятых решений.

При отработке очистного забоя 18-25 горное давление от этого забоя стало через целик в 17 м оказывать влияние на состояние вентиляционного штрека 18-27: отслаивание угля с боков выработки на глубину до 1,0 м; проседание, опускание кровли до 0,5-0,7 м, пучения почвы по выработке до 1,2 м. Намеченные меры по усилению крепления кровли 18-27 вентиляционного штрека положительных результатов не дали.

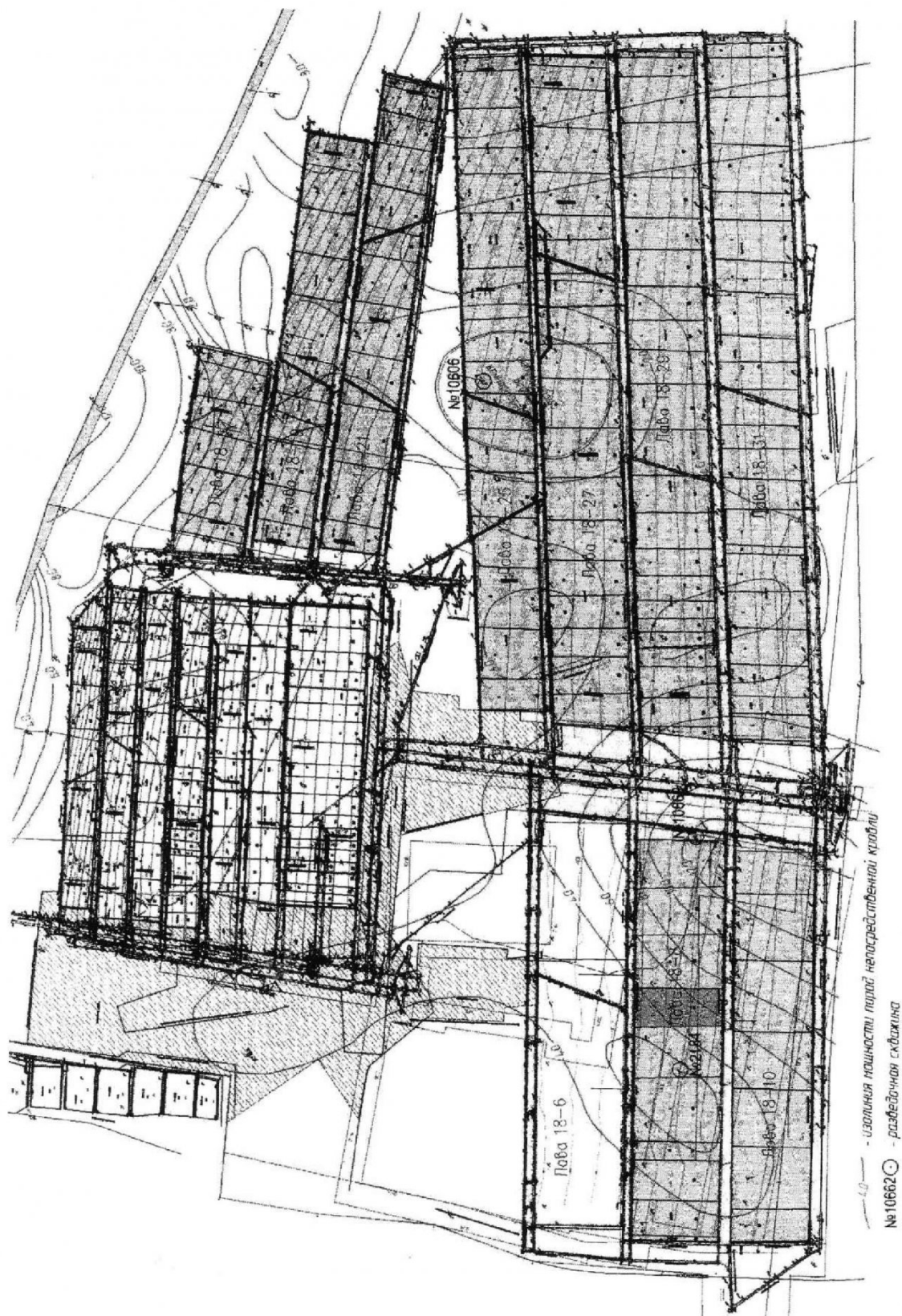


Рис. 1. Шахта Польшаевская. План горных работ по пласту Толмачевский

Особенно неудовлетворительное состояние вентиляционного штрека проявились на расстоянии 420 м, в зоне сопряжения разрезной печи 18-27.

На основании визуального обследования и

произведенных замеров было принято решение о проведении параллельно вентиляционному штреку 18-27 вентиляционного штрека 18-27<sup>бис</sup> с оставлением между ними целика 35 м. Эти необходимые

Таблица 1

№ п/п	Размеры межштрековых целиков в уклонном поле 18-2 шахты «Польсаевская»					Глубина ведения работ от поверхности
	Между выработок	По проекту, м	По заключению ВНИМИ, м	Принятые первоначально шахтой, м	Принятые окончательно шахтой, м	
1	Между 18-25 конвейерным штреком и 18-27 вентиляционным штреком	30 32	17	17	17	391
2	Между 18-27 конвейерным штреком и 18-29 вентиляционным штреком	34	20	20	26,5	421
3	Между 18-29 конвейерным штреком и 18-31 вентиляционным штреком	34	26,5	26,5	31	436
4	Между 18-31 конвейерным штреком и 18-33 вентиляционным штреком	34	30	30	31	466
5	Между 18-12 вентиляционным штреком и 18-10 конвейерным штреком	34	32	28	28	457
6	Между 18-10 вентиляционным штреком и 18-8 конвейерным штреком	34	31	25	25	436
7	Между 18-8 вентиляционным штреком и 18-6 конвейерным штреком	32	21,5	21,5	21,5	417
8	Между 18-6 вентиляционным штреком и 18-4 конвейерным штреком	30	29	29	29	384

Таблица 2

Замерные пункты	Начальный отсчет, мм	Расстояние от замерных пунктов до очистного забоя № 18-27 в плане, м
ЗП1	2551	165
ЗП2	2630	159
ЗП3	2543	153
ЗП4	2407	146
ЗП5	2485	140

решения привели к сокращению длины очистного забоя с 270 до 230 м, что вызвало увеличение потерь угля в этом целике, вынудило сокращать, а затем наращивать составные части мехкомплекса с 270 м до 230 м, а затем, наоборот – с 230 м до 270 м, увеличив тем самым трудоемкость работ и снизив производительность труда.

Для того чтобы не получить результат горного давления подобным аварийному состоянию 18-27 вентиляционного штрека, начиная со сбойки, т. е. разрезной печи 18-29, целик между конвейерным штреком 18-27 и вентиляционным штреком 18-29 увеличили до 26,5 м.

Для анализа правильности принятого решения

и исследования влияния опорного давления, развиваемого в зоне влияния очистного забоя 18-27 на состояние вентиляционного штрека 18-29, в последнем было установлено три замерные станции 1, 2, 3, состоящие каждая из пяти замерных пунктов.

Замерная станция № 1 (ПК 12-15) была установлена 26.09.06. Начальный отсчет на замерных пунктах и первичное расстояние от замерных пунктов до очистного забоя № 1827 (табл. 2).

На основании инструментальной регистрации значений изменения вертикальной конвергенции с помощью конвергометра на 4.10.06 было выявлено следующее.

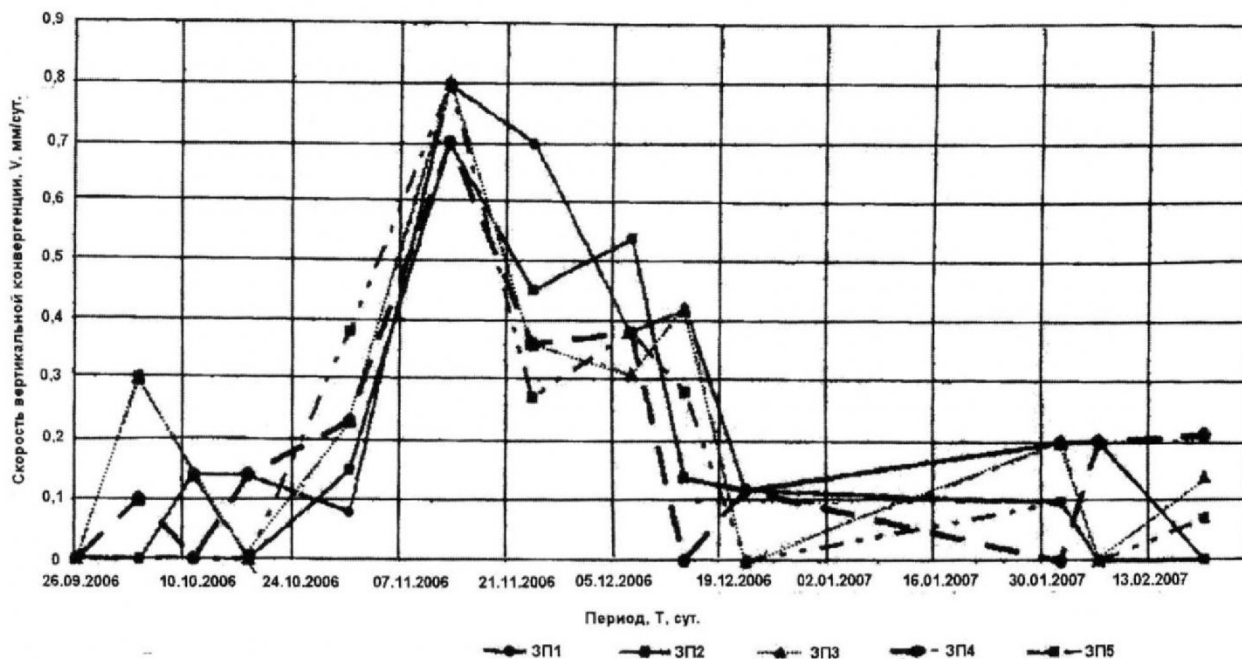


Рис. 2. Графическая зависимость скорости вертикальной конвергенции от времени наблюдений на ЗС № 1

- средние значения скорости вертикальной конвергенции показали, что средневзвешенная скорость вертикальной конвергенции на ЗС № 1 составила 0,14 мм/сут (за недельный период от начального времени заложения станций), а среднее значение общих смещении составило 1,2 мм.

- очистной забой №18-27 на 4.10.06 находился на удалении (95-120м) от замерных пунктов ЗС № 1, т.е. подвигание очистного забоя составило 45 м.

Согласно статистическому анализу данных измерений вертикальной конвергенции за период с 26.09.06 по 20.02.07 (которые производились с недельной периодичностью) были сделаны следующие выводы:

- максимальное (среднее по пяти замерным пунктам) значение скорости вертикальной конвергенции составило 0,21 мм/сут за месячный период измерений, в то же время положение очистного забоя № 18-27 относительно ЗС №1 было практически на одной линии в плане, т. е. ЗС № 1 находилась в зоне влияния очистной выработки. При дальнейшем удалении очистного забоя от ЗС № 1 до границы доработки в плане, данные измерений показали степень снижения вертикальной конвергенции и стабилизации до уровня 0,08 мм/сут за период 5 месяцев.

По величине смещений и скорости смещений пород кровли оценивалось проявление горного давления в пространстве и во времени. Анализ графических зависимостей построенных в результате инструментального контроля на замерных станциях выявил следующее:

Активное влияние динамических нагрузок на

участке ЗС № 1 зарегистрировано с 31.10.2006 (расстояние на данный момент времени от ЗС № 1 до лавы № 1827 составило 21 м) по 12.12.2006 (расстояние на данный момент времени от ЗС №1 до лавы № 18-27 составило 110 м – остановка лавы на границе отработки).

Замерная станция № 2 (ПК 38-42) была установлена 19.09.06. Начальный отсчет на замерных пунктах и первичное расстояние от замерных пунктов до очистного забоя № 18-27 отражено в табл. 3.

На основании инструментальной регистрации значений изменения вертикальной конвергенции на 26.09.06. выявлено следующее:

- средние значения скорости вертикальной конвергенции: средневзвешенная скорость вертикальной конвергенции на ЗС №2 составляла 0,42 мм/сут за недельный период, а среднее значение общих смещений составило 3,0 мм. Очистной забой лавы № 18-27 на 4.10.06 находился на удалении (от -116 до - 156 м) от замерных пунктов ЗС № 2.

- максимальное (среднее по пяти замерным пунктам) значение скорости вертикальной конвергенции составило 0,42 мм/сут за 5 месячный период, в то же время положение забоя лавы № 18-27 относительно ЗС № 2 было – 120 м. При дальнейшем удалении очистного забоя от ЗС № 2 в плане данные измерений показали степень снижения вертикальной конвергенции и стабилизации до уровня 0,04 мм/сут за период 5 месяцев.

На основании анализа результатов оперативной визуальной оценки наблюдений состояния контура и крепи вентиляционного штрека № 18-29

Таблица 3

Замерные пункты	Начальный отсчет, мм	Расстояние от замерных пунктов до очистного забоя № 18-27 в плане, м
ЗП1	2404	-68
ЗП2	2549	-78
ЗП3	2432	-88
ЗП4	2475	-98
ЗП5	2443	-108

Таблица 4

Замерные пункты	Начальный отсчет, мм	Расстояние от замерных пунктов до очистного забоя №18-27 в плане, м
ЗП1	2592	-169
ЗП2	2453	-179
ЗП3	2316	-189
ЗП4	2522	-199
ЗП5	2467	-230

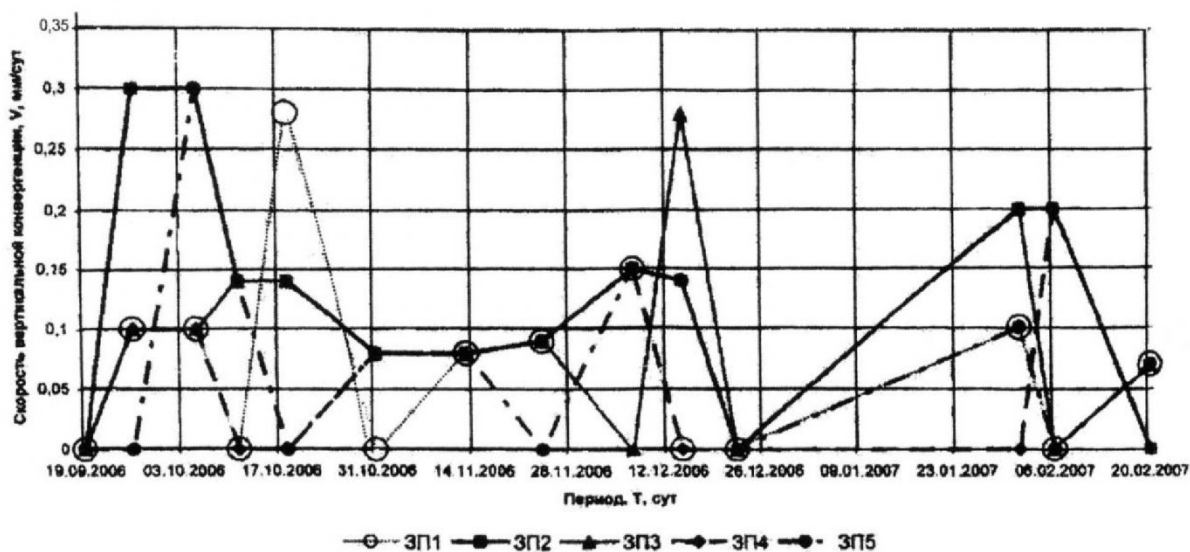


Рис. 3. Графическая зависимость скорости вертикальной конвергенции от времени наблюдения на ЗС № 3

на протяжении ЗС № 2 от 11.10.06. можно сделать следующее заключение:

- на протяжении участка от ПК 34 до ПК 40, (начальном участке заложения замерных пунктов ЗС № 2) выявлено расслоение обнажений левой замковой части выработки на величину до 0,1 м, что показывает степень активного проявления горного давления у замка выработки, результате зависание части породной консоли, на разупрочненной предварительным торпедированием в конвейерном штреке № 18-27 и, как следствие, изменение начальных параметров вентиляцион-

ного штрека № 18-29.

Замерная станция № 3 (ПК 48-52) была установлена 19.09.06.

Начальный отсчет на замерных пунктах и первичное расстояние от замерных пунктов до очистного забоя №18-27 отражены в табл. 4.

Средние значения скорости вертикальной конвергенции показали: средневзвешенная скорость вертикальной конвергенции на ЗС № 3 составил 8 мм/сут (за недельный период от начального времени заложения станций), а среднее значение общих смещений составило 2,4 мм. Очист-

ной забой № 18-27 на 5.10.06 находился на удалении (-218) – (-258) м от замерных пунктов ЗС № 3.

На основании статистического анализа изменения вертикальной конвергенции за период с 19.09.06 по 20.02.07 гг. (которые производились с недельной периодичностью) можно сделать следующие выводы.

Максимальное (среднее по пяти замерным пунктам) значение скорости вертикальной конвергенции составило 0,18 мм/сут за 5-месячный период, в то же время положение очистного забоя № 18-27 относительно ЗС № 3 в плане составило расстояние -240 м. При дальнейшем удалении очистного забоя от ЗС № 3 данные измерений показали степень снижения вертикальной конвергенции и стабилизации до уровня 0,042 мм/сут за период 5 месяцев.

На основании визуальной оценки наблюдений состояния контура и крепи вентиляционного штрека № 18-29 на участке ЗС № 3 от 11.10.06. можно сделать следующее заключение:

Характер проявлений горного давления выражен в локальных отслоениях пород левой замковой части выработки на величину до 0,1 м (на участке заложения замерной станции № 3).

В результате анализа установлено, что интенсивность горного давления на участке ЗС № 2 стабилизировалась раньше, чем на других замерных станциях.

Это свидетельствует о положительной эффективности мероприятий по отсечению зависших породных консолей в отработанном пространстве очистного забоя № 18-27 у конвейерного штрека № 18-27.

Это можно объяснить тем, что на линии расположения замерных пунктов замерной станции № 1. расположенной в вентиляционном штреке № 18-29 в конвейерном штреке № 18-27 работы по отсечению консоли не проводились, что повлияло на максимальное смещение кровли в конвейерном штреке № 18-27.

Максимальное значение скорости вертикальной конвергенции зарегистрировано на участке ЗС № 1 и на одном замерном пункте ЗС № 2, составило 0,8мм/сут.

В целом состояние выработки удовлетворительное.

### Заключение

Для уменьшения нагрузки на крепь выработок и величин смещений пород кровли необходимо создать, до начала влияния очистных работ по контуру выработки в породах зависающей кровли, зону активного трещинообразования с помощью буровзрывных работ. При этом несущая способность оставшейся части консоли кровли над выработкой используется в качестве естественного верхняка крепи, что значительно снижает смещения и нагрузку на крепь выработки.

Для проведения взрывных работ необходимо

применить способ принудительного обрушения кровли путем взрывания шпуровых зарядов отсечными шпурами в кровлю. Так как разупрочнение кровли в лаве 18-27 не производится и мощность труднообрушающихся пород не превышает 18м, для охраны подготовительной выработки 18-29 вентиляционный штрек нужно применять схему расположения шпуров для принудительного обрушения кровли по [2].

Методика этого способа предложена [3] и апробирована на пласте Бреевский шахты Полисаевская [3]. В результате применения способа принудительно обрушения кровли пласта Бреевский путем взрывания шпуровых зарядов, смещения кровли в повторно используемой выработке уменьшились в 2 раза, а смещения почвы в 5-7 раз. Параметры взрывания шпуровых зарядов были выбраны на основании геологического строения кровли, инструментальных измерений смещений.

Оставление целиков также может осложнить горные работы при отработке сближенных пластов. Поэтому при многоштрековых схемах подготовки корректный выбор параметров межштрековых целиков, которые обеспечивали бы устойчивость участков выработок и не представляли опасности по горным ударам в условиях высоких скоростей подвигания очистных забоев, представляет собой важную научную задачу.

Подготовка выемочных участков спаренными выработками наибольшее распространение имеет на шахтах России.

В США в последнее время отработывалось около 8 % от общего количества забоев подготовленных спаренными выработками.

По действующим в США правилам бесцеликовая подготовка не допускается, а для подготовки участков спаренными выработками нужно специальное разрешение управления по безопасности и охране труда (MSHA). Решающим фактором при выборе таких схем является глубина разработки, превышающая 300 м. Ширина межштрековых целиков принимается с учетом обеспечения их работы в податливом режиме.

Подготовка с использованием трех выработок является наиболее распространенной для длинных забоев на шахтах США примерно 77 % от общего числа.

Для шахт России возможность применения трехштрековых схем подготовки выемочных участков действующими нормативными документами не предусматривается, несмотря на то, что эти схемы обладают большими возможностями управления газовыделением по сравнению с подготовкой спаренными выработками.

Для предотвращения горных ударов один из целиков можно планировать в жестком режиме, а два других – в податливом режиме.

Согласно табл. 1, необходимо отметить следующее.

Очистные забои 18-27, 18-29, 18-31 в восточ-

ном крыле уклонного поля № 12 отрабатывались в нисходящем порядке на глубину соответственно 421, 436, 466 м с шириной межштрековых целиков, обеспечивающих нормальное состояние охраняемых отработок в 26,5 м, 31 м, 30 м.

Очистные забои 18-10, 18-8, 18-6 отрабатываемые в западном крыле уклонного поля 12 в восходящем порядке и охраняемые целиками угля между вентиляционным штреком ниже расположенного выемочного столба и конвейерным штреком выше расположенного выемочного столба отрабатывались на той же глубине 436, 417, 384 м и имели охранные целики угля шириной 25, 21,5; 29 м при проектной их ширине соответственно 34, 32, 30 м и, кроме того, при данных размерах обеспечивали хорошее состояние охраняемых штреков.

## Выводы

Нормативные документы по технологии охраны горных выработок устарели, не соответствуют современным требованиям и возможностям угольных шахт, сдерживают рост нагрузки на очистной забой за счет отсутствия эффективных способов отвода газовоздушной смеси из очистного забоя не позволяют обеспечить воздухом в необходимом количестве выемочные участки.

Отсутствуют научные подтверждения и нормативные документы о необходимости перехода подготовки выемочных столбов с применением многоштрековой технологии, состоящие минимум из трех ленточных целиков и трех штреков.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Итоги работы угольной промышленности России за 2013 год // *Уголь*. – № 3. – 2014. – С. 53-66.
2. Инструкция по выбору способа и параметров разупрочнения кровли на выемочном участке, Ленинград, 1982 год.
3. *Кузнецов С. Т.* Разупрочнение труднообрушаемых кровель угольных пластов / С. Т. Кузнецов, Ю. Д. Семенов, В. Н. Шишкин, М. М. Мукушев. – Москва: Недра, 1987. – 200 с.
4. *Ремезов А. В.* Совершенствование эффективности добычи угля в АОТ «Ленинскуголь» / Доклад на симпозиуме «Неделя горняка», МГГУ. – 1997, 03.02.-07.02.97г. // Семинар «Ресурсосберегающие технологии подземной разработки пластовых месторождений». – Москва, МГГУ, 1997. – С. 67-84.
5. *Ремезов А. В.* К вопросу оптимизации количества и сечения, примыкающих к высокопроизводительному очистному забою выработок / Сб. науч. тр. № 12, НТИЦ «Кузбассуглетехнология». – Кемерово, 1997. – С. 67-72.

### Авторы статьи

Ремезов  
Анатолий Владимирович  
докт. техн. наук, профессор каф.  
разработки месторождений по-  
лезных ископаемых подземным  
способом КузГТУ,  
e-mail: lion742@mail.ru

Климов  
Виктор Викторович  
директор шахты «Полысаевская»  
«ОАО СУЭК-Кузбасс»,  
e-mail: lion742@mail.ru

Жаров  
Александр Иванович  
докт. техн. наук, профессор  
филиала КузГТУ в г. Белово.  
e-mail: [belovokyzgty@mail.ru](mailto:belovokyzgty@mail.ru)

Костинец  
Ирина Константиновна  
директор филиала КузГТУ  
в г. Белово  
e-mail: [belovokyzgty@mail.ru](mailto:belovokyzgty@mail.ru)

Кочкин  
Роман Олегович  
студент гр. ГПС-122 КузГТУ,  
e-mail: lion742@mail.ru

Поступило в редакцию 6.02.2015