

УДК 622.272:622.411.33

*В.А. Зуев, В.Н. Бобровников, О.И. Казанин,  
А.А. Сальников*

***К ОЦЕНКЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ  
СХЕМ ОЧИСТНЫХ РАБОТ И ГОРИЗОНТОВ ШАХТ  
ВОРКУТСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ В УСЛОВИЯХ  
ВЫСОКОЙ МЕТАНООБИЛЬНОСТИ***

Семинар № 4

С целью обоснования выбора технико-технологических решений по увеличению добычи угля в очистных механизированных забоях в 1999-2004 гг. на шахтах ОАО "Воркутауголь" проведены шахтные исследования.

Для достижения поставленной цели были выполнены: системный анализ технологических схем шахт с выявлением «узких» звеньев; анализ горно-геологических факторов с выявлением неблагоприятных, сдерживающих технические возможности механизированных комплексов; анализ применяемых в ОАО "Воркутауголь" технологических схем подготовительных и очистных работ, а также основных направлений, обеспечивающих эффективность угледобычи на базе реконструкции шахтного фонда ОАО "Воркутауголь".

При решении задач исследования использовали комплексный метод: обобщение тенденций развития топливной промышленности, производственные достижения в области подземной угледобычи, в том числе в зарубежной практике; методы системного анализа, проведение опытно-промышленных испытаний.

Результаты исследований показали, что Воркутское месторождение, представляющее собой свиту пологонаклонных рабочих пластов Четвертого, Тройного, Мощного и Пятого мощностью, соответ-

ственно, 1,45-1,55; 2,2-2,7; 3,8-4,4 и 1,0-1,1 м, отрабатывается в настоящее время пятью шахтами: «Воркутинской», «Комсомольской», «Северной», «Заполярной» и «Аяч-Ягой». Шахты «Воркутинская» и «Заполярная» отрабатывают пласты Четвертый и Тройной, шахта «Северная» – Четвертый, Тройной, Мощный и Пятый, шахта «Комсомольская» - Четвертый, Тройной и Мощный. Максимальная глубина разработки шахтопластов составляет 1040 м (шахта «Комсомольская»), минимальная глубина - 590 м (шахта «Заполярная»). Непосредственная кровля шахтопластов представлена преимущественно аргиллитами толщиной 1,5-2,5 м ( $\sigma_{сж} = 35...40$  МПа), выше которых залегают алевролиты толщиной 2,4-4,0 м ( $\sigma_{сж} = 40...50$  МПа). Прочность алевролитов и песчаников основной кровли шахтопластов составляет, соответственно, 50-60 и 70-100 МПа. Почва представлена в основном алевролитами толщиной 2,7-3,5 м, переслаивающимися песчаником толщиной до 5 м, реже аргиллитом. Пласты Мощный и Тройной являются опасными по внезапным выбросам и горным ударам. Пласт Четвертый является защитным по отношению к пласту Тройному, а пласт Пятый защитным по отношению к пласту Мощному. Угли пластов не склонны к самовозгоранию.

В 2002-2004 гг. в ОАО "Воркутауголь" работало 15-16 добычных участков. Система разработки угольных пластов – длинными столбами. Выемочные столбы длиной 1,1-1,9 км подготавливаются и отрабатываются с 70-х годов прошлого века с применением бесцеликовой технологии как по падению, так и по простиранию. Порядок отработки – обратный. Пласт Четвертый отрабатывают механизированными комплексами типа 2КМ-138, пласт Тройной, Мощный и Пятый – соответственно, механизированными комплексами типов 2ОКП-70, 2УКП и КД-80. Длина лав колеблется в диапазоне от 150 до 260 м.

Схема проветривания выемочных участков – прямоточная с подсвежением исходящей струи. Абсолютная газообильность выемочных участков изменяется от 5 до 20 м<sup>3</sup>/мин - по пласту Тройному, от 30 до 80 м<sup>3</sup>/мин – по пласту Четвертому, от 30 до 60 м<sup>3</sup>/мин - по пласту Мощному. Оработка пластов сопровождается текущей дегазацией, эффективность которой по участку достигает 70-80 %. Статистический анализ показывает, что при отработке пластов Тройного, Четвертого и Мощного на выемочный участок по двум воздухоподводящим выработкам подается, соответственно, 1100-1800, 1500-3000 и 2300-3200 м<sup>3</sup>/мин свежего воздуха. Нагрузка на забой по пласту Четвертому, Тройному и Мощному колеблется в диапазоне 800-2000, 1500-5000 и 1500-4000 т/сут, соответственно.

Фактор газообильности всегда имел особо важное значение при выемке пласта Четвертого, так как его отработка обуславливает разгрузку и газоотдачу верхних и нижних пластов-спутников – Тройного, m<sub>1</sub>, m<sub>2</sub>, n<sub>10</sub>, n<sub>9</sub>, n<sub>8</sub> и Пятого. В газовом балансе выемочного участка доля метановыделения верхних и нижних пластов-спутников достигает 90 % от общего газовыделения. При этом до 30 % метана поступает в исходящую вентиляционную струю участка, несмотря на

высокую эффективность применяемых контурной и фланговой схем дегазации. Анализ показывает, что если в 60-х годах на шахтах Воркутского месторождения при нагрузке на забой 600-700 т/сут соотношение дебитов метана, приходящихся на вентиляцию и дегазацию участка, составляло, соответственно, 1:1, то в 2000-2004 гг. это соотношение стало примерно 1:3. Абсолютная газообильность выемочных участков в связи с повышением нагрузок на забой и увеличением глубины разработки также увеличилась, причем более чем в 4 раза, достигнув 70-80 м<sup>3</sup>/мин (шахта «Северная»). Остаточная метаносность подрабатываемых пластов Тройного и Мощного и их спутников обуславливает дополнительную необходимость дегазации, а также увеличения числа действующих дегазационных скважин.

Вместе с тем бесцеликовая схема подготовки и отработки угольных пластов, возникшая в ОАО "Воркутауголь" как одно из технических решений по исключению удароопасных участков при отработке пласта Мощного и получившая распространение на остальных рабочих пластах Воркутского месторождения, не отвечает в настоящее время требованиям нового технологического уровня. Существенным недостатком этой схемы применительно к высокогазодобным угольным пластам является высокое аэродинамическое сопротивление конвейерной выработки на участке ее поддержания за очистным забоем. Другими ее недостатками следует признать: подрывку почвы конвейерной выработки вслед за подвиганием очистного забоя; наличие операций, связанных с креплением сопряжений очистного забоя с примыкающими выработками и выполняемых вручную; необходимость проведения (в период подготовки выемочного столба) вентиляционной диагональной сбойки с последующим ее перекреплением и переходом механизированным комплексом; формирование за очистным

забоем на границе с выработанным пространством местных и слоевых скоплений метана.

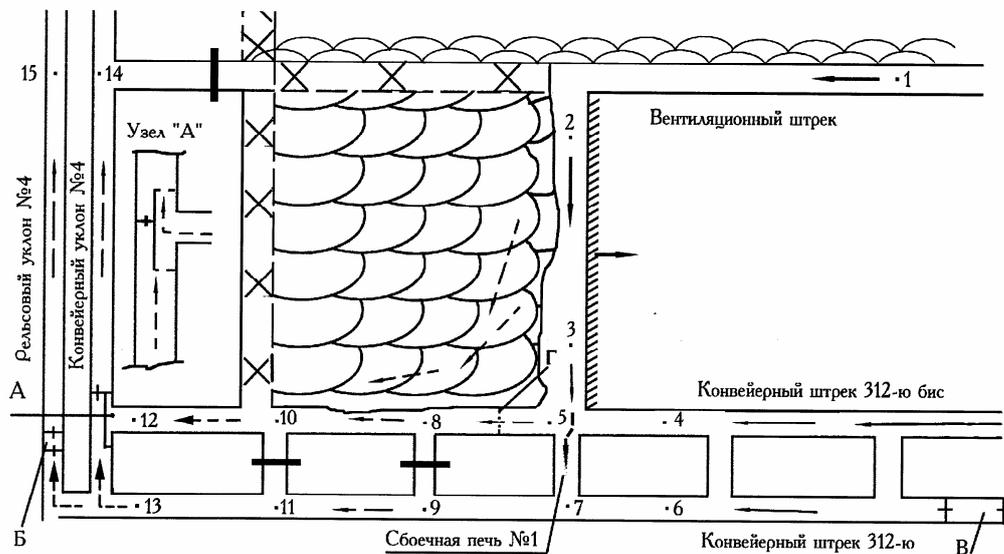
Таким образом, возникает ситуация, когда с точки зрения управления газовой выделением необходимо подавать на выемочный участок большее количество воздуха, а сделать это весьма затруднительно вследствие высокого аэродинамического сопротивления выработок, включая и общешахтные магистральные. Причиной этого является, как недостаточное поперечное сечение выемочных выработок 9-11,2 м<sup>2</sup>, так и значительная величина конвергенции пород, в особенности на глубоких горизонтах.

Учитывая ограниченные возможности схемы проветривания выемочного участка в условиях бесцеликовой подготовки и отработки пласта Четвертого, нами была предпринята попытка по совершенствованию способа управления газовой выделением на основе изолированного отвода метановоздушной смеси из выработанного пространства на пласт Тройной с помощью использования комплекса газоотсасывающего оборудования. При этом часть потока метановоздушной смеси, создаваемого за счет общешахтной депрессии, направляли через выработанное пространство по дренажной выработке, которую создавали вслед за продвижением лавы на границе с выработанным пространством путем возведения деревянного органного ряда и изолирующей чураковой стенки с обмазкой ее глиной, а другую, более существенную часть потока, отводили через выработанное пространство по вентиляционной скважине, соединенной с помощью газоотводящего трубопровода с вентилятором ВМЦГ-7, установленным на подсвежающей струе выработки пласта Тройного [1].

Данное техническое решение было использовано на шахте "Воркутинская" при отработке выемочных столбов 522-ю бис, 522-ю, 622-ю и 722-ю пласта Четвертого. Подобное техническое решение

с образованием дренажной выработки вслед за продвижением забоя лавы 312-с пласта Четвертого с помощью возведения на границе с выработанным пространством парных изолирующих стенок, выкладываемых из золоблоков, было использовано на шахте «Комсомольская». В обоих случаях слоевые и местные скопления метана на границе с выработанным пространством за очистным забоем удавалось устранить. Однако вопрос, связанный с увеличением подаваемого на выемочный участок расхода воздуха, и, соответственно, повышением нагрузки на забои пласта Четвертого, до настоящего времени в условиях бесцеликовой подготовки выемочных столбов не решен, что сдерживает в свою очередь развитие горных работ на пласте Тройном шахт «Воркутинская», «Северная», «Комсомольская», «Заполярная». Поэтому одно из решений по ликвидации газового ограничения и повышения в 2-3 раза нагрузок на забой, и в первую очередь при отработке защитных пластов Четвертого и Пятого, состоит в переходе от бесцеликовой подготовки выемочных столбов к подготовке их спаренными выработками. Такой переход в настоящее время осуществляется на шахтах «Северная», «Комсомольская», «Заполярная».

Впервые в ОАО "Воркутауголь" опытно-промышленный участок длиной 730 м выемочного столба 312-ю пласта Четвертого, подготовленный спаренными выработками, разделенными угольным целиком шириной 6 м, был отработан в 1997-1998 годах на шахте «Комсомольская». Расстояние между пластом Четвертым и Тройным, который подрабатывается Четвертым, составляло 14-15 м. В породах кровли пласта Тройного залежали пласты-спутники  $m_1$ ,  $m_2$  толщиной 0,5-0,7 м. В породах почвы пласта Четвертого залежали нижние пласты-спутники  $n_{10}$ ,  $n_9$ ,  $n_8$ . Относительная метанообильность подрабатываемых пластов-спутников составляла примерно 40



**Рис. 1.** Схема проветривания выемочного участка лавы 312-ю пласта Четвертого: 1-15 – пункты инструментальных наблюдений; А – смесительная камера; Б, В – вентиляционные шлюзы; Г – решетчатая перегородка

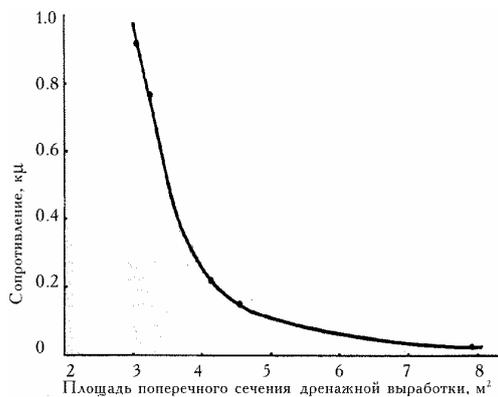
м<sup>3</sup>/т, надрабатываемых пластов-спутников – 20,0 м<sup>3</sup>/т, пласта Четвертого – 3,8 м<sup>3</sup>/т.

Экспериментальный участок выемочного столба обрабатывали лавой 312-ю длиной 200 м, оборудованной механизированным комплексом КМТ. В процессе отвода исходящей вентиляционной струи лавы и участка определяли: среднюю площадь поперечного сечения и газообильность дренажной выработки, среднюю скорость протекания воздуха по ней и концентрацию метана на выходе из нее на фланговую выработку, количество воздуха на подсвежении метановоздушной смеси в районе смесительной камеры на фланговой выработке, депрессию выемочного участка.

Схема проветривания выемочного участка 312-ю пласта Четвертого приведена на рис. 1. Исходящая вентиляционная струя лавы и участка направлена по конвейерному штреку 312-ю «бис», который южнее сбочной печи №1 был неподдерживаемым, дренажным, предна-

значенным для изолированного отвода метановоздушной смеси, а также по конвейерному штреку 312-ю.

Геометрические и аэрогазодинамические параметры выемочного участка определяли с помощью газовой смеси, поступающего по вентиляционному штреку в очистной забой, содержащегося по длине обоих конвейерных штреков, по которым движется исходящая струя выемочного участка, а также по длине фланговых рельсового и конвейерного уклонов №4, куда уходит исходящая выемочного участка. Схема расположения пунктов инструментальных измерений на выемочном участке также представлена на рис. 1. В каждой точке замера фиксировали поперечное сечение выработки и расход проходящего по ней воздуха. Концентрацию метана измеряли, начиная от забоя, по ходу вентиляционной струи в дренажной части конвейерного штрека 312-ю бис и конвейерном штреке 312-ю с шагом 20 м. Расход воздуха определяли с помощью анемометров по общепринятой методике, а концентрацию метана шахтными интерферометрами ШИ-11 в комплекте с метал-



*Рис. 2. Изменение аэродинамического сопротивления дренажной выработки в зависимости от площади ее поперечного сечения*

лическими трубками диаметром 6 мм. Измерения вдоль конвейерных штреков 312-ю «бис» и 312-ю осуществляли на первых 200 м от лавы с шагом 25-30 м, далее через 60-100 м.

Наличие спаренных выработок позволило применить изолированный отвод метановоздушной смеси из выработанного пространства за пределы выемочного участка.

Результаты инструментальных исследований показали, что количество воздуха, поступающего по вентиляционному штреку в лаву, колебалось в диапазоне от 700 до 1250 м<sup>3</sup>/мин, а на подсвежении – по конвейерным штрекам 312-ю и 312-ю «бис» – от 1200 до 1600 м<sup>3</sup>/мин. Суммарное количество воздуха изменялось в пределах 2200-2490 м<sup>3</sup>/мин. Величина годового подвигания лавы 312-ю (к февралю 1998 г.) составила 550 м. Поперечное сечение конвейерного штрека 312-ю «бис» на этом участке (со стороны выработанного пространства) по мере удаления от лавы уменьшалось, изменяясь от 8 до 2,2 м<sup>2</sup>.

В связи с возрастающим аэродинамическим сопротивлением неподдерживаемой дренажной части конвейерного штрека 312-ю «бис» количество воздуха, протекающего по нему, уменьшилось с 900-910 до 480-490 м<sup>3</sup>/мин при скорости исходящей струи 3,8-4,0 м/с, величина депрессии выемочного участка составляла 40-41 мм вод. ст. Согласно резуль-

татам расчетов, выполненных с использованием вентиляционной математической модели с учетом аэродинамических параметров шахт «Воркутинская», «Комсомольская» и других Воркутского месторождения, площадь поперечного сечения дренажной части конвейерного штрека 312-ю «бис» по условию обеспечения максимального дебита отводимой метановоздушной смеси, согласно графику на рис. 2, должна быть не менее 5-6 м<sup>2</sup>.

Согласно инструментальным замерам, с помощью вентиляции с выемочного участка отводилось от 7,0 до 12,0 м<sup>3</sup>/мин метана. Газообильность дренажного штрека зависела от величины нагрузки на забой и изменялась от 5,0 до 10,0 м<sup>3</sup>/мин. По конвейерному штреку 312-ю отводили около 20 % выделяемого в вентиляционную струю метана, остальную часть метана – по дренажной части штрека 312-ю «бис» через смесительную камеру на конвейерный уклон № 4. Концентрация метана в дренажной части конвейерного штрека 312-ю «бис» составляла 0,8-1,5 %, в периоды осадок основной кровли концентрация повышалась до 2,0 %. Отсутствие непосредственного контакта конвейерного штрека 312-ю с выработанным пространством исключало возможность образования в штреке местных и слоевых скоплений метана.

В ходе эксперимента по управлению газовыделением на выемочном участке использовали дегазационные скважины, которые бурили из конвейерного штрека 312-ю на подрабатываемые пласты-спутники. В работе постоянно находилось в среднем 10 скважин. Дебит метана по скважинам составлял 1,0-4,5 м<sup>3</sup>/мин, продолжительность работы скважин – до 5-8 мес.

Система дегазации участка отводила от 13,0 до 33,0 м<sup>3</sup>/мин метана.

Проведенный системный анализ технологических схем шахт ОАО "Воркутауголь" показал, что уголь выдается из шахт с помощью устаревшей технологии скиповых подъемов, которые будучи неоднократно реконструированы, не имеют в настоящее время резервов для наращивания производственной мощности шахт.

Развитие горных работ в течение 50-60 лет привело к значительной (до 5-8 и более километров на каждой из шахт) протяженности общешахтных магистральных конвейерных линий, вследствие чего в ОАО "Воркутауголь" ежегодно эксплуатируется 60-62 км ленточного полотна, физический износ примерно 30 % которого достигает 90-100 %.

Очистные и проходческие забои ОАО "Воркутауголь" находятся также на значительных расстояниях от основных промышленных площадок и вакуумно-насосных станций. Выработки общешахтного назначения, запроектированные на основных и новых (строящихся) горизонтах, имеют существенные ограничения по пропускной способности воздуха, что связано, главным образом, с их недостаточным поперечным сечением.

Согласно расчетам, ожидаемая абсолютная газообильность выемочного участка пласта Четвертого, подсчитанная по природной метаносности подрабатываемых, надрабатываемых пластов-спутников и самого пласта Четвертого (относительная метано-обильность участка 63,04 м<sup>3</sup>/т, на 2004 г., условия шахты «Северная») при нагрузке на очистной забой 2200 т/сут, равна 96,4 м<sup>3</sup>/мин. С учетом эффективности дегазации выемочного участка 70 % и коэффициента неравномерности метановыделения  $K_n = 1,3$ , на участок необходимо подавать около 3800 м<sup>3</sup>/мин свежего воздуха, что в 1,4-1,5 раза больше, чем в настоящее время.

Выполненные с использованием вентиляционных математических моделей расчеты применительно к условиям шахт Воркутского месторождения также показали, что для обеспечения устойчивого проветривания высокопроизводительного выемочного участка на его границе должны быть проведены, по крайней мере, две фланговые вентиляционные выработки при наличии на основном горизонте также не менее двух воздухоотводящих выработок. С учетом изложенного для обеспечения условий по повышению нагрузок на забой (до 3 тыс. т/сут по пласту Четвертому при ожидаемой газообильности 127-130 м<sup>3</sup>/мин и до 8-10 тыс. т/сут по пласту Мощному при ожидаемой газообильности до 200 м<sup>3</sup>/мин) необходима реконструкция системы вентиляции каждой из шахт на основе проведения на действующих горизонтах дополнительных воздухоподводящих и воздухоотводящих выработок с поперечным сечением не менее 17-19 м<sup>2</sup>, а также на основе сокращения протяженности поддерживаемых выработок и уменьшения внутренних утечек воздуха.

Второй комплекс мероприятий должен предусматривать реконструкцию системы дегазации шахт на основе использования дегазационных ставов, выполненных из полимерных стеклопластиковых труб большого диаметра, строительства подземных вакуумно-насосных станций либо расположения их вблизи тех воздухоподающих стволов, которые наименее удалены от фронта очистных работ.

Одним из вариантов реконструкции технологических схем шахт является намеченное коренное изменение схемы транспорта [2] горной массы, состоящее в переходе на единую технологическую конвейерную цепочку, объединяющую шахты «Северная», «Воркутинская», «Заполярная», с возможностью выдачи горной массы до 10-12 млн т/год по наклонному стволу, соединяющему гори-

зонт –345 м шахты «Заполярная» и отметку поверхности ЦОФ «Печорская».

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Способ* управления газовойделением из выработанного пространства (Зуев В.А., Белозеров В.А., Лукьянов Ю.В., Соболев В.В., Клебанов Ф.С.). Патент № 2100611 РФ, БИ, 1997, №36.
2. *Логинов А.К.* К 70-летию промышленного освоения Печорского бассейна. «Уголь», 2004, №8. с. 43-49.

#### Коротко об авторах

Зуев В.А. – кандидат технических наук,  
Бобровников В.Н. – доктор технических наук,  
Казанин О.И. – кандидат технических наук  
Филиал СПГГИ (ТУ) "Воркутинский горный институт".  
Сальников А.А. – горный инженер, главный технолог по вентиляции ОАО «Воркутауголь».

#### ДИССЕРТАЦИИ

##### ТЕКУЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ЗАЩИТАХ ДИССЕРТАЦИЙ ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ И СМЕЖНЫМ ВОПРОСАМ

Автор	Название работы	Специальность	Ученая степень
<b>ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ И МАРКШЕЙДЕРСКОГО ДЕЛА (ВНИМИ)</b>			
НАЗИМА Вячеслав Викторович	Гидрогеологическое обеспечение горных работ при строительстве подземных сооружений в песчано-глинистых отложениях	25.00.16	к.т.н.
<b>ТУЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ</b>			
ДАХАН Абдолнур Абдо Дабван	Геомеханическое обоснование конструкции обделки автодорожного тоннеля в Йемене	25.00.20	к.т.н.