

**О.И.КАЗАНИН**, *д-р техн. наук, декан, kazanin@spmi.ru*  
**А.А.СИДОРЕНКО**, *канд. техн. наук, доцент, sidorenkoaa@mail.ru*  
**В.В.СЕМЕНЦОВ**, *аспирант, sementsov.v@mail.ru*  
*Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург*

**O.I.KAZANIN**, *Dr. in eng. sc., dean, kazanin@spmi.ru*  
**A.A.SIDORENKO**, *PhD in eng. sc., associate professor, sidorenkoaa@mail.ru*  
**V.V.SEMENTSOV**, *post-graduate student, sementsov.v@mail.ru*  
*National Mineral Resources University (Mining University), Saint Petersburg*

## **ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ УПРАВЛЕНИЯ ГАЗОВЫДЕЛЕНИЕМ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СИСТЕМ С ОБРУШЕНИЕМ И ВЫПУСКОМ УГЛЯ В УСЛОВИЯХ ООО «ШАХТА «КИСЕЛЕВСКАЯ»**

Приведены результаты численных исследований аэrogазодинамических процессов на выемочных участках при использовании систем разработки с подэтажным обрушением и выпуском угля с использованием механизированной крепи в условиях ООО «Шахта «Киселевская». Показано, что надежное и эффективное проветривание выемочного участка обеспечивается при использовании технологической схемы с тремя штреками в пределах подэтажа. Определены параметры схемы.

**Ключевые слова:** подземная разработка, обоснование параметров, мощные крутые пласти, подэтажное обрушение, численное моделирование.

## **GAS EMISSION CONTROL PARAMETERS DETERMINATION FOR SUBLVEL CAVING MINING SYSTEMS AT THE «KISELEVSKAYA» COAL MINE**

The results of the aero- and gas-dynamics processes numerical researches for the sublevel caving mining system with mechanized roof support in conditions of «Kiselevskaya» coal mine are given in the article. It is shown, that reliable and effective panel ventilation is provided with the technological scheme with three entries at the each sublevel. The parameters of the technological scheme are determined.

**Key words:** underground mining, parameters determination, thick steep seams, sublevel caving, numerical modeling.

Опыт отработки мощных крутых газоносных угольных пластов Прокопьевско-Киселевского месторождения Кузбасса показал, что применяемые на шахтах бассейна технологии не позволяют обеспечить конкурентоспособность угледобычи. С целью существенного повышения технико-экономических показателей работы шахт предполагается внедрение систем разработки с подэтажным обрушением и выпуском угля,

хорошо зарекомендовавшим себя на шахте «Казимеж-Юлиуш» (Польша) [2]. Для обеспечения эффективности и безопасности горных работ при внедрении данных систем в условиях Прокопьевско-Киселевского месторождения необходимо решение целого комплекса взаимосвязанных задач, среди которых можно выделить управление газовыделением в условиях высокой газоносности и склонности пластов к самовозгоранию.

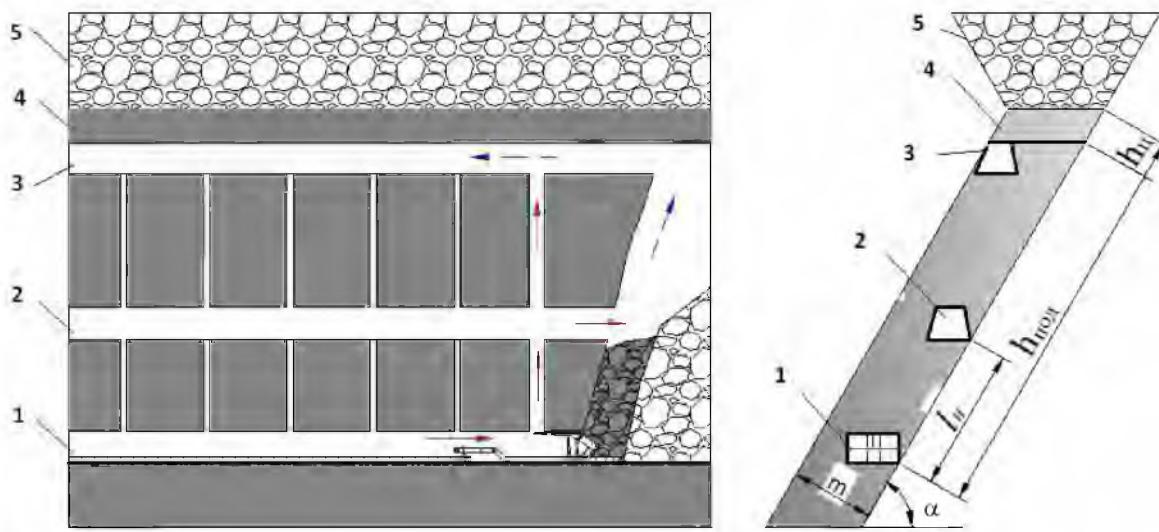


Рис.1. Схема разработки с использованием трех подэтажных штреков

1 – подэтажный конвейерный штрек; 2 – подэтажный выемочный штрек; 3 – подэтажный вентиляционный штрек; 4 – целик между подэтажами; 5 – выработанное пространство отработанного подэтажа;  $h_{\text{под}}$  – наклонная высота подэтажа, м;  $l_{\text{н}}$  – расстояние между конвейерным и выемочными штреками, м;  $h_{\text{ц}}$  – ширина целика, м;  $m$  – мощность пласта, м;  $\alpha$  – угол залегания пласта, град.

Для обоснования параметров управления газовыделением на выемочных участках ООО «Шахта «Киселевская» при использовании системы разработки с подэтажным обрушением и выпуском угля комплексом подэтажной выемки (КПВ) были рассмотрены три технологические схемы:

- Схема 1 – отработка подэтажей с использованием одного подэтажного конвейерного штрека, расположенного в нижней части подэтажа. Монтаж комплекса и бурение скважин производится из подэтажного конвейерного штрека. Проветривание осуществляется с использованием вентиляторов местного проветривания (ВМП).

- Схема 2 – отработка подэтажей с использованием двух подэтажных штреков: вентиляционного и конвейерного, которые проходят соответственно у верхней и нижней границ подэтажа. Вентиляционный подэтажный штрек предназначен для отвода из призабойного пространства отработанной струи воздуха. Проветривание очистного забоя осуществляется за счет общешахтной компрессии.

- Схема 3 – отработка подэтажей с использованием трех подэтажных штреков (рис.1). Расположение подэтажных штреков в подэтаже: подэтажный вентиляционный штрек – у верхней границы подэтажа, подэ-

тажный конвейерный штрек – у нижней границы подэтажа, подэтажный выемочный штрек – в средней части подэтажа (возможно расположение на расстоянии 6-15 м выше конвейерного штрека).

Следует отметить, что схема проветривания выемочного участка должна отвечать следующим основным требованиям:

- схема проветривания выемочного участка должна исключать возможность образования сверхнормативной концентрации газа в действующих выработках и обеспечивать устойчивое проветривание выработок, возможность применения эффективных способов управления газовыделением средствами вентиляции и дегазации; количество вентиляционных перемычек и дверей должно быть минимальным;

- забои подготовительных тупиковых выработок должны проветриваться вентиляторами местного проветривания; исходящая струя воздуха из любого забоя, проветриваемого ВМП, не должна поступать к всасам других ВМП.

Анализ технологических схем показал, что для отработки выемочных участков мощных крутых газоносных угольных пластов, склонных к самовозгоранию, наиболее приемлема схема 3.

Для определения параметров схемы проветривания был выполнен расчет расхода воздуха для проветривания очистного забоя с использованием методики, применяемой для подберковой системы отработки крутых мощных пластов в условиях ООО «Шахта «Киселевская» [1]. Результаты расчетов показали, что необходимое количество воздуха в условиях отработки запасов горизонта +120 м ООО «Шахта «Киселевская» для проветривания очистного забоя (по метану) определяется количеством одновременно отбиваемого угля и составляет от  $150 \text{ м}^3/\text{мин}$  (при добыче за цикл  $Q = 250 \text{ т}$  и метановыделении  $I = 0,66 \text{ м}^3/\text{мин}$ ) до  $300 \text{ м}^3/\text{мин}$  (при  $Q = 480 \text{ т}$  и  $I = 1,42 \text{ м}^3/\text{мин}$ ).

Для оценки эффективности проветривания очистного забоя при использовании системы разработки с подэтажным обрушением и выпуском угля в условиях шахты «Киселевская» проведено математическое моделирование движения воздуха на различных этапах отработки пласта. При проведении исследований использовался программный комплекс ANSYS/FLUENT [3] (лицензия № 00443696). Моделирование проводилось для технологической схемы 3 с использованием трех штреков: конвейерного (сечением  $S_{cb} = 12 \text{ м}^2$ ), вентиляционного ( $S_{cb} = 9 \text{ м}^2$ ) и выемочного ( $S_{cb} = 9 \text{ м}^2$ ).

В ходе проведения исследований рассматривались варианты с минимальным ( $q = 150 \text{ м}^3/\text{мин}$ ) и максимальным ( $q = 300 \text{ м}^3/\text{мин}$ ) расходами воздуха, при двух горно-технических ситуациях: а) конвейерный штрек перекрыт для прохода воздуха в призабойное пространство отбитым углем и обрушенными породами; б) конвейерный штрек имеет свободное сечение для прохода воздуха в призабойное пространство.

На первом этапе проведения исследования рассматривались параметры проветривания очистного забоя в момент отработки пласта непосредственно перед первонаучальным обрушением основной кровли, т.е. когда камера в выработанном пространстве имеет наибольшие размеры по простирианию пласта. Максимальный размер камеры по простирианию  $L$  был определен аналитически

с учетом прочности пород кровли и составил для рассматриваемых условий 25 м.

На рис.2, а представлено распределение потоков воздуха по скорости его движения при минимальном расходе воздуха в момент, когда конвейерный штрек перекрыт для прохода воздуха в призабойное пространство. Цветом показана скорость движения воздуха.

Представленная схема обеспечивает эффективное и надежное проветривание верхней части призабойного пространства разрабатываемого подэтажа, исключая скопление в этой части метана, выделяющегося из выработанного пространства, отбитого угля, угольного пласта и вмещающих пород. В то же время нижняя часть забоя проветривается менее эффективно, вследствие перекрытия его отбитым углем и нахождении выпускных щитков крепи в закрытом положении.

После выпуска отбитого угля часть подаваемого воздуха в очистной забой будет проходить через конвейерный штрек, как показано на рис.2, б. Часть воздуха, подаваемого к очистному забою, проходит через конвейерный штрек и проветривает нижнюю часть очистного забоя, а основное количество воздуха, как и в случае с перекрытым конвейерным штреком, попадая на выемочный штрек, омывает верхнюю часть очистного забоя с не меньшей эффективностью, чем в случае, когда конвейерный штрек перекрыт.

Далее было выполнено моделирование процессов проветривания очистного забоя при максимальном количестве подаваемого воздуха  $q = 300 \text{ м}^3/\text{мин}$  также для двух горно-технических ситуаций: а) конвейерный штрек перекрыт для прохода воздуха в призабойную зону; б) воздух проходит через конвейерный штрек в призабойную зону (часть сечения штрека открыта для прохода воздуха). В этой ситуации воздух, проходя по выемочному штреку и попадая в выработанное пространство, проветривает с равномерной интенсивностью все пространство камеры. Однако в верхнюю часть камеры воздух не попадает, что может вызвать в этой области скопление метана.

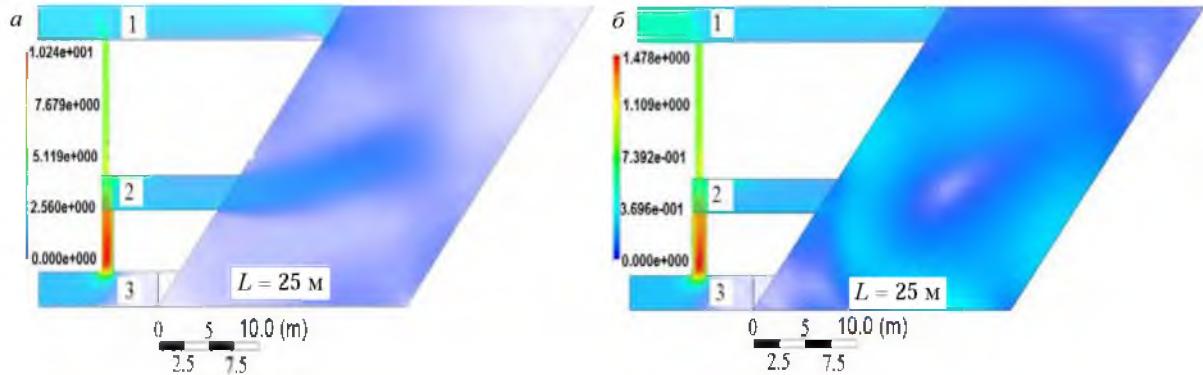


Рис.2. Движение воздуха в очистном забое при  $L = 25$  м и  $q = 150$  м<sup>3</sup>/мин:  $\alpha$  – при перекрытом конвейерном штреке;  $\beta$  – при открытом конвейерном штреке

1 – вентиляционный подэтажный штрек; 2 – выемочный подэтажный штрек; 3 – конвейерный подэтажный штрек

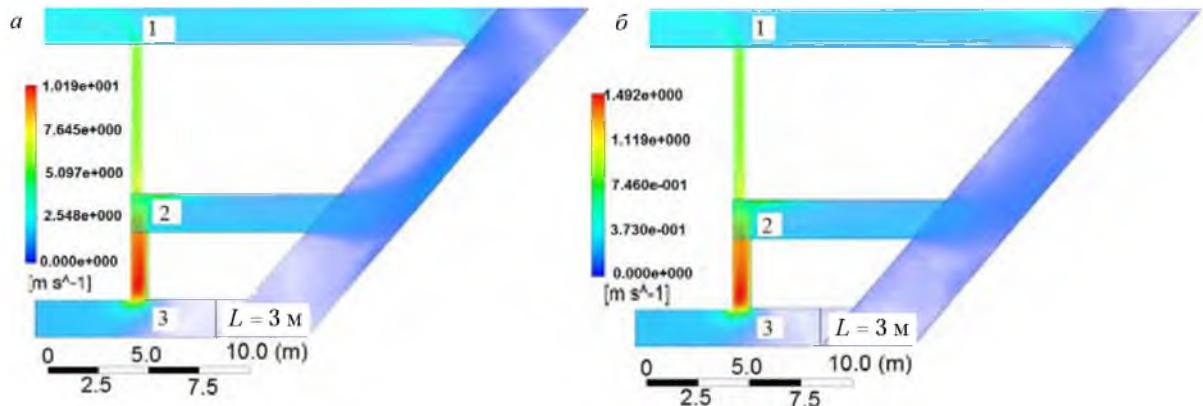


Рис.3. Движение воздуха в очистном забое при  $L = 3$  м и  $q = 150$  м<sup>3</sup>/мин:  $\alpha$  – при перекрытом конвейерном штреке;  $\beta$  – при открытом конвейерном штреке

1 – вентиляционный подэтажный штрек; 2 – выемочный подэтажный штрек; 3 – конвейерный подэтажный штрек

На следующем этапе моделировались процессы движения воздуха в очистном забое для ситуации, когда объем выработанного пространства, свободный для прохода воздуха, минимален, а образовавшееся выработанное пространство имеет размер по простирианию 3 м. Моделирование проводилось с аналогичными по расходу воздуха условиями: минимальный  $q = 150$  м<sup>3</sup>/мин и максимальный  $q = 300$  м<sup>3</sup>/мин, также при перекрытом и открытом для прохода воздуха в призабойное пространство конвейерном штреке (рис.3).

В результате выполненных исследований по определению параметров управления газовыделением на выемочных участках при использовании систем разработки с подэтажным обрушением и выпуском угля в ус-

ловиях ООО «Шахта «Киселевская» сделаны следующие выводы:

1. Надежное и эффективное проветривание выемочного участка обеспечивается при использовании технологической схемы с тремя штреками в пределах подэтажа: конвейерного – расположенного у нижней границы выемочного участка; вентиляционного – расположенного в верхней части подэтажа; выемочного – расположенного в средней части отрабатываемого подэтажа.

2. Необходимым условием эффективного проветривания выемочного участка при применении предлагаемой технологической схемы является исключение или минимизация времени полного перекрытия сечения конвейерного штрека отбитым углем и обрушенными породами.

3. Установлено, что одним из основных параметров схемы проветривания выемочных участков является местоположение выемочного подэтажного штрека относительно конвейерного подэтажного штрека. Расположение выемочного штрека в непосредственной близости от конвейерного приводит к его пересыпанию значительными объемами угля и полному нарушению проветривания призабойной зоны. Восстановление устойчивого проветривания в данной ситуации возможно лишь при выпуске угля, однако при отработке высокогазоносных пластов возникает опасность загазирования выработки в зоне выпуска угля.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Временная инструкция по безопасному применению технологической схемы разработки пласта Характерного II Тырганской антиклинали с квершлага № 2 гор. +120 м системой подэтажного выпуска угля на конвейерный штрек с управлением кровлей механизированной крепью без оставления межкамерных целиков в условиях ООО «Шахта «Киселевская» / А.А.Тимошенко, В.П.Доманов, С.И.Голосков, П.А.Шлапаков; ОАО «НЦ ВостНИИ». Кемерово, 2011. 51 с.

2. Казанин О.И. Геомеханическое обоснование параметров разработки мощных крутых пластов системами с подэтажным обрушением и выпуском угля в условиях Прокопьевско-Киселевского месторождения / О.И.Казанин, А.А.Сидоренко, В.В.Семенцов // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2013. № 4. С.15-21.

3. Сологуб О.В. Обзор существующих средств программного обеспечения для моделирования вентиляции подземных сооружений шахт / О.В.Сологуб, С.С.Кобылкин // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2009. № 3. С.115-132.

## REFERENCES

1. Timoshenko A.A., Domanov V.P., Goloskov S.I., Shlapakov P.A. Temporary instruction on the safe use of the technological scheme reservoir development is characteristic II Tyrganskaya anticline with crosscut number 2 mountains +120 m sublevel system issues coal conveyor to the management of the roof powered support without leaving inter-chamber pillars in Ltd «Mine «Kiselevskaya» / JSC «NC VostNII». Kemerovo, 2011. 51 p.

2. Kazanin O.I., Sidorenko A.A., Sementsov V.V. Geomechanical making parameters develop powerful steep seams systems with sublevel caving and release coal in Prokopevsko-Kiselevskaya deposit // Mining informational and analytical bulletin. 2013. N 4. P.15-21.

3. Sologub O.V., Kobylykin S.S. Review of existing software tools for modeling ventilation shafts underground structures // Mining informational and analytical bulletin. 2009. N 4. P.115-132.