

Стариков Г. (Институт физики горных процессов НАН Украины,  
г. Донецк),

Пилюгин В. (ДТЭК, г. Донецк),

Завражин В. (Институт физики горных процессов НАН Украины,  
г. Донецк),

Кольчик И. (Институт физики горных процессов НАН Украины,  
г. Донецк),

Васильковский В. (Институт физики горных процессов НАН Украины,  
г. Донецк),

Мамлеев Ш. (ОП «Шахтерская-Глубокая» ГП «Шахтерскантрацит», Донецкая обл., г. Шахтерск)

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАГРУЗКИ НА ОЧИСТНОЙ ЗАБОЙ ПО ГАЗОВОМУ ФАКТОРУ

### УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ ВИЗНАЧЕННЯ НАВАНТАЖЕННЯ НА ОЧИСНИЙ ВИБІЙ ЗА ГАЗОВИМ ФАКТОРОМ

У роботі наведено удосконалену методику прогнозу кінетичних параметрів газовиділення з вугільного масиву і зруйнованого вугілля для визначення навантаження на очисний вибій з урахуванням фізичних властивостей вугільного пласта і технологічних параметрів його виймання.

### IMPROVING THE METHOD FOR DETERMINING THE LOAD ON THE WORKING FACE ON THE GAS FACTOR

The paper contains an improved basis for the forecast of the kinetic parameters of the evolution of gas from the coal mass and ruined coal to determine the load on the working face based on the physical properties of the coal seam and technological parameters of its recesses.

**Ключові слова:** вугільний пласт, метан, ефективний коефіцієнт дифузії, концентрація метану, швидкість просування вибою.

**Ключевые слова:** угольный пласт, метан, эффективный коэффициент диффузии, концентрация метана, скорость подвигания забоя.

**Keywords:** coal seam, methane, the effective diffusion coefficient, methane concentration, face advance speed.

Большинство действующих угледобывающих шахт Донбасса являются сверхкатегорийными по метановыделению и опасными из-за внезапных выбросов угля и газа. Эти два взаимосвязанных обстоятельства существенно усложняют технологию ведения горных работ, снижают уровень безопасности и увеличивают издержки процесса добычи угля.

В настоящее время технологическое проектирование очистных забоев и составление паспортов их отработки осуществляется согласно действующему в Украине «Руководству по проектированию вентиляции угольных шахт» [3]. Эта инструкция предусматривает, что при вводе в эксплуатацию новых лав требуется обязательное определение максимально возможной (предельной) добычи  $A_{max}$  по условиям проветривания с учетом газового фактора.

Многолетняя практика ведения очистных работ на газовых пластах вскрыла системные недостатки «Руководства...» [3], к которым можно отнести и тот факт, что оценка допустимой нагрузки на очистной забой производится по средним значениям интенсивности нагрузки, а также абсолютной и относи-

тельной газоносности. В случае локального изменения (увеличения) газоносности пласта, обусловленного природными факторами (геологическое нарушение угля, мелкоамплитудные геологические нарушения пласта) при прочих равных условиях (длина забоя, темп извлечения угля, количество воздуха для проветривания, ширина призабойной зоны, фракционный состав угля) концентрация газа может резко возрасти и достичь опасных значений, которые могут спровоцировать взрыв газо-воздушной смеси. Следует подчеркнуть, что при уменьшении газоносности возникает несоответствие между допустимой и фактической нагрузками на очистной забой. При этом можно увеличивать нагрузку пропорционально уровню снижения газовой выделению, обусловленного газоносностью пласта. Однако возможность таких изменений существующими нормативными документами не предусмотрена. Чтобы учесть фактическую газообильность и степень ее неравномерности, необходимо осуществлять непрерывный мониторинг по параметрам, которые определяют массоперенос газа из угольного массива и разрушенного угля в атмосферу

призабойной зоны пласта. Для этого необходимо рассчитать значение опасной концентрации газа, определить время достижения опасной концентрации (1%) и с учетом этих параметров допустить возможность корректировки нагрузки на очистной забой как в сторону ее увеличения, так и уменьшения.

С целью учета вышеперечисленных факторов в ИФГП НАН Украины была разработана физическая модель выхода метана из угольного массива и разрушенного угля в призабойное пространство очистного забоя при условии одновременного учета фильтрационных и диффузионных механизмов процесса десорбции [1].

Согласно этой модели, метан в угле содержится в свободном газообразном состоянии в фильтрационном объеме (в трещинах, открытых порах и каналах) и в виде твердого раствора в блоках угольного вещества, не нарушенных открытой пористостью. Особую роль играет метан, находящийся в закрытых порах, т.е. тех, которые не сообщаются с фильтрационным объемом. Истечение метана из фильтрационного объема в выработку происходит путем фильтрации, описываемой законом Дарси. Одновременно метан, содержащийся в блоках угля и в закрытых порах, поступает в фильтрационное пространство путем твердотельной диффузии. Тем самым реализуется диффузионно-фильтрационный механизм массопереноса метана в угле.

С использованием базовой модели разработана методика прогноза времени формирования опасных концентраций метана в призабойной зоне угольных пластов [2]. При этом необходимо выполнить следующие операции:

– рассчитать значения стационарной концентрации

газа  $C$  в очистном забое по формуле  $C = \frac{I_0}{I_0 + q}$ ,

где  $I_0$  – интенсивность источника газовой выделенности, а  $q$  – обратное время проветривания объема выработки,

которое рассчитывается по формуле:  $q = \frac{Q}{LS}$ ,

где  $Q$  – расход воздуха в очистном забое,  $L$  – длина очистного забоя,  $S$  – площадь поперечного сечения очистного забоя.

– сравнить значение стационарной концентрации газа  $C$  с критически опасной концентрацией газа  $C_{кр}$  и, если  $C > C_{кр}$ , рассчитать время достижения опасной концентрации газа  $t_{кр}$  по следующей формуле:

$$t_{кр} = -\frac{1}{I_0 + q} \ln \left[ 1 - \frac{C_{кр}(I_0 + q)}{I_0} \right]$$

интенсивность источника газовой выделенности  $I_0$  определяется как:

$$I_0 = \left[ \frac{2b_1}{\sqrt{A_1}} + \frac{2b_2}{\sqrt{A_2}} \right] \frac{60V_s}{L},$$

где  $A_1$  – параметр, характеризующий относительную скорость движения газа в очистном забое  $A_1 = 86,4 \cdot 10^3 V_s/V_n$ ;

где  $V_s$  – скорость звука в газовой атмосфере;

$V_n$  – удельная скорость подвигания очистного забоя,  $V_n/t_{сут}$ ;

$V_n$  – скорость подвигания забоя;

$t_{сут}$  – время работы комбайна по добыче в сутки;

$A_2$  – параметр, характеризующий относительную скорость движения цепи скребкового конвейера в очистном забое,  $A_2 = V_s/V_k$ , где  $V_k$  – скорость движения цепи скребкового конвейера;

$b_1$  – параметр, характеризующий поступление газа из угольного пласта при его разрушении добывающим механизмом и рассчитывается по формуле:

$$b_1 = g\rho_y \sqrt{\frac{\gamma_e D_f}{\pi V_s}} \frac{Lm}{S\sqrt{r_{зах}}},$$

где  $g$  – газоносность угля;

$\rho_y$  – плотность угля;

$\gamma_e$  – эффективная пористость угля;

$D_f$  – эффективный коэффициент диффузии газа в угле;

$m$  – мощность пласта, который разрабатывают;

$r_{зах}$  – ширина захвата исполнительного органа выемочного комбайна;

$b_2$  – параметр, характеризующий поступление газа из отбитого угля, который находится на забойном и штрековом конвейерах:

$$b_2 = g_0\rho_y \sqrt{\frac{\gamma_e D_f L}{\pi V_s}} \frac{6k_0 V_n}{3600 r_{пр} V_k},$$

где  $g_0$  – остаточная газоносность угля;

$k_0$  – коэффициент загрузки оборудования;

$R_{пр}$  – приведенный размер фракции разрушенного угля.

Прогноз допустимой нагрузки на очистной забой призабойной зоны пласта проводится по учету времени накопления опасной концентрации газа в атмосфере, рассчитывается по формулам, полученным авторами, и включает определение горно-геологических, физических и технологических параметров. Используя вышеприведенные параметры, рассчитывают: газообильность пласта при его разрушении исполнительным органом комбайна; газообильность разрушенного угля при транспортировке скребковым конвейером; суммарную интенсивность газовой выделенности с учетом подвижки линии очистного забоя (объем добычи). На основе этих значений прогнозируют достижение опасной концентрации газа в зависимости от объема добычи угля из очистного забоя. По результатам расчета концентрации газа и времени ее достижения строят графики зависимости концентрации газа от эффективного коэффициента диффузии  $C(D_f)$  и времени накопления опасной

концентрации  $t_{кр}$  от эффективного коэффициента диффузии  $t_{кр}(D_i)$  и проводят последующий анализ. Чтобы проверить возможность увеличения нагрузки при существующем расходе воздуха в лаве, принимают в расчет несколько вариантов скоростей подвигания очистного забоя.

Исходя из установленных значений, определяющих зависимость концентрации газа в атмосфере очистной выработки от скорости подвигания линии очистного забоя (объема добычи) и прогнозируют такую оптимальную нагрузку на очистной забой, которая исключает накопление опасной концентрации газа.

С целью практического применения данного методического приема в ИФГП НАН Украины разработаны оборудование и экспресс-метод для определения фактической газоносности угольного массива в призабойной зоне горных выработок. Шахтный измеритель давления и количества метана в угольных пластах – прибор ДС-03 (ШИММ) – прошел приемочные испытания в условиях шахты им. А. А. Скочинского (ГП ДУЭК) и сертифицирован МакНИИ для применения в шахтах, опасных по пылегазовому режиму (заключение экспертизы №232.09.00.047.10 от 09.03.2010). Он оснащен автономным питанием, электронным блоком, системой коммуникации и управления. Продолжительность обработки четырех одновременно отобранных проб составляет 20–30 мин. Газоносность и давление метана измеряются в призабойной зоне пласта с минимальным интервалом 0,5 м. Прибор общей массой 7 кг представлен во взрывобезопасном исполнении.

Методика измерений основана на установленных закономерностях кинетики фильтрационных и диффузионных потоков метана из углей разного фракционного состава. Она включает бурение коротких шпуров в угольный пласт, отбор штыба с размером частиц не более 1 мм, помещение его в специальные измерительные капсулы и замер газоносности. Потери свободной фазы метана при отборе угольных проб в процессе бурения учитываются за счет предварительного тестирования угля и составления его десорбционного паспорта.

Использование ДС-03 (ШИММ) позволяет осуществлять мониторинг изменения газоносности и пластового давления метана в призабойной зоне подготовительных и очистных выработок в процессе ведения горных работ, корректировать темпы подвигания забоев с учетом обеспечения их безопасности, а также определять объемы добычи, позволяющие исключать накопление опасной концентрации метана в очистных забоях.

---

1. Алексеев А. Д. Диффузионно-фильтрационная модель выхода метана из угольного пласта // Журнал технической физики. – 2007. – № 77. – Вып. 4. – С. 65–74.

2. Алексеев А. Д. Прогноз времени образования опасных концентраций метана в очистных забоях // Уголь Украины. – 2010. – № 7. – С. 29–32.

3. Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт / Государственный нормативный акт об охране труда. – К., 1994. – 311 с.