

ГАЗООБИЛЬНОСТЬ И НАГРУЗКА ОЧИСТНЫХ ЗАБОЕВ ПРИ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОЙ ВЫЕМКЕ ГАЗОНОСНЫХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ КУЗБАССА

Ю.С.Воронюк, к.т.н.

Н.И.Устинов, к.т.н.

(ННЦ ГП - ИГД им. А.А.Скочинского)

В настоящее время более 70% шахт России являются опасными по метану, из них 55% - весьма опасными (шахты сверхкатегорные, III категории и выбросоопасные). На них добывается 85% угля. При этом в сравнительно равных горно-технических условиях в шахтах с метанообильностью 7-10 м³/т добывается угля в 2-3 раза больше, чем в шахтах с метанообильностью 20-60 м³/т, где число остановок угледобывающей техники по причинам метана значительно выше.

В перспективе предусмотрено дальнейшее повышение эффективности угледобычи на базе технического перевооружения шахт и обеспечения их новой высокопроизводительной техникой. Очистные участки должны ежедневно добывать 2000-3000 т угля, а в отдельных менее метанообильных шахтах - 5000-8000 т. Вопросы обеспечения условий для высокопроизводительной и безопасной работы горной техники на газоносных пластах становятся все более актуальными, поскольку технические возможности средств очистной выемки угля на пологих пластах в 3-4 раза превышают допустимую нагрузку на лаву по газовому фактору.

Нами была предпринята попытка дать оценку возможной производительности очистных забоев при выемке перспективных пологих угольных пластов Кузбасса с различной газоносностью.

Для отработки выемочных столбов приняты три варианта схем с прямоточной схемой проветривания и один вариант с возвратноточной схемой и отсосом газа с помощью установки ВМЦГ-7 (рис.1,2).

Прогноз метанообильности горных выработок производился в соответствии с нормативными документами [1,2]. Исходя из принятых схем отработки выемочных столбов и схем проветривания выемочных участков нагрузка на очистной забой по газовому фактору будет определяться метановыделением из разрабатываемого пласта, поэтому на данном вопросе следует остановиться несколько подробнее.

При разработке пласта без разделения на слои относительное метановыделение из разрабатываемого пласта рассчитывается по формуле

$$q_{пл} = k_{пл}(x - x_1) + k_{э,пл}(x - x_0), \quad (1)$$

где $k_{пл}$ - коэффициент, учитывающий влияние системы разработки на метановыделение из пласта;

x - природная метаноносность пласта, м³/т;

x_1 - остаточная метаноносность угля, выдаваемого за пределы поступающей в лаву вентиляционной струи, м³/т;

$k_{э.п}$ - коэффициент, учитывающий метановыделение из эксплуатационных потерь угля в пределах выемочного участка;

x_0 - остаточная метаноносность угля, оставляемого в выработанном пространстве в целиках, не вынимаемых пачках и т.д., м³/т.

Значение природной газоносности пласта принимается по данным геологической разведки, а остаточная метаноносность x_0 определяется в зависимости от выхода летучих веществ по рекомендациям [2]. Для рассматриваемых условий, включающих угольные пласты марок Г, Ж и Д, значение x_0 принимается равным 2,0-2,5 м³/т.

Величина остаточной метаноносности угля, выдаваемого за пределы поступающего в лаву воздуха, определяется по формуле

$$x_1 = x(1 - e^{-n})k_1, \quad (2)$$

где k_1 - коэффициент, учитывающий долю газа, оставшегося в отбитом угле;

n - показатель степени, зависящий от скорости подвигания очистного забоя и степени метаморфизма угля.

Значения величины n определяются по формуле

$$n = a_1 V_{оч} [0,002 (27 - V^{daf})^2 + 1], \quad (3)$$

где a_1 - коэффициент, значения которого для Кузнецкого бассейна принимаются равным 0,21.

V^{daf} - выход летучих веществ, м³/т с.б.м.;

$V_{оч}$ - скорость подвигания очистного забоя, м/сут.

Коэффициент k_1 определяется по формуле

$$k_1 = 1 - a_2 T_T^{b_2}, \quad (4)$$

где a_2, b_2 - коэффициенты, характеризующие газоотдачу из отбитого угля; значения a_2 для условий Кузбасса принимаются в зависимости от выхода летучих веществ по таблице [2], а $b_2 = 0,25$;

T_T - время транспортирования угля с момента отторжения его от массива до выдачи за пределы поступающей в лаву струи воздуха.

Коэффициент, учитывающий влияние системы разработки на метановыделение из пласта, вычисляется для каждого выемочного столба по формуле:

$$k_{пл} = \frac{l_0 - 2B_{з.д}}{l_0}, \quad (5)$$

Ширина условного пояса газового дренирования угольного массива $V_{з.д}$ определяется в соответствии с рекомендациями [2] в зависимости от времени с момента окончания проведения подготовительных выработок до начала очистной выемки и степени метаморфизма угля.

Максимально допустимая нагрузка на очистную выработку по газовому фактору в соответствии с нормативным документом [2] определяется по методике МакНИИ, основанной на эмпирических формулах, составленных на основании обработки фактических данных по относительной метанообильности очистных забоев и выемочных участков, расхода воздуха в лаве и на участке, скорости подвигания очистных забоев и нагрузкам на лаву. Однако, эти формулы были получены для условий, когда коэффициент машинного времени выемочных машин лишь в отдельных случаях достигал 0,3, скорость подвигания очистных забоев составляла максимум 3-5 м/сутки, а нагрузка на лаву - 2000 т/сутки. Кроме того, эмпирический подход к оценке производительности очистных забоев не позволяет делать экстраполяцию данных до значений, превышающих фактические в 2 - 3 раза. Более приемлемой является методика определения возможной нагрузки на лаву по газовому фактору, основанная на физических представлениях о процессах газовыделения, происходящих во время выемки угля, и позволяющая оценивать производительность лав при коэффициенте машинного времени, равном 0,5 и более, характерном для современных механизированных комплексов [3,4].

Для рассматриваемых условий и принятых схем отработки выемочных столбов газообильность горных выработок, по которой должна рассчитываться допустимая нагрузка на очистную выработку по газовому фактору, определяется газовыделением из разрабатываемого пласта и зависит от длины очистной выработки, скорости подвигания ее, степени измельчения добытого угля, рабочей скорости подачи выемочной машины, времени нахождения угля в лаве и в выработках участка, по которым движется струя воздуха, поступающая в очистной забой, продолжительности выемочного цикла, системы разработки и способа управления кровлей.

Различные сочетания перечисленных показателей могут обусловить одинаковую по величине относительную метанообильность $q_{оч}$. Варьируя ими, можно определить максимальную по газовому фактору минутную производительность выемочной машины при заданных величинах сечения призабойного пространства ($S_{оч}$, м²), максимально допустимые ПБ скорости движения воздуха в очистной выработке (V_{max} , м/с) и концентрации метана в исходящей вентиляционной струе (C , %).

При определении газообильности по газоносности угольных пластов нагрузка на лаву составляет

$$A_{оч} = jT_m, \quad (6)$$

где j - производительность выемочной машины, т/мин;
 T_m - время работы машины в сутки по добыче, мин.

При коэффициенте машинного времени $k_M > 0,5$, характерном для современных механизированных комплексов,

$$j = \frac{0,6V_{\max}S_{o.p}c}{k_o q_o}, \quad (7)$$

где $S_{o.p}$ - расчетная площадь поперечного сечения призабойного пространства очистной выработки, m^2 ; определяется в соответствии с рекомендациями [2], а значение $S_{oч}$ принимается по табл.1;

$q_{oч}$ - относительная метанообильность очистной выработки, m^3/t ;

$k_{oч}$ - коэффициент, учитывающий долю газовыделения в течение времени по выемке угля к общему газовыделению в течение суток.

Таблица 1

Площадь поперечного сечения призабойных пространств очистных выработок с механизированными крепями

Тип крепи (комплекса)	Вынимаемая мощность пласта, м	Сечение в свету $S_{oч}, m^2$
1КМТ	1,5-2,1	2,4-3,3
МК 75 Б	1,6-2,2	2,8-4,7
КМ - 700/800	1,3-2,6	2,0-5,2
1КМ-144К	2,1-2,8	4,5-7,1
КМ - 138	1,4-3,2	2,9-5,2
КМ - 130	2,0-3,6	4,5-9,7
2ОКП - 70	2,3-3,5	4,8-6,8
4КМ - 130	2,8-4,1	4,7-8,2
КМ - 142	2,5-4,5	3,8-8,8
КМ - 144	2,0-4,5	3,5-7,0
КМ - 171	2,5-4,7	3,5-8,2
ЮУ	1,6-3,2	3,5-10,7
ЮУ	2,8-4,7	4,5-13,3
«Глиник»	1,0-3,4	1,4-6,7
«Фазос»	1,8-3,7	3,1-6,9
«Пиома»	2,4-4,5	3,6-8,8

Значения $k_{oч}$ и k_M определяются по формулам:

$$k_{oч} = k_M \left[\frac{(x - x_1)(1 - k_M)(1 - k_{дег.пл})}{q_o} + 1 \right], \quad (8)$$

$$k_M = T_M/1440, \quad (9)$$

где x - природная метаноносность пласта, m^3/t ;

x_1 - остаточная метаноносность угля при выдаче его за пределы выемочного участка, м³/т.

При этом относительная газообильность лавы определяется по формуле

$$q_{\text{оч}} = q_{\text{пл}}(1 - k_{\text{дег.пл}}) + k_{\text{в.п}} q_{\text{в.п}}(1 - k_{\text{дег.сп}}), \quad (10)$$

где $q_{\text{пл}}$ и $q_{\text{в.п}}$ - относительное газовыделение соответственно из разрабатываемого пласта и из выработанного пространства, м³/т; определяется в соответствии с [2];

$k_{\text{дег.пл}}$ и $k_{\text{дег.сп}}$ - коэффициенты, учитывающие эффективность дегазации соответственно разрабатываемого пласта и сближенных пластов и выработанных пространств; определяются по рекомендациям [5];

$k_{\text{в.п}}$ - коэффициент, учитывающий метановыделение из выработанного пространства в призабойное.

В соответствии с «Руководством...» [2] максимально допустимая по газовому фактору нагрузка на очистную выработку рассчитывается по формуле

$$A_{\text{max}} = \left(\frac{q_p A_p}{1440} \right)^{-1,67} \left(\frac{Q_p}{194} \right)^{1,93} A_p, \quad (11)$$

где q_p - относительная метанообильность очистной выработки ($q_{\text{оч}}$) или выемочного участка ($q_{\text{уч}}$), м³/т;

A_p - планируемая нагрузка на очистной забой, т/сут;

Q_p - расчетное количество воздуха, которое зависит от схемы проветривания выемочного участка, пропускной способности очистной выработки по воздуху и других факторов, м³/мин.

Сопоставительные расчеты, сделанные для условий разработки пластов шахты «Есаульская» по формулам (6) и (11) (табл.2), показали, что нагрузка на лаву определенная по формуле (11), при метанообильности очистного забоя более 5 м³/т в 2-3 раза ниже, чем по формуле (6), а при весьма низкой метанообильности (менее 3 м³/т) получается обратная картина. Это свидетельствует о том, что в условиях газообильных шахт расчеты максимально допустимой нагрузки на механизированный очистной забой по газовому фактору должны вестись по методике, основанной на формуле (6).

По этой методике был составлен прогноз метанообильности очистных забоев и определена допустимая нагрузка на очистную выработку по газовому фактору для перспективных пологих пластов Ленинского района и Южного Кузбасса (табл.3). При принятых схемах отработки выемочных столбов и прямоочных схемах проветривания выемочных участков возможная нагрузка на лаву по газовому фактору будет целиком зависеть от газообильности призабойного пространства, которая в свою очередь определяется газовыделением из разрабатываемого пласта. Поэтому при прогнозе метанообильности определялось относительное метановыделение из разрабатываемого пласта, по которому рассчитывалась максимально допустимая нагрузка на лаву. В тех случаях, когда возможная по газовому

фактору нагрузка на лаву получалась менее 5000 т/сутки, предусматривалась дегазация разрабатываемого пласта и проводился повторный расчет нагрузки на лаву с учетом дегазации пласта с достижимой ныне эффективностью 40% и ожидаемой 50% - если применить новую технологию дегазации с предварительным гидроимпульсным воздействием на угольный массив.

Таблица 3

Возможная нагрузка на лаву по газовому фактору

Шахта	Пласт	Мощность пласта, м	Газоносность, м ³ /т	Метановыделение из пласта, м ³ /т	Нагрузка на лаву, т/сут				
					без дегазации	с эффективностью дегазации пласта, %			
						40	50		
Схемы 1 и 2									
Полосухинская	29а	3,0	8	3,0	3816	6408	7704		
	30	2,1	10	3,6	2300	3888	4680		
Распадская	15	3,0	5	2,8	4680				
	3-3а	2,1	13	4,6	2448	4104	4968		
им. 7 Ноября	Надбайкаимский	2,5	5	1,4	6912				
	Байкаимский	4,5	11	4,7	4320	7200	8640		
Комсомолец	Бреевский	2,8	14	4,3	2520	4176	5040		
Инская	Сычевский	2,3	8	2,0	5256	8784	10584		
	Тонкий	2,0	2					Нет ограничений по газу	
	Инский	2,3	2						
	Грамотеинский 2	2,9							
Есаульская	29а	2,3	9	2,4	3672	6192	7416		
	26а	2,1	14	3,9	2160	3600	4392		
№ 7	52	4,2	5	2,1	8712				
Котинская	52	4,6	7	3,5	5904				
Схема 3									
Октябрьская	Полысаевский 1	2,3	13	2,5	3744	6264	7800		
	Полысаевский 2	2,9	12	2,4	4752	7920	9504		
Комсомолец	Толмачевский	2,3	21	4,1	2304	3816	4536		
Осинниковская	Е 5	2,8	15	5,0	2160	3520	4248		
Инская	Безымянный	3,5	2						
	Наддальний	2,0	2					Нет ограничений по газу	
	Красноорловский	2,35	3						
	Спутник	2,1	5						
	Красногорский	3,1	1						
	Колмогоровский	2,0	5						
Распадская	10	2,2	15	3,3	2736	4536	5472		
Схема 4									
Распадская	9	4,3	10	4,5	4248	7056	8496		
	7-7а	3,9	18	7,7	2160	3600	4320		
	6-6а	4,5	13	6,1	3312	5544	6624		

Из табл. 3 следует, что для обеспечения нагрузки на лаву 5000 т/сут и более необходимо применять дегазацию разрабатываемого пласта с эффективностью 40% (14 шахтопластов или 48% от общего числа принятых к анализу). Необходимо отметить, что в отдельных случаях даже при применении дегазации пласта с эффективностью 40% указанная нагрузка на лаву остается недостижимой, чему способствует или высокая газоносность ($15 \text{ м}^3/\text{т}$ и более) или относительно небольшая мощность пласта (менее 3м), не обеспечивающая необходимую пропускную способность по воздуху призабойного пространства лавы. Нужны новые технические средства для гидроразрыва пласта и повышения его газопроницаемости.

Этот анализ свидетельствует также о том, что даже при применении прямоточных схем проветривания с целью создания условий, когда возможная нагрузка на лаву определяется только газовыделением из разрабатываемого пласта, не всегда может быть достижима нагрузка 5000 т/сут и более. Поэтому при выборе технологических схем обработки выемочных столбов нецелесообразно применение классической возвратноточной схемы проветривания с выпуском вентиляционной струи на вентиляционный штрек в целике угля, при которой возможная по газовому фактору нагрузка на очистной забой является наиболее низкой.

Для подтверждения этого тезиса была произведена оценка возможной нагрузки на лаву по газовому фактору для столбовой системы разработки с возвратноточной схемой проветривания на примере шахты «Есаульская». Рассчитывалась нагрузка на лаву без дегазации и с дегазацией разрабатываемого пласта ($K_d = 0,40$) и выработанного пространства ($K_d = 0,60$). Результаты расчетов и их сравнение с нагрузкой на лаву для схемы с прямоточной схемой проветривания приведены в табл.2.

Эти данные показывают, что при применении столбовой системы разработки с возвратноточной схемой проветривания нагрузка на лаву даже с применением дегазации разрабатываемого пласта и отсосом газа из выработанного пространства не может превышать 3800 т/сут для пласта 29а и 2380 т/сут для пласта 26а. Кроме этого, необходимо учитывать также возможность образования опасных скоплений метана на сопряжении лавы с вентиляционным штреком.

Таблица 2

Результаты расчетов метанообильности и производительности лав
по газовому фактору (шахта «Есаульская»)

Пласт	Газо-носность, м ³ /т	Газообильность очистного забоя, м ³ /т				Нагрузка на лаву, т/сут							
		возвратноточная схема проветривания		прямоточная схема проветривания		возвратноточная схема проветривания				прямоточная схема проветривания			
		без дегазации	с дегазацией	без дегазации	с дегазацией	без дегазации		с дегазацией		без дегазации		с дегазацией	
						по формуле (6)	по формуле (11)	по формуле (6)	по формуле (11)	по формуле (6)	по формуле (11)	по формуле (6)	по формуле (11)
29а	9,0	7,5	3,6	2,4	1,4	1800	928	3816	3410	3672	4770	6192	11515
26а	14,0	11,5	5,6	3,9	2,3	1152	311	2376	1453	2160	1940	3600	4626