



**Б. Н. ИОТЕНКО,**  
канд. техн. наук  
(МакНИИ)



**Р. В. БЕРЕГОВОЙ,**  
инж.  
(МакНИИ)

Одно из главных направлений улучшения технико-экономических показателей работы шахты – повышение суточной нагрузки (далее – нагрузка) на очистной забой (лаву), которое, однако, сдерживается высокой метанообильностью горных выработок выемочных участков. Ожидаемое метановыделение (дебит метана) в выработки определяется по интенсивности газовыделения с обнаженной поверхности пласта (очистного забоя и стенки подготовительных выработок) из отбитого угля и из прилегающих к забою выработанных пространств.

Допустимую нагрузку на очистной забой рассчитывают исходя из условий разжижения метана по источникам его выделения и обеспечения допустимых уровней концентраций по всей системе выработок в зависимости от принятых схем технологической выемки угля и проветривания участка. Принимают в расчет и дебит газа, привно-

Отклик на статью В. И. Пилюгина, Г. П. Старикова «Совершенствование нормативной базы в области проектирования проветривания и дегазации очистных забоев» // Уголь Украины. – 2013. – № 8. – С. 40–43.

УДК 642.45.001.2

## О максимальной суточной нагрузке на очистной забой по газовому фактору

Проанализирована методика определения максимальной суточной нагрузки на очистной забой по газовому фактору. Доказана достоверность основных расчетных формул по определению максимально допустимой суточной нагрузки на лаву. Даны рекомендации по использованию этой методики при проектировании нагрузки на очистной забой высоконагруженных лав по газовому фактору.

**Ключевые слова:** анализ, методика, нагрузка, газовый фактор, лава, вентиляция, проектирование, концентрация, расход воздуха, достоверность, метановыделение.

**Контактная информация:** [maknii.ra@gmail.com](mailto:maknii.ra@gmail.com)

симого на участок с поступающей струей воздуха, что позволяет применять основные способы борьбы с газом, а именно – вентиляцию и дегазацию.

Газовый фактор учитывают на стадии технологического проектирования очистных работ и определения максимально допустимой нагрузки в соответствии с действующим Руководством [1]. Для очистных выработок типа лав максимально допустимую нагрузку на очистной забой по газовому фактору рассчитывают исходя из природной метаноносности или фактической метанообильности угольных пластов.

Проанализируем достоверность формул Руководства [1] для расчета максимально допустимой нагрузки по фактической метанообильности.

Максимально допустимая нагрузка на очистной забой и выемочный участок по газовому фактору – это такая добыча угля, при которой дебит метана  $I_p$ , выделяющийся в очистную выработку и выемочный участок, может быть разбавлен максимальным расходом воздуха  $Q_p$  до допустимых норм согласно Правилам безопасности в угольных шахтах [2].

Расчет максимально допустимой нагрузки  $A_{\max}$  по газовому фактору и его достоверность исследовали В. И. Пилюгин и Г. П. Стариков [3]. Они пришли к выводу, что расчет по основной формуле (7.2) Руководства [1] (ее часто применяют в процессе технологического проектирования выемочного участка) примерно в 2–2,5 раза занижает проектную добычу, а полученные в результате расчетов значения  $A_{\max}$  не соответствуют предельно допустимому по НПАОП [2] содержанию метана в очистном забое (лаве). Авторы статьи [3] графически (рис.1) подтверждают свои выводы кривыми изменения отношений расчетных и фактических нагрузок в зависимости от расхода воздуха и интенсивности метановыделения. Они представляют собой гиперболы, которые независимо от расхода воздуха  $Q_p$  с ростом среднего метановыделения  $\bar{I}_p$  (дебита метана) стремятся к нулю. Кривые строили по формуле

$$k = \bar{I}_p^{-1,67} (Q_p / 194)^{1,93}, \quad (1)$$

где  $k$  – коэффициент изменения нагрузки на лаву; численно определяется отношением максимально допустимой  $A_{\max}$  к фактической  $A$  нагрузке на лаву-аналог, т. е.  $k = A_{\max}/A$ ;  
 $A_{\max}$  – максимально допустимая нагрузка на очистной забой, т/сут;  
 $A$  – фактическая нагрузка на лаву-аналог, при которой определяют  $\bar{I}_p$ , т/сут;  
 $Q_p$  – максимальный расход воздуха в очистной выработке проектируемой лавы, м<sup>3</sup>/мин.

Средний дебит метана  $\bar{I}_p$  и расход воздуха  $Q_p$  в очистной выработке зависят от схем проветривания очистной выработки и выемочного участка.

Согласно табл. 7.2 Руководства [1] для схем проветривания типов 2-В и 3-В с обособленным разбавлением метана по источникам выделения выемочного участка  $\bar{I}_p = \bar{I}_{оч}$ , а

$$Q_p = Q_{оч \max} k_{0.3} = 60 S_{оч \min} v_{\max} k_{0.3} \quad (2)$$

где  $Q_{оч \max}$  – максимальный расход воздуха для проветривания очистной выработки, м<sup>3</sup>/мин; определяется из отношения  $Q_p/k_{0.3}$ ;

$k_{0.3}$  – коэффициент, учитывающий движение воздуха по части выработанного пространства, непосредственно прилегающей к призабойному пространству; определяется по табл. 6.4 Руководства [1]. Он изменяется от 1,3 до 1,05 и зависит от крепости пород кровли и способа управления ею;

$S_{оч}$  – поперечное сечение всвету призабойного пространства, м<sup>2</sup>;

$v$  – скорость движения воздуха в лаве, м/с.

Для исследований авторы статьи [3] установили пределы изменения  $Q_p$  и  $\bar{I}_p$ , которые (по их мнению) характерны при отработке лав на пологих газоносных пластах мощностью от 0,8 до 1,2 м с подачей воздуха в лаву (очистную выработку) в пределах 600–800 м<sup>3</sup>/мин.

В рассматриваемых на рис.1 значениях расхода воздуха уровень метановыделения в лаве при максимально допустимой концентрации метана  $C$  согласно [2] не должен превышать 1 % независимо от наличия аппаратуры АКМ:

$$I_{p \max} = 0,01 Q_p C = \bar{I}_p k_n \quad (3)$$

где  $k_n$  – коэффициент неравномерности метановыделения; определяется по табл. 6.3 или формуле (6.4) Руководства [1], т. е.

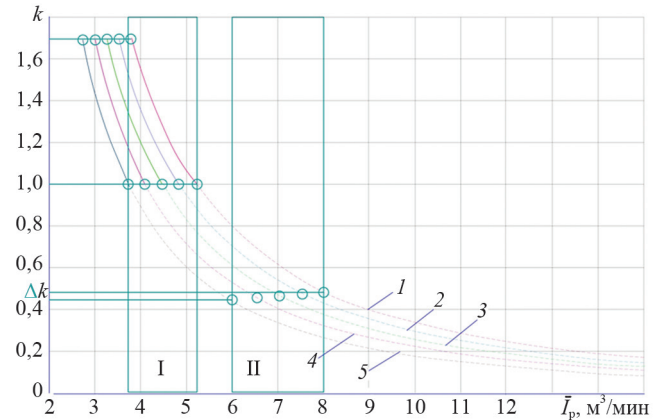
$$k_n = 194 \bar{I}_p^{-0,14} \quad (4)$$

Вместе с тем известно [1], что расход воздуха в очистной выработке (лаве) рассчитывают по формуле

$$Q_{оч} = 100 \bar{I}_{оч} k_n / (C - C_0) \quad (5)$$

где  $C_0$  – концентрация метана в струе воздуха, поступающей в лаву, %;

$\bar{I}_{оч}$  – средний дебит метана в очистной выработке (лаве), м<sup>3</sup>/мин.



**Рис.1.** Зависимость коэффициента относительной нагрузки на лаву  $k$  от среднего дебита метана  $\bar{I}_p$  при разных расходах воздуха в лаве  $Q_p$ : 1 – 800; 2 – 750; 3 – 700; 4 – 650; 5 – 600 м<sup>3</sup>/мин; I – область расчетных значений по формулам Руководства [1]; II – область расчетных значений по формулам авторов статьи [3].

Подставив в формулу (5) вместо  $k_n$  его значение, после несложных преобразований получим

$$Q_{оч} = 194 \bar{I}_{оч}^{0,86} / (C - C_0) \quad (6)$$

Отсюда при  $C_0 = 0$  и  $C = 1$  найдем среднее значение  $\bar{I}_{оч}$  для любого значения  $Q_{оч}$ :

$$\bar{I}_{оч} = (Q_{оч} / 194)^{1,16} \quad (7)$$

На основании изложенного можно сделать вывод, что  $\bar{I}_{оч}$  и  $Q_p$  по формуле (1) определяют  $k$ , показывающий, какую часть фактической добычи угля составляет расчетная нагрузка при изменении  $Q_p$  и  $\bar{I}_{оч}$ . В таблице приведены значения коэффициента  $k$  в зависимости от мощности пласта, поперечного сечения всвету призабойного пространства, значения величины  $k_{0.3}$ , скорости движения воздуха в лаве  $v$  для 1КД-90, 2КД-90.

Из таблицы следует, что максимальный расход воздуха в очистной выработке  $Q_{оч \max}$  связан с  $k_{0.3}$ , который в свою очередь зависит от крепости пород непосредственной кровли, а также от способа управления ею. Выше было отмечено, что  $k_{0.3}$  изменяется от 1,3 до 1,05, а при замере расхода воздуха непосредственно в очистной выработке (лаве)  $k_{0.3} = 1$ .

В связи с изменением расхода воздуха в очистной выработке меняется и дебит метана  $\bar{I}_p$ , который можно разбавить в соответствующем количестве воздуха до норм содержания метана согласно требованиям Правил [2].

Авторы статьи [3] приняли подачу воздуха в лаву  $Q_p$  в пределах 600–800 м<sup>3</sup>/мин и метановыделение очистной выработки 2–15 м<sup>3</sup>/мин, не связывая их с требованиями табл. 7.2 Руководства [1]. По их расчетам среднее метановыделение в лаве

$$\bar{I}_p = 0,01 Q_p C = 0,01 (600 \dots 800) 1 = 6 \dots 8 \text{ м}^3/\text{мин.}$$

Параметры	Значения параметров				
Расход воздуха в очистной выработке (лаве) $Q_p, \text{ м}^3/\text{мин}$	600	650	700	750	800
Мощность разрабатываемого пласта $m, \text{ м}$	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2
Поперечное сечение всвету призабойного пространства $S_{оч}, \text{ м}^2$ , с механизированной крепью 1КД-90/2КД-90	1,92/-	2,35/-	2,77/-	-/3,196	-/3,620
<i>В кровле песчаник при полном обрушении кровли, <math>k_{о,з}=1,3</math></i>					
Максимальный расход воздуха в очистной выработке $Q_{оч \max}, \text{ м}^3/\text{мин}$	462	500	538	577	615
Скорость движения воздуха по очистной выработке (лаве) $v, \text{ м/с}$	4,01	3,54	3,24	3,01	2,83
Средний дебит метана в очистной выработке $\bar{I}_{оч}, \text{ м}^3/\text{мин}$	2,74	3,0	3,26	3,54	3,81
Коэффициент изменения нагрузки на лаву $k$	1,64	1,647	1,64	1,64	1,647
<i>В кровле глинистый сланец при полном обрушении кровли, <math>k_{о,з}=1,2</math></i>					
Максимальный расход воздуха в очистной выработке $Q_{оч \max}, \text{ м}^3/\text{мин}$	500	542	583	625	667
Скорость движения воздуха по очистной выработке $v, \text{ м/с}$	4,34	3,84	3,51	3,16	3,10
Средний дебит метана в очистной выработке $\bar{I}_{оч}, \text{ м}^3/\text{мин}$	3,0	3,29	3,58	3,88	4,19
Коэффициент изменения нагрузки на лаву $k$	1,41	1,41	1,42	1,40	1,41

Но в соответствии с п.1 гл. 5 разд. VI [2] расчетное метановыделение (6–8 м<sup>3</sup>/мин) – не среднее значение, а максимальное, т. е.

$$I_{p \max} = \bar{I}_p k_n.$$

Здесь  $k_n$  определяют по формуле (4); по формуле (7)  $\bar{I}_{оч}$  рассчитывают при принятых расходах воздуха  $Q_{оч,р}$  в очистной выработке.

Коэффициент изменения нагрузки на лаву  $k$  в этом случае будет принимать значение от 1 и более (1–1,64). Авторы статьи [3] считают, что  $\bar{I}_p = 6...8 \text{ м}^3/\text{мин}$ .

Исходя из этих средних значений получили  $k = 0,42...0,45$  и пришли к ошибочному выводу, что, независимо от уровня достигнутой в лаве-аналоге добычи угля, основная расчетная формула Руководства [1] примерно в 2–2,5 раза занижает проектную безопасную добычу угля, а полученные в результате расчетов значения  $A_{\max}$  не соответствуют предельно допустимому [2] содержанию метана в очистном забое.

Ошибочность выводов подтверждается через определение концентрации метана в струе, исходящей из очистной выработки, значение которой согласно [2] не должно превышать максимально допустимое, равное 1%.

Определим фактическое содержание метана в исходящей струе воздуха по формуле (8), которая получена из формулы (6) при  $C_0 = 0 \%$ :

$$C = 194 \bar{I}^{0,86} / Q_{оч,р} \quad (8)$$

Подставляя в формулу (8) средние дебиты метана 6,0; 6,5; 7,0 ;7,5; 8,0 м<sup>3</sup>/мин [3] при разных расходах воздуха в очистной выработке (600, 650, 700, 750, 800 м<sup>3</sup>/мин), получим концентрацию метана в исходящей струе очистной выработки соответственно 1,51; 1,49; 1,48; 1,46; 1,45, что является нарушением

требований Правил [2] и подтверждает ошибочность выводов авторов статьи [3].

По формуле (7) рассчитаем среднее метановыделение при этих же расходах воздуха (600, 650, 700, 750, 800 м<sup>3</sup>/мин), которые соответственно равны  $\bar{I}_p = 3,7; 4,06; 4,43; 4,77; 5,17$ . В этом случае содержание метана в исходящей струе очистной выработки составляет 0,996; 0,99; 0,996; 0,991; 0,996, что не превышает 1 % согласно требованиям Правил [2].

**Выводы.** Использовать расчетные формулы для определения максимальной суточной нагрузки на очистной забой, приведенные в статье [3], невозможно, так как они противоречат требованиям Руководства [1] и п. 3 гл. 1, п. 1 гл. 5 разд. VI Правил [2].

Рекомендуется применять расчетные формулы, приведенные в Руководстве [1], для определения максимальной суточной нагрузки по газовому фактору при проектировании вентиляции выемочных участков и высоконагруженных лав в условиях Донецкого и Львовско-Волынского бассейнов.

Основными критериями, определяющими условия проектирования и эксплуатации очистных забоев и выемочных участков по газовому фактору, должны быть требования п. 3 гл. 1, п. 1 гл. 5 разд. VI [2].

### ЛИТЕРАТУРА

1. *Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт: Государственный нормативный акт об охране труда.* – К., 1994. – 311 с.
2. *Правила безопасности в угольных шахтах: НПАОП 10.0-1.01-10.* – К., 2010. – 210 с.
3. *Пилюгин В. И.* Совершенствование нормативной базы в области проектирования проветривания и дегазации очистных забоев / В. И. Пилюгин, Г. П. Стариков // *Уголь Украины.* – 2013. – № 8. – С. 40–43.