

УДК 622.411.33

Г.Г. Каркашадзе, Ю.М. Иванов, Г.П. Ермак

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ МЕТАНА В ВЫРАБОТАННОМ ПРОСТРАНСТВЕ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ СЪЕМКИ ПАРАМЕТРОВ ВЕНТИЛЯЦИОННОГО ПОТОКА ВДОЛЬ ЛАВЫ

В основе Методики лежат данные газовой съемки, проводимые в ремонтную смену. Методика базируется на законе сохранения массы вентиляционного потока вдоль лавы, включая притоки метана в исходящую струю из выработанного пространства, очистного забоя и вмещающих пород. Исходные значения определяют по результатам шахтных замеров скорости вентиляционного потока и концентрации метана по длине лавы с переменным поперечным сечением. Результирующие показатели это концентрация метана в воздухе, поступающего в исходящую струю из выработанного пространства, а также массовые притоки метана из угольного забоя и вмещающих пород. Практическая ценность полученных результатов обработки заключается в оперативном принятии решений по интенсификации дегазации выработанного пространства.

Ключевые слова: уголь, пласт, метан, концентрация, выработанное пространство, лава.

Объем метана, поступающего из выработанного пространства в вентиляционный поток, влияет на величину допустимых нагрузок на очистной забой по газовому фактору. Для соблюдения высоких норм безопасности необходимо иметь регулярную информацию о концентрации метана в воздушной среде выработанного пространства, что позволяет техническим службам шахты оперативно принимать решения по способам дегазации и другим важным мероприятиям.

В ходе исследовательских работ в условиях ОАО «СУЭК-Кузбасс» получены оригинальные результаты, имеющие важное практическое значение. В основе разработанной Методики лежат данные газовой съемки, проводимые в ремонтную смену. Погрешность измерений в рабочую смену связана с фактором неравномерного поступления метана из лавы на пути движения комбайна.

Методика базируется на законе сохранения массы вентиляционного потока вдоль лавы. Массовые притоки метана в исходящую из лавы струю складываются из газов, поступающих из выработанного пространства, очистного забоя и вмещающих пород в лаве

$$Q_{\text{исх}} = Q_{\text{ВП}} + Q_{\text{Л}} + Q_{\text{ВХ}}, \quad (1)$$

где $Q_{\text{исх}}$ – приток метана в исходящую струю, кг/с; $Q_{\text{ВП}}$ – приток метана из выработанного пространства, кг/с; $Q_{\text{Л}}$ – приток метана из очистного забоя и вмещающих пород, кг/с; $Q_{\text{ВХ}}$ – приток метана из вентиляционного штрека на вход в лаву, кг/с.

В соответствии с разработанной Методикой, значения указанных притоков определяют по результатам шахтных замеров скорости $V(x)$ вентиляционного потока и концентрации $c(x)$ метана по длине лавы с переменным поперечным сечением $S(x)$. Не-

обходимая для последующих расчетов информация является легко доступной и находится в ведении технического отдела шахты.

При прогнозе притоков метана из выработанного пространства следует иметь в виду вероятность проявления следующих ситуаций, представленных на рис. 1:

Первая ситуация, когда выработанное пространство возвращает метан в исходящую струю больше, чем его выходит из лавы в первой его половине. Этот случай (рис. 1, кривая 1) продемонстрирован ниже представленным расчетом.

Вторая ситуация характеризуется тем, что из выработанного пространства количество метана поступает меньше чем выходит из лавы. Это возможно, когда концентрация метана в выработанном пространстве очень мала (в пределе чистый воздух).

Третья ситуация, когда вентиляционный поток многократно входит и выходит из выработанного пространства (рис. 1, кривая 3). В этом случае в зависимости скорости потока вентиляционного потока по длине лавы наблюдается несколько экстремумов.

Четвертая ситуация, когда массовый поток метана по всей длине лавы монотонно уменьшается в связи с непрерывным оттоком вентиляционного потока через крепь в выработанное пространство (рис. 1, кривая 4). Такая ситуация возможна при интенсивной откачке метана из выработанного пространства через скважины с поверхности. В этом случае оценить концентрацию метана в выработанном пространстве не представляется возможным.

Пятая ситуация, когда массовый поток метана в исходящей струе боль-

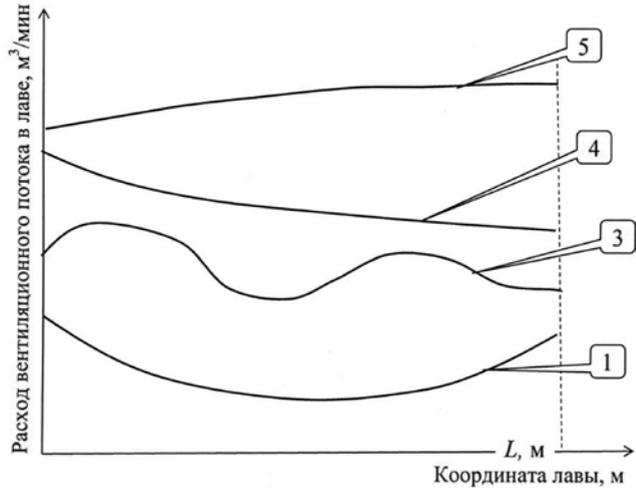


Рис. 1. Варианты распределения расхода воздуха по длине лавы

ше чем во входящей (рис. 1, кривая 5). Это возможно при отсутствии дегазационных скважин в выработанном пространстве или при наличии дополнительных средств отсоса вентиляционного потока в откаточном штреке. В этом случае происходит переход газа из выработанного пространства в исходящую струю.

На рис. 2 в виде блок-схемы показана следующая последовательность вычисления искомых параметров:

1. По результатам шахтных измерений; например, в ремонтную смену, устанавливают корреляционные зависимости $V(x)$, $C(x)$, $S(x)$.

2. Визуально устанавливают тип зависимости по рис. 1. Принимают во внимание, что:

- определение концентрации метана в выработанном пространстве и притока метана в исходящую струю, возможно, только для зависимостей 1 и 3;

- зависимость 4 свидетельствует, что притоков метана в исходящую струю нет;

- зависимость 5 свидетельствует о притоках метана из выработанного пространства в исходящую струю, однако концентрацию метана в выра-



Рис. 2. Блок-схема расчета концентрации метана в выработанном пространстве очистного забоя

ботанном пространстве определить невозможно.

3. Для кривых 1 и 3 определяют среднюю концентрацию метана в вентиляционном потоке на выделенном участке падения скорости от максимума до минимума.

4. Вычисляют суммарный приток метана в лаву из очистного забоя и вмещающих пород.

5. Вычисляют приток метана из выделенной части выработанного пространства.

6. Вычисляют приток метано-воздушной смеси из выделенной части выработанного пространства.

7. Вычисляют концентрацию метана в выработанном пространстве.

8. Вычисляют приток метана в исходящую вентиляционную струю из всего выработанного пространства.

В качестве примера рассмотрим результаты, полученные в ремонтную смену на основе замеров в шахте им. С.М. Кирова, представленные в таблице.

По данным таблицы, используя метод наименьших квадратов, определяем корреляционные зависимости объемного расхода вентиляционного потока и концентрации метана в зависимости от расстояния от входа по-

Результаты шахтных замеров в лаве 25-93, 27.07.11 г.

Расстояние от входа в лаву, x , м	Средняя скорость вентиляционного потока, $V(x)$, м/с	Средняя концентрация метана в потоке, $c(x)$, %	Сечение лавы, $S(x)$, м ²
20	4,21	0,1	7,84
40	4,10	0,15	7,8
60	3,9	0,18	7,8
80	3,8	0,2	7,7
100	3,75	0,27	7,7
120	3,7	0,29	7,8
140	3,75	0,3	7,8
160	3,76	0,34	7,7
180	3,92	0,45	7,6
200	3,94	0,6	7,7
220	4,07	0,7	7,7
240	4,04	0,8	7,6
260	4,14	0,9	7,6

тока в лаву. Графические аппроксимирующие зависимости представлены на рис. 3 и 4.

Получены величина объемного вентиляционного воздушного потока, в виде аппроксимации фактических замеров на рис. 3, объемный расход вентиляционного потока на входе в лаву.

Таким образом, часть вентиляционного потока, которая теряется в выработанном пространстве за пределами лавы, составляет

$$\eta = \frac{G(0) - G(L)}{G(0)} \cdot 100\% = 5,0\% \quad (2)$$

В центральной части лавы на расстоянии /от входа объемный расход вентиляционного потока имеет минимум

$$G(l) = V(l) \cdot S(l) \quad (3)$$

На рис. 5 представлена расчетная схема, отражаю-

щая закон сохранения массы для газов, входящих и выходящих из лавы. В лаву в поступает вентиляционный поток с известными значениями объемного расхода $G(x)$ и объемной концентрации $C(x)$. Поскольку метан и воздух отличаются по плотности, при использовании закона сохранения массы следует учитывать их значения.

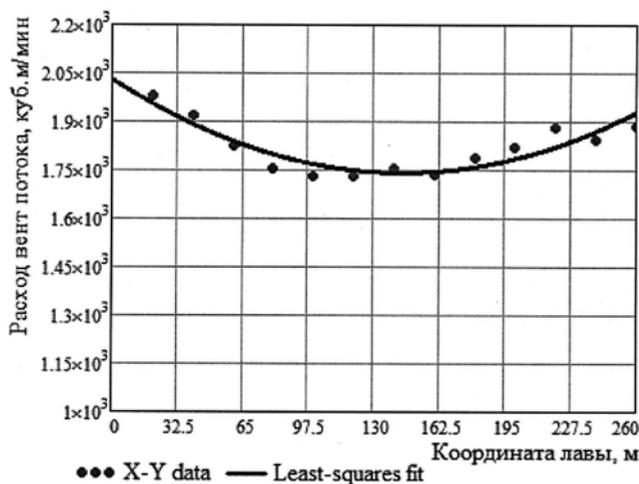


Рис. 3. Расход вентиляционного потока вдоль лавы

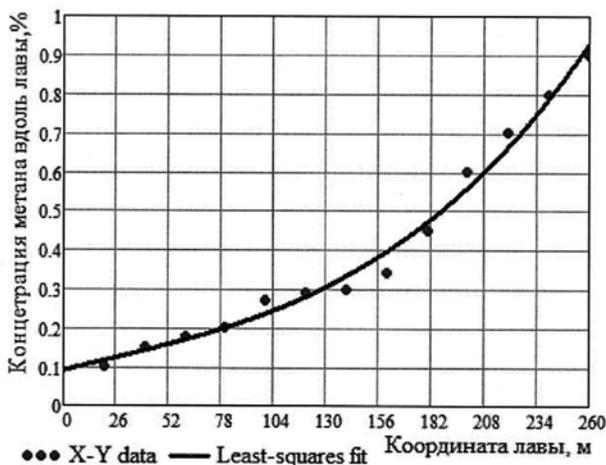


Рис. 4. Распределение концентрации метана вдоль лавы

Закон сохранения массы для метана входящего и выходящего из лавы имеет вид

$$Q_1 + (Q_2 + Q_5) - Q_3 + Q_6 - Q_7 = 0, \quad (4)$$

где Q_1 – массовый приток метана из вентиляционного потока на входе в лаву, кг/с;

$$Q_1 = \rho_m \cdot C(0) \cdot G(0), \quad (5)$$

где ρ_m – плотность метана; $Q_2 + Q_5$ – массовый приток метана в лаву из угольного пласта и вмещающих пород кровли и почвы, кг/с; Q_3 – количество метана, выходящего в выработанное пространство на первом участке лавы, кг/с; Q_6 – приток метана из выработанного пространства, кг/с; Q_7 – массовый выход метана в исходящей струе

из лавы, кг/с.

$$Q_7 = \rho_m \cdot C(L) \cdot G(L). \quad (6)$$

Средне-взвешенная по удельному потоку в вентиляционной струе кон-

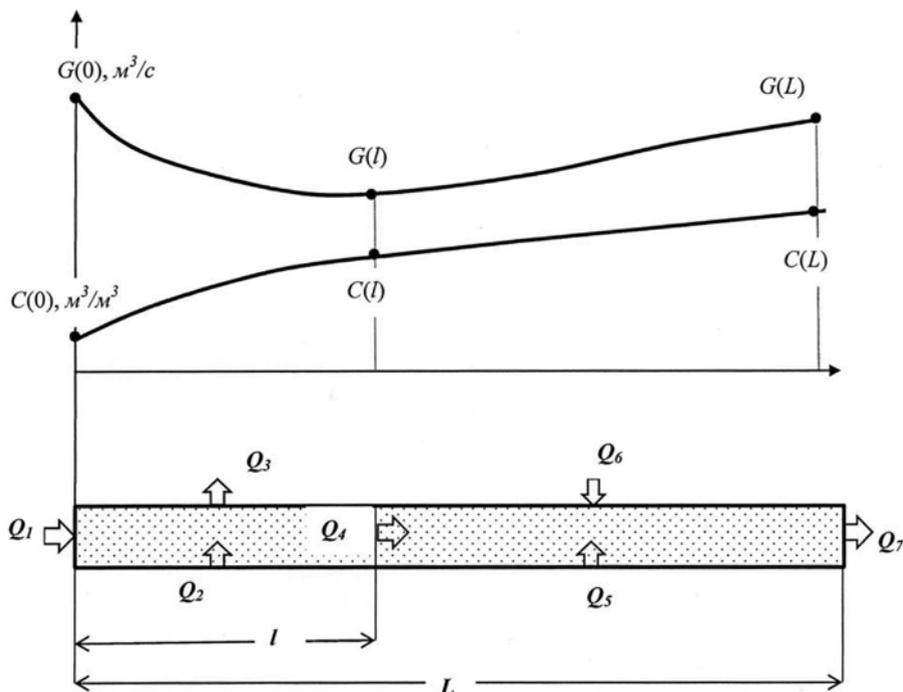


Рис. 5. Баланс закона сохранения массы метана

центрация метана, выходящего из начального участка лавы в выработанное пространство составляет

$$c_{cp}(l) = \frac{\int_0^l c(x)g(x)dx}{\int_0^l g(x)dx}, \quad (7)$$

где $g(x)$ – удельный вентиляционный поток, отнесенный к единице длины лавы, $\text{м}^3/(\text{м}\cdot\text{сек})$;

$$g(x) = \frac{dQ(x)}{dx}. \quad (8)$$

По данным корреляции на рис. 3, выполнив расчет по формуле (7), получим $c_{cp}(l) = 0,00157 (\approx 0,157\%)$.

Следовательно, количество метана, уходящего вместе с вентиляционным потоком в выработанное пространство на начальном участке, составляет

$$Q_3 = c_{cp}(l)[G(l) - G(0)]. \quad (9)$$

Уравнение закона сохранения массы для начального участка лавы длиной l имеет вид

$$Q_1 + Q_2 - Q_3 + Q_4 = 0, \quad (10)$$

где Q_4 – поток метана через границу между первым и вторым участками

$$Q_4 = \rho_m C(l) \cdot G(l). \quad (11)$$

Из уравнения (10) находим массовый приток метана из угля и вмещающих пород в лаву на первом участке

$$Q_2 = Q_3 - Q_1 - Q_4. \quad (12)$$

Следовательно, суммарный приток метана в лаву из угольного пласта и вмещающих пород кровли и почвы по всей длине лавы, из предположения о равномерном распределении притока метана по всей длине, составит

$$Q_{\text{лм}} = (Q_2 + Q_5) = Q_2 \frac{L}{l}. \quad (13)$$

Из равенства (4) находим важный показатель – приток метана в исхо-

дящую струю из выработанного пространства:

$$Q_6 = Q_7 - Q_1 - Q_{\text{лм}} + Q_3. \quad (14)$$

Далее вычислим массовый вентиляционный поток исходящей струи из лавы QQ_7

$$QQ_7 = \{\rho_B [1 - C(L)] + \rho_m C(L)\} G(L). \quad (15)$$

Массовый расход вентиляционного потока, входящий во вторую часть лавы

$$QQ_4 = \{\rho_B [1 - C(l)] + \rho_m C(l)\} G(l). \quad (16)$$

Массовый приток метана из угля и вмещающих пород во вторую часть лавы

$$QQ_5 = QQ_2 \frac{L - l}{l}. \quad (17)$$

Следовательно, массовый приток метано-воздушной смеси из выработанного пространства составляет

$$QQ_6 = QQ_7 - QQ_1 - Q_{\text{лм}} + QQ_3. \quad (18)$$

Наконец, вычислим концентрацию метана в выработанном пространстве

$$c_{\text{вп}} = \frac{Q_6}{QQ_6} \cdot \frac{\rho_B [1 - C(L)] + \rho_m C(L)}{\rho_B} \cdot 100\%. \quad (19)$$

Результат расчета: $c_{\text{вп}} = 4,58 \%$.

Вычислим также результирующий приток метана в исходящую струю из выработанного пространства

$$QQ_{\Sigma} = \rho_m \{G(L)C(L) - G(0)C(0)\} Q_{\text{лм}}. \quad (20)$$

Результат расчета: $QQ_{\Sigma} = 0,087 \text{ кг/с}$ ($5,234 \text{ кг/мин}$).

Таким образом, по результатам газовой съемки показана возможность определения концентрации метана в воздушном потоке, поступающем из выработанного пространства в исходящую из лавы струю. В частном

случае расчета получилось, что в выработанном пространстве концентрация метана является опасной, что требует увеличения объема откачки метановоздушной смеси из выработанного пространства через скважины с земной поверхности.

Другим важным применением результатов расчета является учет фак-

тора притоком метана при расчете предельно допустимой нагрузки на очистной забой, например, по методике МГГУ [1].

Представленная Методика оценки концентрации метана в выработанном пространстве по результатам газовой съемки апробирована на шахтах ОАО «СУЭК-Кузбасс».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Слостунув С.В., Каркашадзе Г.Г. Коликов К.С. Обоснование допустимой нагрузки на очистной забой по газовому фактору.

Труды научного симпозиума «Неделя горняка-2009». – М.: ИД ООО «Роликс», 2009. – С. 151–159. **ПЛАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Каркашадзе Георгий Григорович – доктор технических наук, профессор, e-mail: g-karkashadze@mail.ru, МГИ НИТУ «МИСиС»,

Иванов Юрий Михайлович – технический директор ОАО «СУЭК-Кузбасс»,

Ермак Геннадий Павлович – начальник Управления по надзору в угольной промышленности (Ростехнадзор).

UDC 622.411.33

DEFINITION OF CONCENTRATION OF METHANE IN THE DEVELOPED SPACE BY RESULTS OF SHOOTING OF PARAMETERS OF A VENTILATING STREAM ALONG A LAVA

Karkashadze G.G., Doctor of Technical Sciences, Professor, e-mail: g-karkashadze@mail.ru,

Moscow Mining Institute, National University of Science and Technology «MISiS»,

Ivanov Yu.M., Technical Director Company «SUEK-KUZBASS» (The Siberian Coal Power Company),

Ermak G.P., Head of Department on Supervision in the Coal Industry (RosTechNadzor).

At the heart of the Method the data of measurements of an air stream, spent to repair change lies. The Method is based on the law of preservation of weight of a ventilating stream along a coalface, including inflows of methane to a proceeding stream from the developed space, a coalface and containing rocks. Reference values define by results of mine measurements of speed of a ventilating stream and concentration of methane on length of a coalface with variable cross-section section. Resultant indicators it is concentration of methane in air, arriving in a proceeding stream from the developed space, and also mass inflows of methane from a coalface and containing rocks. Practical value of the received results of processing consists in operative decision-making on an intensification of decontamination of the developed space. Keywords: coal seam, methane, the concentration, the developed space, coalface.

REFERENCES

1. Slastunov S.V., Karkashadze G.G. Kolikov K.S. *Obosnovanie dopustimoi nagruzki na ochistnoi zaboii po gazovomu faktoruu. Trudy nauchnogo simpoziuma «Nedelya gornyyaka-2009»* (Justification of allowable face output by gas criterion. Miner's Week-2014 Symposium Proceedings), Moscow, ID ООО «Роликс», 2009, pp. 151–159.