

Определение утечек воздуха через изолированные пожарные участки в метанообильных шахтах

Изложен метод, который дает возможность определять утечки воздуха через изолированные пожарные участки в метанообильных шахтах. Исходные значения утечек достаточно точно измеряют приборами, применяемыми в шахтах.

Ключевые слова: шахта, пожар, изоляция участка, утечки воздуха, метан.

Контактная информация: ftn4@mail.ru

Один из способов тушения сложных подземных пожаров в шахтах – их изоляция специальными перемычками в целях прекращения поступления свежего воздуха к очагу пожара. Чем меньше свежего воздуха поступает в изолированное пространство, тем скорее прекращается горение [1, 2]. Однако полностью ликвидировать утечки воздуха невозможно из-за воздействия вентилятора главного проветривания и разветвленной сети трещин в перемычках и в боковых породах.

Утечки воздуха через изолированный пожарный участок – показатель, который определяет результат борьбы с подземным пожаром методом его изоляции. Незнание приводит к тому, что горение в изолированном пространстве может продолжаться несколько месяцев, а иногда и лет [3, 4].

Определить утечки воздуха через изолированные пожарные участки сложно из-за того, что они рассредоточены по периметру изолированного участка и их часто невозможно измерить существующими приборами.

Метод определения утечек воздуха основан на принципе изменения депрессии перемычек, изолирующих аварийный участок, после искусственного его увеличения на некоторое время указанных утечек воздуха.

Рассмотрим аварийный участок, изолированный перемычками A , B и C (рис. 1). Перемычка C имеет вентиляционное окно, которое в нормальных условиях закрыто. Из-за работы вентилятора главного проветривания создаются перепады давления воздуха на перемычках, при этом

$$p_1 > p_2 > p_3, \quad (1)$$

где p_1 , p_2 и p_3 – давление воздуха, Па, перед перемычкой A (считая по ходу движения воздуха), в изолированном пространстве и за перемычкой B .

Предположим, что перемычка C герметична, а свежий воздух поступает в изолированное пространство через щели в перемычке A и неплотности в боковых породах, а выходит через перемычку B . Поскольку просачивание воздуха через щели в перемычке и окружающих породах подчиняется квадратичному закону (см. рис. 1), запишем уравнения движения воздуха [2]:

$$h_1 = p_1 - p_2 = R_1 Q_{yt}^2; \quad (2) \quad h_2 = p_2 - p_3 = R_2 (Q_{yt} + I)^2, \quad (3)$$

где h_1 и h_2 – депрессии перемычек A и B , Па; R_1 – условное аэродинамическое сопротивление перемычки A , определяемое ее качеством и сопротивлением всех путей движения воздуха в изолированное пространство, Па·с²/м⁶; R_2 – аналогичное аэродинамическое сопротивление перемычки B , Па·с²/м⁶; Q_{yt} – утечки воздуха через изолированное пространство



В. И. ЛЕБЕДЕВ,
канд. техн. наук
(НИИГД «Респиратор»)



Ю. Н. ПЕРЕХРЕСТ,
инж.
(ООО ДТЭК)

в нормальных условиях, м³/с;
 I – метановыделение в изолированном пространстве, м³/с.

Откроем вентиляционное окно в перемычке C , в результате чего поступление свежего воздуха в изолированный участок увеличится и давление воздуха там повысится на Δp и будет равно $p_2 + \Delta p$. Происходит перераспределение депрессий: депрессия перемычек A и C уменьшается, а депрессия перемычки B увеличивается.

Исследования, проведенные в шахтных условиях, и моделирование шахтных вентиляционных сетей на компьютере показали, что после открывания вентиляционного окна давления p_1 и p_3 не изменяются. Это объясняется тем, что доля утечек воздуха через изолированный пожарный участок ничтожно мала в общем воздухораспределении шахты.

Вследствие увеличения давления воздуха в изолированном пространстве изменяются депрессии перемычек A и B . После завершения переходного процесса, вызванного заполнением изолированного про-

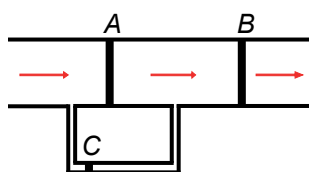


Рис. 1. Схема аварийного участка: A, B, C – изолирующие перемычки; → направление движения воздуха.

странства дополнительным количеством воздуха и увеличением там давления, характер движения воздуха через перемычки можно описать уравнениями

$$h'_1 = p_1 - p_2 - \Delta p = R_1 Q_1^2; \quad (4)$$

$$h'_2 = p_2 + \Delta p - p_3 = R_2 (q + Q_1 + I)^2, \quad (5)$$

где h'_1 и h'_2 – депрессии перемычек соответственно A и B при открытом вентиляционном окне, Па; Q_1 – количество свежего воздуха, поступающего в изолированное пространство через неплотности в перемычке A и окружающих породах при открытом вентиляционном окне, м³/с; q – расход воздуха в открытом вентиляционном окне, м³/с.

Из уравнений (2) и (4) следует, что

$$Q_{yt} = Q_1 \sqrt{h_1/h'_1}. \quad (6)$$

Из уравнений (3) и (5) после преобразований получим

$$Q_{yt} = (q + Q_1 + I) \sqrt{h_2/h'_2} - I. \quad (7)$$

Расход воздуха Q_1 найдем, приравняв правые части равенств (6) и (7):

$$Q_1 = \frac{(q + I) \sqrt{h_2/h'_2} - I}{\left[\sqrt{h_1/h'_1} - \sqrt{h_2/h'_2} \right]}. \quad (8)$$

Подставив полученное значение Q_1 в формулу (6), получим

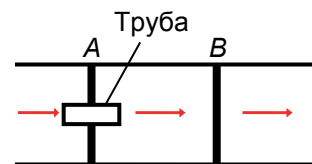
$$Q_{yt} = \left[(q + I) \sqrt{h_1 h_2 / (h'_1 h'_2)} - I \sqrt{h_1/h'_1} \right] / \left[\sqrt{h_1/h'_1} - \sqrt{h_2/h'_2} \right]. \quad (9)$$

Таким образом, для определения утечек воздуха через изолированные пожарные участки необходимо замерить количество воздуха q , проходящего через открытое вентиляционное окно, депрессию перемычек до и после открывания окна. Количество воздуха измеряется анемометром, а депрессия – микроманометром. Экспериментально установлено, что скорость движения воздуха в открытом окне составляет несколько метров в секунду, т. е. для ее измерения используют анемометры высокой точности, а для депрессии – микроманометры также высокой точности.

Сопротивление и депрессия перемычки A определяются качеством не только самой перемычки, но и боковых пород. Поэтому формула (9) автоматически учитывает все прососы воздуха – через тело перемычки и трещины в боковых породах.

На угольных шахтах метанообильность, а также утечки воздуха принято выражать в метрах кубических в минуту. Формула (9) позволяет использовать данную размерность. Кроме того, на практике замерную трубу следует прокладывать непосредственно через перемычку A (рис. 2). Труба представляет собой параллельную ветвь относи-

Рис. 2. Схема аварийного участка с измерительной трубой. A и B – изолирующие перемычки.



тельно тела перемычки A и выполняет те же функции, что и обходная выработка с перемычкой C (см. рис. 1).

Особенности применения предлагаемой методики рассмотрим на конкретном примере. В целях тушения пожара был изолирован выемочный участок, который характеризовался параметрами: $I = 5$ м³/мин, $h_1 = 90$ Па, $h_2 = 88$ Па. Для определения утечек воздуха была открыта труба диаметром 0,2 м, проложенная через перемычку A (см. рис. 2). После открывания трубы депрессия перемычки A начала постепенно уменьшаться, а перемычки B – увеличиваться. Через 20 мин депрессия перемычек стабилизировалась. Замеры, выполненные в новом стационарном режиме проветривания, дали следующие результаты: $h'_1 = 58$ Па, $h'_2 = 116$ Па, $q = 18$ м³/мин (при скорости воздуха в трубе 9,5 м/с). Используя формулу (9), получим: $Q_{yt} = 50$ м³/мин, или 0,83 м³/с, т. е. искомые утечки воздуха через изолированный участок (при закрытой трубе) составляют 50 м³/мин, значительно превышая расход воздуха, измеренный в открытой трубе (18 м³/мин). Причем большая часть утечек воздуха происходит через трещины в перемычке и боковых породах, их было трудно обнаружить и невозможно измерить приборами.

Кроме того, экспериментально установлено, что после открывания трубы сумма депрессий перемычек A и B изменяется незначительно, тогда при практических расчетах можно принимать

$$h'_2 = h_1 + h_2 - h'_1. \quad (10)$$

Это позволяет уменьшить количество измерений (в режиме открытой трубы депрессию перемычки B можно не измерять).

Выводы. Изложенный метод дает возможность достоверно определять утечки воздуха через изолированные пожарные участки, так как входящие в формулу (9) величины можно измерять с достаточной степенью точности приборами, применяемыми на метанообильных шахтах (автоматически учитываются все утечки воздуха).

ЛИТЕРАТУРА

1. Смоланов С. Н. Ликвидация сложных подземных аварий методом вентиляционного воздействия / С. Н. Смоланов. – Днепрпетровск: Наука и образование, 2002. – 272 с.
2. Пашковский П. С. Проветривание шахт при подземных пожарах / П. С. Пашковский, В. И. Лебедев. – Донецк: Арпи, 2012. – 448 с.
3. Смоланов С. Н. Новая технология тушения сложных подземных пожаров / С. Н. Смоланов, П. С. Пашковский // Уголь Украины. – 2002. – № 1. – С. 33 – 35.
4. Пашковский П. С. Тушение изолированных подземных пожаров / П. С. Пашковский // Уголь Украины. – 2001. – № 6. – С. 34 – 36.