

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО ДИАМЕТРА ТРУБЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УТЕЧЕК ВОЗДУХА ЧЕРЕЗ ИЗОЛИРОВАННЫЙ ПОЖАРНЫЙ УЧАСТОК

П.С.Пашковский, В.И.Зазимко
НИИГД „Респиратор”, Минтопэнерго Украины

Досліджено вплив діаметра відкритої труби, що з'єднує ізолювану пожежну ділянку з діючими виробками шахти, на точність визначення витоків повітря та на вибухобезпечність. Встановлено, що оптимальним є діаметр 100 мм.

Сложные развившиеся пожары тушат методом изоляции, причем, чем качественнее выполнена изоляция, тем скорее наступает затухание пожара. О качестве изоляции судят по величине утечек воздуха через изолированный пожарный участок.

Утечки воздуха через изолированные участки рекомендуют определять методом регулируемого сопротивления [1,2]. Сущность его заключается в том, что сопротивление перемычки **A**, расположенной со стороны свежей струи, уменьшают путем открывания в ней трубы 1 (рисунок 1). По расходу воздуха в трубе и относительному изменению депрессий перемычек **A** и **B** вычисляют величину утечек воздуха через изолированный участок.

Аэродинамическое сопротивление трубы существенно влияет на условия проведения замеров и на их точность. Однако задача об оптимальном диаметре замерной трубы остается нерешенной. Цель данной статьи – ликвидировать указанный пробел.

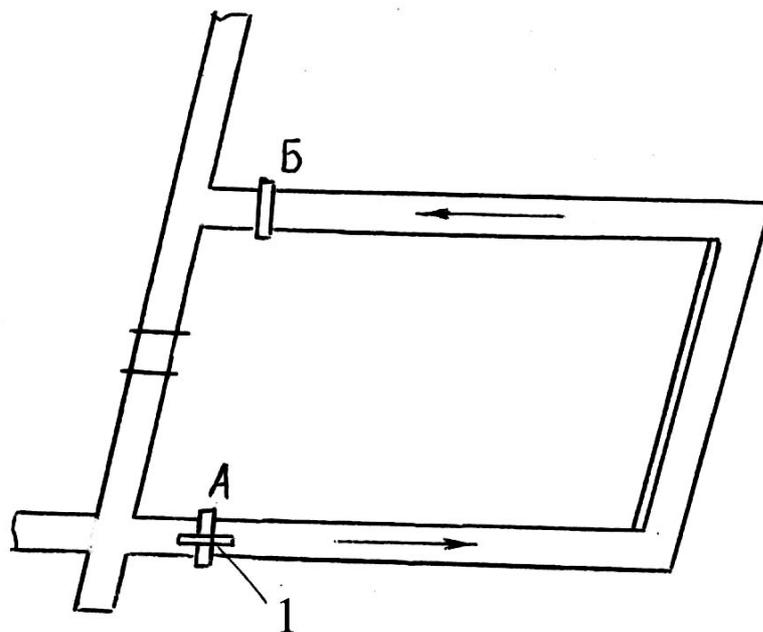


Рисунок 1. Схема изолированного участка

На газовых шахтах внутри изолированного участка могут происходить взрывы метана. Поэтому от действующих выработок аварийный участок изолируют гипсовыми взрывоустойчивыми перемычками, толщина которых составляет 1,8...2,5 м. При взрыве ударная волна может выйти через открытую трубу и травмировать людей, производящих замеры. Расчеты, выполненные по существующей методике [3] для применяемых на практике труб, показали следующее:

- открытая труба диаметром 50 мм полностью защищает людей, находящихся за пределами изолированного участка, от воздействия ударной воздушной волны. При максимальной величине избыточного давления на входе в трубу (2,75 МПа) в примыкающей к перемычке выработке оно будет в два раза меньше допустимого значения;

- для того, чтобы труба диаметром 100 мм защищала людей от ударной волны, ее длина должна быть не менее 2,7 м. Это условие легко может быть реализовано на практике;

- если диаметр трубы будет 150 мм, то ее длина должна быть не менее 9,5 м, т.е. она должна в 4...5 раз превышать толщину гипсовой перемычки. В таких случаях целесообразно располагать на конце трубы специальный расширитель, способствующий уменьшению избыточного давления [4]. При его применении длина трубы может быть сокращена в 2...3 раза;

- трубы диаметром 200 мм и более не следует применять по условию безопасности.

Таким образом, при измерении утечек воздуха через изолированные участки, по условиям безопасности целесообразно применять трубы диаметром 50...100 мм.

Практика показала, что давление воздуха в шахте непрерывно меняется [5]. Микро- и макропульсация давления затрудняют измерение депрессии из-за нестабильности показаний прибора. Для того, чтобы в указанных условиях достоверно определить величину относительного изменения депрессии переключки А (см. рисунок 1) необходимо, чтобы ее депрессия после открывания трубы снизилось примерно в 1,5 раза. Рассмотрим влияние аэродинамического сопротивления трубы на величину изменения депрессии.

В нормальных условиях изоляции аварийного участка (при закрытой трубе) депрессия воздухопринимающей переключки равна

$$h_A = R_A \cdot Q_{ym}^2, \quad (1)$$

где R_A - эквивалентное сопротивление воздухопринимающей переключки, учитывающее поступление воздуха в изолированный участок как через саму переключку, так и через трещины в боковых породах, $\text{кПа} \cdot \text{с}^2 / \text{м}^6$;

Q_{ym} - утечки воздуха через изолированный участок, $\text{м}^3 / \text{мин}$.

После открывания трубы ее депрессия равна

$$h'_A = \frac{R_A \cdot \Psi^2 \cdot Q_{ym}^2}{\left(1 + \sqrt{\frac{R_A}{R_{mp}}}\right)^2}, \quad (2)$$

где Ψ - коэффициент, учитывающий увеличение утечек воздуха через изолированный участок вследствие открывания трубы;

R_{mp} - аэродинамическое сопротивление открытой трубы, $\text{кПа} \cdot \text{с}^2 / \text{м}^6$.

Относительное изменение депрессии переключки А составит

$$a = \frac{h_A}{h'_A} = \frac{\left(1 + \sqrt{\frac{R_A}{R_{mp}}}\right)^2}{\Psi^2}. \quad (3)$$

Коэффициент Ψ зависит от изменения общего сопротивления изолированного участка. При закрытой трубе

$$R_{уч} = R_A + R_B, \quad (4)$$

где $R_{уч}$ - аэродинамическое сопротивление изолированного участка, $\text{кПа} \cdot \text{с}^2 / \text{м}^6$;

R_B - эквивалентное аэродинамическое сопротивление воздухоподающей переключки Б, $\text{кПа} \cdot \text{с}^2 / \text{м}^6$.

После открывания трубы сопротивление участка снижается до величины

$$R'_{уч} = \frac{R_A}{\left(1 + \sqrt{\frac{R_A}{R_{mp}}}\right)^2} + R_B. \quad (5)$$

С учетом зависимостей (3), (4) и (5) получено следующее значение относительного изменения депрессии перемычки **A**

$$a = \frac{R_A + R_B \left(1 + \sqrt{\frac{R_A}{R_{mp}}}\right)^2}{R_A + R_B}. \quad (6)$$

По формуле (6) можно определить величину относительного изменения депрессии перемычки **A** после открывания трубы. Однако в реальных условиях труба закладывается в тело перемычки в процессе изоляции пожара. В этот период параметры R_A и R_B неизвестны, их можно определить лишь после завершения изоляционных работ. Поэтому возникает необходимость в определении оптимального диаметра трубы исходя из имеющихся статистических данных.

Анализ материалов депрессионных съемок, проведенных работниками ГВГСС в аварийных условиях, показал, что в подавляющем большинстве случаев аэродинамическое сопротивление изолированного участка находится в пределах $0,5 \dots 3,5$ кПа·с²/м⁶.

Ниже приведены результаты расчетов, выполненных по формуле (6), для типового случая, при котором $R_A = R_B = 1$ кПа·с²/м⁶.

| R_A/R_{mp} | 0,05 | 0,1 | 0,2 | 0,5 | 0,8 | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 2,5 |
|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| a | 1,25 | 1,37 | 1,55 | 1,96 | 2,29 | 2,50 | 2,97 | 3,41 | 3,83 |

Из приведенных данных видно, что по мере снижения сопротивления трубы коэффициент a увеличивается. Так, при $R_A/R_{mp}=0,05$ он равен 1,25, а при $R_A/R_{mp}=1,0$ - 2,50. Как отмечалось ранее, для того чтобы надежно определить относительное изменение депрессии перемычки, необходимо, чтобы $a \approx 1,5$. Следовательно, оптимальным будет такое сопротивление трубы, при котором

$$R_{mp} = 5R_A. \quad (7)$$

Учитывая, что депрессия изолированного участка распределяется примерно поровну между перемычками **A** и **B**, можно считать, что параметр R_A изменяется от 0,25 до 1,75 кПа·с²/м⁶. Тогда сопротивление трубы должно составлять $1,25 \dots 8,75$ кПа·с²/м⁶.

Как уже отмечалось, толщина взрывоустойчивых перемычек достигает 2,5 м. Она определяет длину трубы, прокладываемой через нее. Ниже приведены результаты расчета 3-х метровых отрезков труб, которые могут применяться в процессе определения утечек воздуха

| | | | | |
|---|-----|------|------|-------|
| Диаметр трубы, мм | 50 | 100 | 150 | 200 |
| Сопротивление, кПа·с ² /м ⁶ | 312 | 9,75 | 2,32 | 0,306 |

На основании изложенного выше, приходим к выводу, что для получения надежных данных об изменении депрессии перемычки целесообразно применять трубы диаметром 100...150 мм. Трубы диаметром 50 и 200 мм не отвечают предъявленным требованиям. Расчеты показывают, что в первом случае относительное изменение депрессии составляет $a=1,05$, что явно недостаточно, во втором, при диаметре трубы 200 мм, депрессия перемычки снижается в 4,5 раза и может стать соизмеримой с амплитудой естественных пульсаций, что также нежелательно.

Таким образом, при изоляции подземных пожаров для определения утечек воздуха следует применять трубы диаметром 100 мм. Применение труб диаметром 150 мм допускается при реализации специальных мер, направленных на защиту людей от ударных воздушных волн.

Литература

1. Болбат И.Е., Лебедев В.И. Определение утечек воздуха через изолированный участок // Горноспасательное дело: Сб. науч. трудов / ВНИИГД.- Донецк, 1971.- Вып. 4.- С. 95-99.
2. Болбат И.Е., Лебедев В.И., Трофимов В.А. Аварийные вентиляционные режимы в угольных шахтах.- М.: Недра, 1992.- 206 с.
3. Устав ГВГСС по организации и ведению горноспасательных работ.- Киев, 1997.- 453 с.
4. Гурин А.А., Малый П.С., Савенко П.С. Ударные волны в горных выработках.- М.: Недра, 1983.- 224 с.
5. Бодягин М.Н. Рудничная вентиляция.- М.: Недра, 1967.- 310 с.

Поступила в редакцию 11 января 2004 года