

УДК 622.868.4:622.454.24



В. Г. АГЕЕВ,
канд. техн. наук
(НИИГД «Респиратор»)

Рассмотрен вопрос создания безопасных условий при изоляции подземных пожаров в угольных шахтах. Даны рекомендации по снижению температуры воздуха в местах работы горноспасателей.

Один из способов тушения подземных пожаров – их изоляция. При этом стремятся, чтобы объем изолированного пространства был минимален. Устанавливать изолирующую перемычку со стороны исходящей струи приходится в задымленной среде и при повышенной температуре. Причем на шахтах глубокого залегания температурный фактор может существенно влиять на выбор места установки перемычки.

В целях определения тепловых условий, в которых придется работать горноспасателям, выполнены расчеты по следующей методике. Температуру пожарных газов t_x на расстоянии x от очага пожара вычисляли по формуле [1]

$$t_x = t_n + (t_0 - t_n) e^{-\frac{\alpha U}{CQ}}, \quad (1)$$

где t_n – температура боковых пород, °С;

t_0 – температура вентиляционной струи при ее прохождении через очаг пожара, °С;

α – коэффициент теплоотдачи (в данном случае коэффициент охлаждения), Дж/(ч·м²·град);

Управление вентиляцией при изоляции подземных пожаров

U – периметр выработки, м;
 C – удельная теплоемкость воздуха при постоянном давлении, Дж/(кг·град);
 Q – массовый расход воздуха в горящей выработке, кг/с.

Температуру боковых пород определяли из уравнения

$$t_n = t_g + [(Z - a)/r], \quad (2)$$

где t_g – постоянная температура пород в данном месте, °С;

Z – глубина залегания горной выработки, м;

a – глубина зоны постоянной годовой температуры, м;

r – среднее значение геометрической ступени для данного района, м/°С.

Для условий Донбасса $a = 30$ м, $t_g = 9,5$ °С, $r = 33$ м/°С.

Температура вентиляционной струи в зоне горения t_0 и коэффициент охлаждения α зависят от скорости протекания воздушных потоков. Путем обработки данных, полученных во время экспериментов в опытной штольне НИИГД «Респиратор» [2], установлены эмпирические зависимости для расчета указанных параметров:

$$t_0 = v / (2,3 + 6,5v) 10^{-4}; \quad (3)$$

$$\alpha = 5,16 + 4,16v, \quad (4)$$

где v – средняя скорость движения воздуха в горящей выработке, м/с.

По приведенной методике установлены значения температуры вентиляционной струи за оча-

гом пожара в зависимости от ее скорости и глубины расположения выработки (таблица), площадь сечения выработки $S = 12$ м², а массовый поток воздуха перед очагом и за ним не изменяется. Последнее допущение принято на основании экспериментов, показавших, что оксид и диоксид углерода, а также пары воды, образующиеся при горении, существенно не влияют на изменение плотности потока.

Анализ таблицы показывает, что температура газоздушного потока может оставаться высокой на расстоянии 1000 м и более от очага пожара, причем положение ухудшается по мере увеличения глубины шахты. Уменьшить зону прогрева горной выработки можно, снизив скорость движения воздуха. Так, при глубине залегания выработки 800 м газоздушная смесь остывает до температуры 35 °С при скорости струи 4 м/с на расстоянии 1250 м от очага пожара, а при скорости струи 1 м/с – на расстоянии 750 м. Однако на газовых шахтах возможности снижения скорости движения воздуха ограничены газовым фактором.

Если исходящая струя движется от очага пожара по одиночной выработке, в которой планируется возвести изолирующую перемычку, то минимально допустимая скорость движения воздуха в указанной выработке может быть рассчитана по формуле

$$v_{\text{доп}} = 100Q_{\text{ф}}C_{\text{ф}}K_{\text{н}} / (SC_{\text{доп}}), \quad (5)$$

где $Q_{\text{ф}}$ – фактический расход воздуха на аварийном участке, м³/с;

$C_{\text{ф}}$ – фактическая доля метана на аварийном участке, %;

$K_{\text{н}}$ – коэффициент неравномерности метановыделения;

S – площадь сечения аварийной выработки, м²;

$C_{\text{доп}}$ – допустимая согласно Правилам безопасности доля метана в исходящей из выработки струе, %.

Кроме того, необходимо учитывать, что скорость движения воздуха в выработках аварийного участка, опасных по слоевым скоплениям метана, не должна быть меньше 1 м/с.

Коренным образом улучшить обстановку в районе сооружения изолирующей перемычки целесообразно путем реверсирования вентиляционной струи на аварийном участке. Однако в ряде случаев приходится преодолевать тепловую депрессию пожара. Примером может служить авария, произошедшая 18 ноября 2007 г. на шахте им. А. Ф. Засядько. Пожар, возникший в результате взрыва метановоздушной смеси на выемочном участке 13-й восточной лавы пласта l_1 , не удалось потушить активным способом. Огонь распространился по 13-му восточному вентиляционному штреку и выработанному пространству, горел метан в системе метаноудаления. Поэтому было решено пожар изолировать дву-

Скорость вентиляционной струи, м/с	Температура струи t_x , °С, при заданном расстоянии, м					
	0	250	500	750	1000	1250
$Z = 800$ м; $t_{\text{п}} = 33$ °С						
1	1136	159	48	35	33	33
2	1307	298	88	45	35	33
3	1376	379	123	56	39	34
4	1413	422	142	64	42	35
5	1437	480	156	70	44	36
$Z = 1000$ м; $t_{\text{п}} = 39$ °С						
1	1136	165	54	41	39	39
2	1307	304	94	51	41	39
3	1376	385	129	62	45	40
4	1413	428	148	70	48	41
5	1437	486	162	76	50	42
$Z = 1200$ м; $t_{\text{п}} = 45$ °С						
1	1136	170	59	46	45	45
2	1307	309	99	56	46	45
3	1376	390	134	67	50	45
4	1413	433	153	75	53	46
5	1437	491	167	81	55	47

мя перемычками. Перемычку № 1 установили в 13-м восточном конвейерном штреке, перемычку № 2 – в восточном вентиляционном ходке № 1 (рис. 1). Первой возводили перемычку № 1. За время ее сооружения температура воздуха в районе возведения перемычки № 2 повысилась от 42 до 73 °С. Для создания приемлемых температурных условий надо было реверсировать струю на аварийном участке.

Восточный вентиляционный уклон имеет угол наклона 10°, поэтому неизбежно формируется тепловая депрессия. Последняя способствует усилению проветривания аварийного участка в нормальном режиме вентиляции. Если возникнет необходимость в реверсировании вентиляции на аварийном участке, тепловая депрессия будет препятствовать выполнению этого аварийного вентиляционного режима.

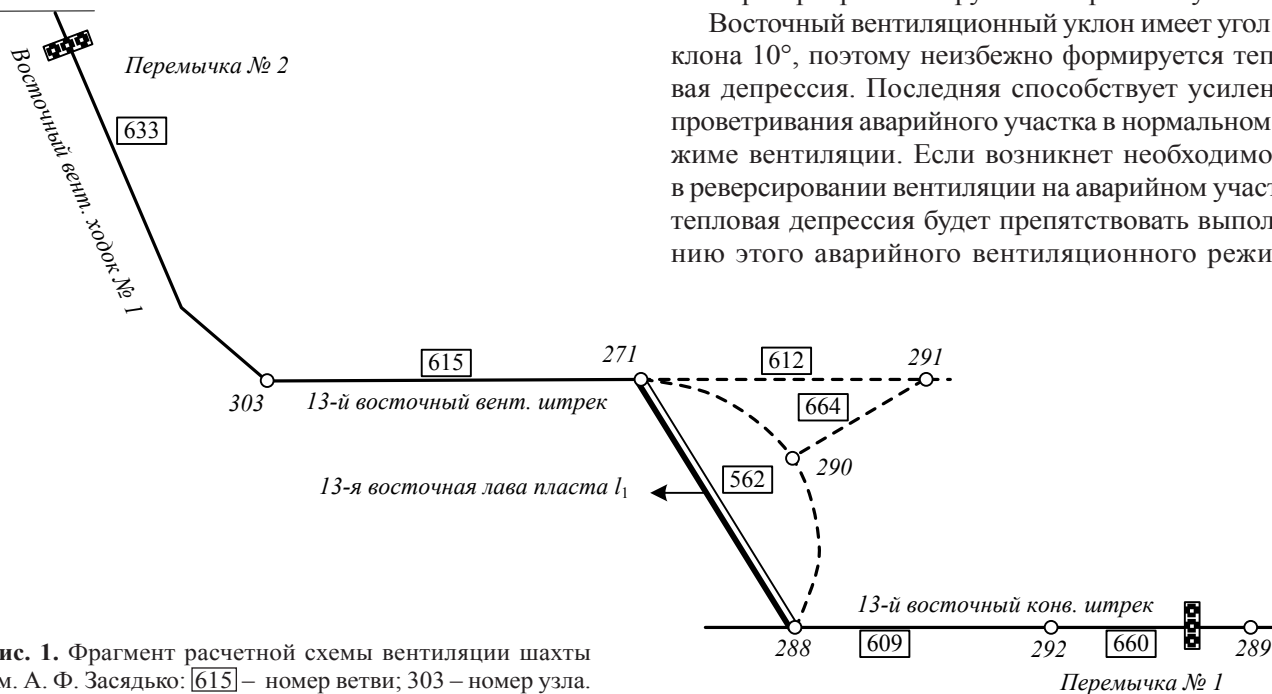


Рис. 1. Фрагмент расчетной схемы вентиляции шахты им. А. Ф. Засядько: 615 – номер ветви; 303 – номер узла.

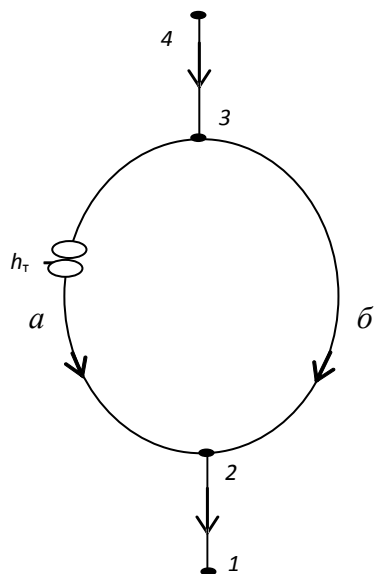


Рис. 2. Схема вентиляционных соединений аварийного участка.

В данных условиях реверсирование вентиляционной струи не было осуществлено. В случае неудачи мог произойти новый взрыв метана.

Рассмотрим подробнее вопрос реверсирования вентиляционной

струи на аварийном участке в условиях формирования тепловой депрессии пожара. Условие применения реверсивного режима для создания приемлемых климатических условий в районе сооружения изолирующих перемычек в общем виде выражается неравенством

$$h_{\text{рев}} > h_{\text{T}} K_p, \quad (6)$$

где $h_{\text{рев}}$ — депрессия, которую необходимо создать на аварийном участке в реверсивном режиме, Па;
 h_{T} — тепловая депрессия, сформировавшаяся в результате пожара, Па;
 K_p — коэффициент, учитывающий необходимость преодоления тепловой депрессии и создания требуемой скорости воздуха на аварийном участке в реверсивном режиме проветривания по газовому фактору.

В частном случае на негазовых шахтах коэффициент $K_p = 1$, тогда условие опрокидывания вентиляционной струи выразится неравенством

$$h_{\text{рев}} > h_{\text{T}}. \quad (7)$$

Особенности создания на аварийном участке требуемой скорости (расхода) воздуха в реверсивном режиме проветривания рассмотрим с помощью рис. 2. Аварийный участок, где необходимо опроки-

нуть струю, изображен ветвью 2–а–3. Свежий воздух к нему подают по выработке 1–2, отработанный выводят по выработке 3–4. Ветвь 2–б–3 моделирует выработки, расположенные параллельно аварийному участку.

Предположим, что в результате пожара на аварийном участке, условно показанном ветвью 2–а–3, сформировалась тепловая депрессия, действующая снизу вверх (от узла 2 по направлению к узлу 3). На рис. 2 тепловая депрессия изображена условным вентилятором h_{T} . После реверсирования вентиляторов главного проветривания воздух будет двигаться в направлении, показанном стрелками.

На основании второго закона вентиляционных сетей для контура 2–а–3–б–2 можно записать уравнение

$$R_a Q_a^2 + h_{\text{T}} - R_b Q_b^2 = 0, \quad (8)$$

где R_a и R_b — аэродинамические сопротивления ветвей 2–а–3 и 2–б–3, Па·с²/м⁶;
 Q_a и Q_b — расход воздуха в ветвях 2–а–3 и 2–б–3, м³/с.

Из уравнения (8) получаем

$$Q_a = \sqrt{(R_b Q_b^2 - h_{\text{T}}) / R_a}. \quad (9)$$

Из формулы (9) следует, что для преодоления тепловой депрессии пожара и создания требуемого расхода воздуха на аварийном участке необходимо увеличить сопротивление параллельных по отношению к аварийному участку ветвей, что достигается установкой перемычек или закрыванием противопожарных дверей и подачей воздуха в шахту за счет вентиляторов главного проветривания.

Вывод. Путем управления вентиляционными потоками в угольных шахтах можно создать приемлемые по тепловому фактору условия для работы горноспасателей при изоляции подземных пожаров.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Соболев Г. Г.* Тушение подземных пожаров на угольных шахтах / Г. Г. Соболев, В. П. Чарков, А. М. Кушнарв, И. А. Пономарев. — М.: Недра, 1977. — 248 с.
2. *Осипов С. Н.* Вентиляция шахт при подземных пожарах / С. Н. Осипов, В. М. Жадан. — М.: Недра, 1973. — 148 с.