

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ТУШЕНИЯ МЕТАНА ИНЕРТНЫМИ РАЗБАВИТЕЛЯМИ И ХЛАДОНАМИ

А.М. Гареева,

О.Ю. Исаева, доцент, к.т.н.

Уфимский государственный авиационный технический университет, г. Уфа

Пожары и взрывы в шахтах традиционно считаются одним из наиболее разрушительных видов аварий на производстве. И часто причиной взрыва, а впоследствии и пожара, является выброс метан. Аварии в шахтах приводят к огромному материальному ущербу и представляют большую опасность для горнорабочих.

Среди методов тушения пожаров выделяют: активные, пассивные, комбинированные.

Активные методы – непосредственного воздействия на очаг пожара огнегасящими средствами – применяют при открытом огне, когда очаг пожара доступен.

Пассивные методы – изоляция очага пожара от притока к нему кислорода – применяют в случаях недостаточности активных методов. Методы реализуют сооружением перемычек, изолирующих зону пожара или пожарный участок от поступления воздуха, ликвидацией провалов и трещин в бутовых полосах и т.п. При этом в атмосфере изолированного участка падает концентрация кислорода, создаётся инертная газовая среда за счёт продуктов горения. Прибегают и к инертизации атмосферы изолированного участка, нагнетая в него инертные газы специальными устройствами [1].

Комбинированные методы состоят в сочетании изоляции очага пожара с тушением его активными методами (заиливанием, подачей пены и инертных газов в ограниченный перемычками объём выработок или выработанного пространства).

При пожарах в шахтах используют средства пожаротушения, подразделяемые на жидкие (вода, заиловочная пульпа, бромэтиловая смесь), пенные (химическая, воздушно-механическая и газомеханическая пены), газообразные (углекислый газ, азот, парогазовая смесь и т.д.) и сыпучие (песок, инертная пыль, огнегасительные порошки) [1].

Согласно п. 8.3.1 СП 5.13130.2009 разрешены к применению следующие газообразные средства пожаротушения:

- двуокись углерода (CO_2), хладон 23 (CF_3H), хладон 125 ($\text{C}_2\text{F}_5\text{H}$), хладон 218 (C_3F_8), хладон 227еа ($\text{C}_3\text{F}_7\text{H}$), хладон 318ц ($\text{C}_4\text{F}_8\text{ц}$), элегаз (SF_6) – сжиженные газы;
- сжатый газ - азот (N_2);
- водяной пар (H_2O).

Для сравнения эффективности вышеперечисленных газовых огнетушащих веществ вычислим минимальную флегматизирующую концентрацию флегматизатора, концентрацию горючего в смеси, соответствующей по составу точке флегматизации, минимальную взрывоопасную концентрацию кислорода и

минимальную огнетушащую концентрацию газового огнетушащего вещества.

Минимальная флегматизирующая концентрация флегматизатора рассчитывается по формуле [2]:

$$C_{\text{МФК}} = \frac{100 \cdot F}{F + \gamma \cdot \left(1 + \frac{C_{\text{O}_2}}{100 \cdot \beta_{\text{CO}}}\right)},$$

где γ - эмпирический безразмерный параметр (значения представлены в таблице 1);

F - безразмерная функция;

C_{O_2} - концентрация кислорода в воздухе, % (об.);

β_{CO} - стехиометрический коэффициент кислорода в реакции сгорания до CO и H_2O .

Величина β_{CO} рассчитывается по формуле [2]:

$$\beta_{\text{CO}} = 0,5 \cdot n_{\text{C}} + 0,25 \cdot n_{\text{H}} - 0,5 \cdot n_{\text{O}}$$

где n_{C} , n_{H} , n_{O} - число атомов углерода, водорода, кислорода в молекуле горючего.

Безразмерная функция F вычисляется по формуле [2]:

$$F = \frac{C_{\text{O}_2}}{100 \cdot \beta_{\text{CO}}} \cdot (h_{\text{C}} \cdot n_{\text{C}} + h_{\text{H}} \cdot n_{\text{H}} + h_{\text{O}} \cdot n_{\text{O}} + h_{\text{N}} \cdot n_{\text{N}} + h_{\text{f}} \cdot \Delta H_{\text{f}}^0) - 1$$

где h_{C} , h_{H} , h_{O} , h_{N} , h_{f} - коэффициенты; их значения составляют:

$h_{\text{C}} = 2,373$, $h_{\text{H}} = 2,757$, $h_{\text{O}} = -0,522$, $h_{\text{N}} = -0,494$, $h_{\text{f}} = 2,58 \cdot 10^{-2}$ кДж/моль;

ΔH_{f}^0 - стандартная теплота образования горючего вещества (для метана равна $-74,85$ кДж/моль).

Концентрация горючего в смеси, соответствующей по составу точке флегматизации, вычисляется по формуле [2]:

$$C_{\text{ГФ}} = \frac{100 - C_{\text{МФК}}}{1 + \beta_{\text{CO}} \frac{100}{C_{\text{O}_2}}}$$

Минимальная взрывоопасная концентрация кислорода определяется по следующей формуле [2]:

$$\text{МВСК} = (100 - C_{\text{МФК}} - C_{\text{ГФ}}) \cdot \frac{C_{\text{O}_2}}{100}.$$

Минимальная огнетушащая концентрация вычисляется по формуле [2]:

$$C_{\text{МОК}} = \alpha \cdot C_{\text{МФК}}$$

где $\alpha = 0,47$ - безразмерный коэффициент.

Но наравне с эффективностью при ликвидации пожара встает также выбор огнетушащего вещества по его воздействию на людей, для этого рассматривается остаточная концентрация кислорода в защищаемом объеме после выпуска соответствующего газового огнетушащего вещества.

При воздействии на организм всех рассмотренных хладонов и элегаза наблюдается свободное дыхание, водяной пар вызывает затрудненность дыхания, а азот и двуокись углерода приводят к асфиксии.

Результаты расчетов представлены в таблице и на рисунке.

Результаты расчетов

Вещество	γ , [2]	$C_{\text{МФК}}$, % (об.)	$C_{\text{ГФ}}$, % (об.)	$MBCK$, % (об.)	$C_{\text{МОК}}$, % (об.)	Остаточная концентрация кислорода, % об. [3]
диоксид углерода (CO_2)	1,6	25	9,2	14	12	< 13
хладон 23 (CF_3H)	1,6	25	9,2	14	12	18
хладон 125 (C_2F_5H)	2,5	18	10	15	8	18
хладон 218 (C_3F_8)	6,1	8	11	17	4	19
хладон 227еа (C_3F_7H)	3,0	15	10,4	16	7	19
хладон 318ц (C_4F_8H)	2,7	16	10,3	15,5	8	19
элегаз (SF_6)	3,9	11	10,9	16	5	18
азот (N_2)	1	35	8	12	16	< 13
водяной пар (H_2O)	1,2	31	8,5	13	15	14

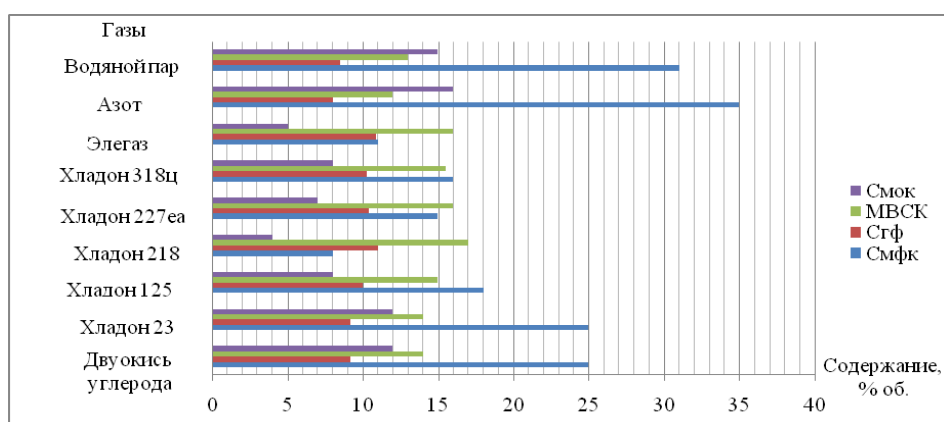


Рис. Сравнение газовых огнетушащих веществ для тушения метана

Таким образом, показано, что наиболее эффективными и безопасными огнетушащими веществами для тушения метана в шахте или горной выработке можно считать хладон 218 и элегаз. Однако, в качестве недостатка можно отметить их высокую стоимость, что и ограничивает их применение на практике.

Список использованной литературы

1. Венгеров И.Р. Теплофизика шахт и рудников. Математические модели. Т.1. Анализ парадигмы. – Донецк: Норд-Пресс, 2008. – 632 с.
2. Шебеко Ю.Н., Навценя В.Ю. и т.д. Расчет основных показателей пожаровзрывоопасности веществ и материалов: Руководство. – М.:ВНИИПО, 2002. – 77 с.
3. Дауэнгауэр С. Сравнение систем пожаротушения // Алгоритм безопасности. – 2009. - № 3.- С.20-23.