

УДК 622. 522

Токарев О.С.,
(начальник департамента угольной промышленности г. Кемерово)
Шевченко Л.А.

(докт.техн.наук, профессор, зав.каф.аэробиологии, охраны труда и природы
ФГБОУ ВО КузГТУ

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАЗГАЗИРОВАНИЯ АВАРИЙНЫХ УЧАСТКОВ

Система мониторинга атмосферы локальных объектов (СМАЛО) предназначена для непрерывного мониторинга температуры, состава рудничного воздуха и контроля давления в местах, нуждающихся в комплексном исследовании состава атмосферы в предаварийные и аварийные периоды в случаях, когда невозможна или нецелесообразна установка стационарных систем аэрогазового контроля.

СМАЛО включает следующие стандартные функции:

- непрерывное изменение концентрации контролируемых газов в соответствии с типами подключаемых датчиков температуры окружающего воздуха и атмосферного давления;
- фиксация результатов измерения концентрации контролируемых компонентов в режиме реального времени;
- хранение зафиксированных значений концентрации контролируемых компонентов по дате и времени фиксации;
- преобразование измеренных значений в цифровой код;
- обеспечение возможности передачи зафиксированной информации по каналам цифровой связи стационарных информационных систем;
- обеспечение возможности передачи накопленной информации на автономный блок снятия и хранения информации через ИК-порт.

Предлагается расширить функции СМАЛО для оценки подвижности температурных и газовых полей в рудничной атмосфере аварийных участков, а также для определения времени и места безопасного доступа подразделений ВГСЧ на аварийный участок для спасения людей и ликвидации последствий аварии [1].

Исследование процесса разгазирования, определение времени и места безопасного доступа подразделений ВГСЧ проведено в аварийной подготовительной выработке, после выброса угля и газа, в результате которого произошло частичное забучивание выработки, разрушение датчика метана и частичное разрушение трубопровода. Возгорания не произошло.

Датчики системы мониторинга атмосферы локальных объектов (СМАЛО), через T_{\min} после аварии, показали концентрацию метана и скорость движения воздуха в устье выработки: $C = C_B$, $U = U_B$

Выделение метана из угля объема P_0 т, согласно «Руководству по проектированию и организации проветривания подготовительных выработок действующих шахт угольных шахт», определяется по формуле:

$$I_{oy}(t) = P_0(x_b - x_0)a\sqrt[4]{t} \text{ м}^3, \quad (1)$$

где x_b , x_0 – метаноносность угля в зоне выемки и остаточная, $\text{м}^3/\text{т}$;
 a – числовой коэффициент, зависящий от выхода летучих веществ (0,24 - 0,45);

t - время, после выброса угля, мин.

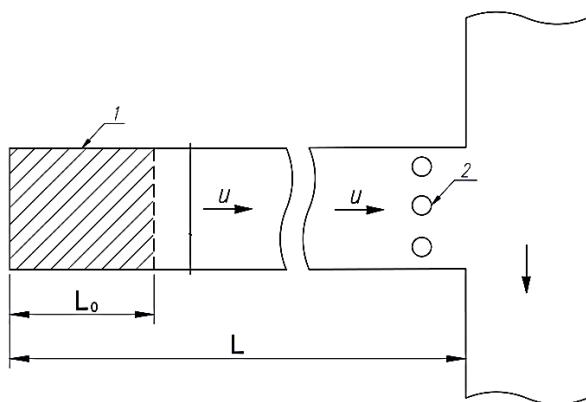
Дифференцируя функцию (1) находим интенсивность выделения метана из тонны угля

$$G(t) = \frac{G_0}{\sqrt[4]{(1+t)^3}}, \text{ м}^3/\text{т}^*\text{мин}, \quad (2)$$

где G_0 – начальная интенсивность метановыделения из тонны угля, равная 0,25 ($x_b - x_0$), $\text{м}^3/\text{т}$.

Коэффициент 1 в знаменателе формулы (2) принят для исключения бесконечности в этой формуле.

Составим дифференциальное уравнение разгазирования выработки после внезапного выброса. Для этого воспользуемся схемой разгазирования (рисунок 1).



1 – место выброса; L_0 – зона отброса газов; L – длина выработки;
 2 – место расположения датчиков СМАЛО

Рисунок 1 - Схема разгазирования подготовительной выработки
 после внезапного выброса угля и газа

Обозначим далее объем зоны загазирования через $V \text{ м}^3$, а расход воздуха в выработке – $Q \text{ м}^3/\text{мин}$. Пусть концентрация метана в зоне загазирования в момент времени t равна $c(t)$. За малый интервал времени dt в призабойное пространство выделится $G(t)dt \text{ м}^3$ метана. За это же время вентиляционной струей будет вынесено примерно $Qc(t)dt \text{ м}^3$ метана и концентрация станет равной $c(t+dt)$. Составим уравнение баланса метана [2]:

$$V[c(t + dt) - c(t)] = -Qc(t)dt + P_0 G(t)dt.$$

Разделив обе части этого соотношения на dt , приходим к обыкновенному дифференциальному уравнению

$$\frac{V \frac{dc}{dt}}{1 + t^{3/4}} = -Qc + P_0 G_0 / V. \quad (3)$$

Это линейное дифференциальное уравнение первого порядка. Его решение при начальном условии $c(0) = c_0$ имеет вид [3]

$$c(t) = c_0 e^{-\int_0^t \frac{Q}{V} d\tau} \cdot \frac{P_0 G_0 V^{1/4}}{1 + t^{3/4}}. \quad (4)$$

Здесь K_3 – коэффициент эффективности использования воздуха при разгазировании. Из-за вероятности повреждения труб при выбросе, коэффициент принимается равным 0,5.

Упростим это решение. Значение c_0 равно $P_0 G_0 / V$ – в долях единицы. Коэффициент Q/V в показателе степени равен u/L_0 (рисунок 1).

Обозначив $0,5Qt/v = 0,5ut/L_0 = v$, получаем решение (4) в виде:

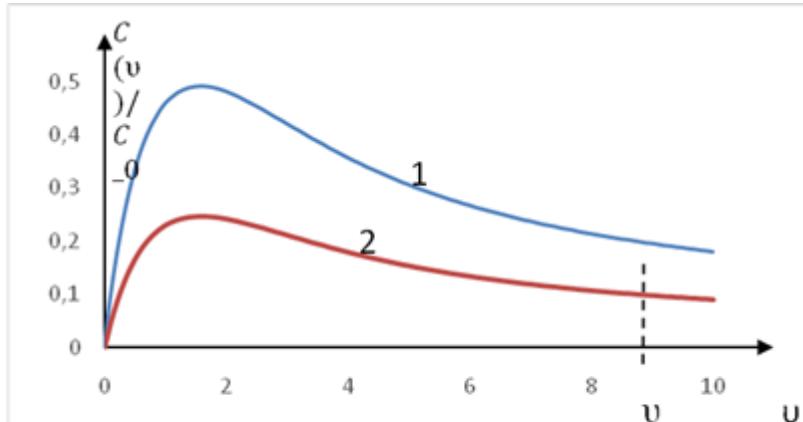
$$\frac{c(v)}{c_0} = e^{-v} \int_0^v \frac{c_0 e^\tau}{(1+\tau)^{3/4}} d\tau. \quad (5)$$

На рисунке 2 приведена динамика концентрации метана в призабойном пространстве во времени (зависимость $c(v)/c_0$ от безразмерного параметра v).

Значение концентрации метана в устье выработки через время t_1 равно c_B . Получаем

$$t_l = \Delta t - L_0/u_b, \quad v_l = 0,5ut_l/L_0, \quad (6)$$

где Δt – интервал времени от момента внезапного выброса до установки датчиков СМАЛО.



$$1 - c_0 = 1; 2 - c_0 = 0,5$$

Рисунок 2 - Динамика относительной концентрации метана в призабойном пространстве во времени

Значения $c(v)/c_0$ может быть определено по кривым (рисунок 2) на их исходящих ветвях.

Для определения времени доступа подразделений ВГСЧ к месту аварии используется общий алгоритм, приведенный на рисунке 3.

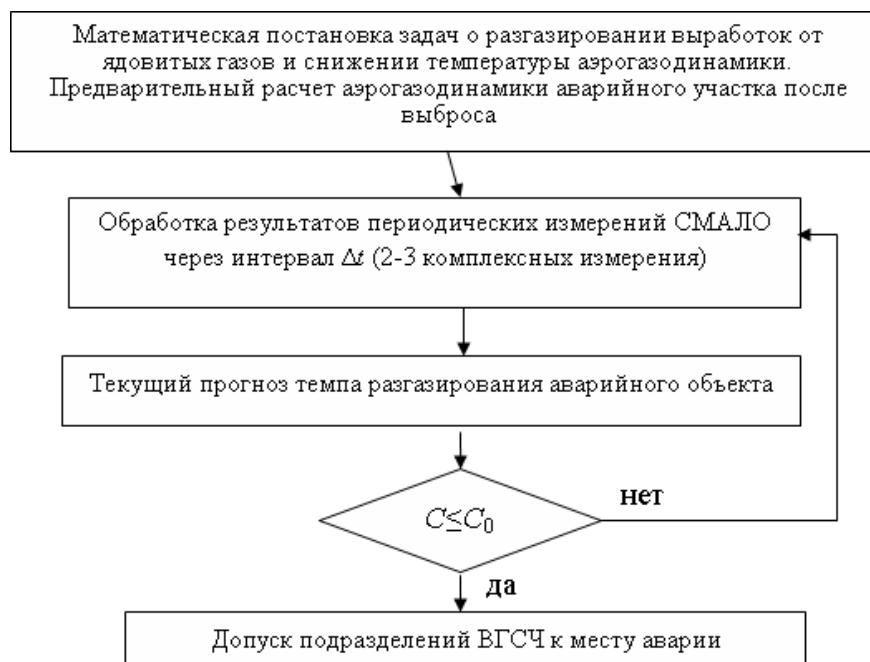


Рисунок 3 - Общий алгоритм определения времени доступа подразделений ВГСЧ к месту аварии

В первом – третьем блоках алгоритма проводится расчет газовой обстановки в выработках по формулам, предложенным в работе, в предпоследнем блоке производится анализ результатов на предмет дальнейших расчетов. В предпоследний блок может быть введен повышающий коэффициент K_n с заменой c_d на $K_n c_d$. Это даст возможность ускорить процесс определения $T_{дост}$ - времени доступа путем его прогноза.

В последнем блоке алгоритма определяется время доступа подразделений ВГСЧ к месту аварии. Если бы параметры формирования начальной зоны загазирования были известны, задача сводилась бы к определению соответствующей точки v_1 и достаточно одного комплекса показаний датчиков СМАЛО.

В реальности необходимы 2 - 4 измерения концентрации метана через интервал Δt_1 , поскольку начальные параметры процесса выброса неизвестны (рисунок 4). Интервал определяется из условия визуализируемых различий $c(t)$. Кривая должна иметь вид $c(t) = c_{max}e^{-\alpha t}$.

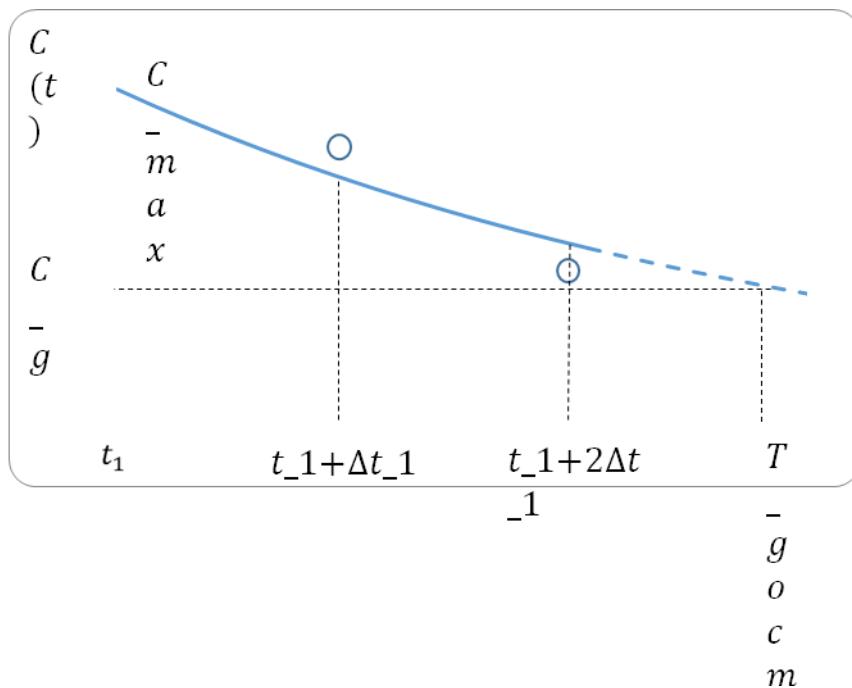


Рисунок 4 - Обработка результатов измерений $c(t)$ через интервал Δt_1 .

Параметр α рассчитывается по формуле [4]

$$\alpha = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{\ln \frac{c_{max}}{c_i}}{t_i}, \quad (7)$$

где n – число измерений.

Пересечение построенной кривой с линией $c = c_d$ – допустимой концентрацией метана дает значение $T_{дост}$ – времени доступа подразделений ВГСЧ к месту аварии через разгазирующую выработку.

Библиографический список

- 1 Голик, А.С. Система мониторинга атмосферы локальных объектов (СМАЛО) для газового контроля горноспасателями в аварийных условиях шахт/ А.С. Голик, О.С. Токарев. //, Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности – Кемерово - 2013, № 1.2, с. 69 – 72.
- 2 Казаков, С.П. Проветривание подготовительных выработок угольных шахт Кузбасса: монография / С.П. Казаков, А.М. Ермолаев, С.А. Прокопенко; Юргинский технологический институт. - Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2013. - 211с.
- 3 Кудрявцев, В.А. Краткий курс высшей математики / В.А, Кудрявцев, Б.П. Демидович. – М.: «Наука», 1989. – 656 с.
- 4 Казаков, С.П. Теория вероятностей, случайные процессы и математическая статистика: учебное пособие. -Томск: Издательство ТПУ, 2010. -108с.