



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ
ПО ИЗОБРЕТЕНИЯМ И ОТКРЫТИЯМ
ПРИ ГИИТ СССР

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

- (21) 4150508/23-03
(22) 04.09.86
(46) 15.02.89. Бюл. № 6
(71) Всесоюзный научно-исследовательский институт горноспасательного дела
(72) К.И.Поздняков и А.М.Кушнарев
(53) 622.822(088.8)
(56) Руководство по определению параметров подземного пожара и выбору эффективных средств его тушения. Донецк, ВНИИГД, 1985, с. 96.
Клистанек З., Шивач Я. Алгоритмы раннего обнаружения подземных пожаров. - *Mechanizacja i automatyzacja gornictwa*, ПНР, 1982, т.20, № 11, с. 27-32.
(54) СПОСОБ РАСПОЗНАВАНИЯ РАННИХ СТАДИЙ ЭКЗОГЕННЫХ ПОЖАРОВ
(57) Изобретение относится к автоматизации пожарной сигнализации и м.б. использовано в угольной промышленности. Цель - повышение достоверности распознавания очага экзогенного пожара

для каждой выработки. Контролируют содержание микроконцентраций окиси углерода в рудничной атмосфере. Изменяют скорость воздуха, т-ру и задымленность выработок. Регистрируют текущее время изменения контролируемых параметров. Перед сравнительным анализом определяют поперечные размеры выработки и время развития экзогенного пожара. Затем вычисляют ожидаемое значение окиси углерода. Сравнивают статистически массивы ожидаемых рассчитанных и фактических значений содержания окиси углерода и определяют наличие очага экзогенного пожара в выработке при их совпадении. Время развития экзогенного пожара отсчитывают с момента нарастания содержания окиси углерода со скоростью не менее $0,1 \cdot 10^{-6}$ отн. об. ед./мин, а в горных выработках с ленточными конвейерами - не менее $0,2 \cdot 10^{-6}$ отн. об. ед./мин. 1 э.п. ф-лы, 6 табл.

1
Изобретение относится к автоматической пожарной сигнализации и может быть использовано в угольной промышленности для распознавания экзогенных пожаров в ранней стадии их развития.

Цель изобретения - повышение достоверности распознавания очага экзогенного пожара для каждой выработки.

Способ распознавания ранних стадий экзогенных пожаров включает следующие операции: измеряют скорость воздушной струи (v_c); поперечные размеры горной выработки и определяют площадь ее поперечного сечения (s),

2
затем в интервале времени развития экзогенного пожара, например, 1-6 мин с шагом одна минута вычисляют массив пороговых значений содержания $CO [K_{CO}(\tau)]$ для распознавания очага экзогенного пожара в выработках, оборудованных ленточными конвейерами, по формуле (1), а по формуле (2) - в остальных выработках:

$$K_{CO}(\tau) = \frac{51 \alpha \left[\frac{g_A}{60 \tau_{вЛ}} \cdot L_n(t) \right]^{0,756}}{v_c \cdot s}; \quad (1)$$

$$K'_{CO}(\tau) = 0,24 \left[\frac{g_B}{60\tau_B} - L_B(t) \right]^{0,91} \quad (2)$$

где $K_{CO}(\tau)$, $K'_{CO}(\tau)$ - пороговое содержание окиси углерода в атмосфере выработки при воспламенении резинотехнических изделий и при воспламенении деревянных элементов крепи соответственно 10^{-6} отн.об.ед.

51; 0,756; 0,24; 0,91 - эмпирические коэффициенты, имеющие размерности: $\frac{м^3 \cdot об. \%}{кг \cdot с}$; отн. ед., $\frac{м^3 \cdot об. \%}{кг \cdot с}$

отн. ед. соответственно;

α - эмпирический безразмерный коэффициент, зависящий от массовой скорости выгорания материала W , кг/с, и равный

$$\alpha = \begin{cases} 1,96 \cdot 10^{-2} & \text{для } W < 0,001 \text{ кг/с;} \\ 1,0 \cdot 10^{-2} & \text{для } W \geq 0,001 \text{ кг/с;} \end{cases}$$

g_B, g_A - горючая загрузка горной выработки деревом и резинотехническими изделиями, кг/м;

τ_{BA}, τ_B - время выгорания на единице поверхности выработки, мин, резина, дерево соответственно;

$L_B(t)$;

$L_A(t)$ - длина зоны горения в выработке на момент времени t , считая с момента возникновения пожара, м, дерево, резина соответственно;

t - время развития экзогенного пожара, мин;

v_c - скорость воздушной струи в выработке, м/с;

s - поперечное сечение горной выработки, $м^2$.

Область применения зависимостей (1) и (2) ограничена ранней (начальной) стадией развития экзогенного пожара. Ранняя (начальная) стадия развития пожара характеризуется интервалом времени, считая с момента возникновения очага пожара, в пределах которого величина скорости распространения фронта пламени удовлетворяет условию

$$Q < v_{pr}(\tau) \leq 0,7 v_{pr},$$

где v_{pr} - предельная скорость распространения пожара по выработке, м/мин.

Длительность времени свободного развития пожара τ до начала сравнительного анализа, считая с момента нарастания окиси углерода со скоростью не менее $0,2 \cdot 10^{-6}$ отн.об.ед./мин в выработках с ленточными конвейерами и не менее $0,1 \cdot 10^{-6}$ отн. об.ед./мин - в остальных, для надежного процесса распознавания с помощью статистических критериев берут не менее 5-6 мин.

15 После аналитического определения K_{CO} по формулам (1) или (2) в том же интервале времени развития экзогенного пожара, начиная с момента нарастания содержания окиси углерода со скоростью не менее $0,2 \cdot 10^{-6}$ отн.об.ед./мин ($0,2$ ppm/мин) в выработках с ленточными конвейерами и не менее $0,1 \cdot 10^{-6}$ отн. об.ед./мин ($0,1$ ppm/мин) - в остальных, измеряют фактическое содержание окиси углерода в атмосфере контролируемой горной выработки и проверяют адекватность массива замеряемых значений содержания CO массиву пороговых значений с помощью статистических критериев. Если адекватность устанавливают, то гипотезу о возникновении очага экзогенного пожара принимают, в противном случае - отвергают, т.е. зарегистрированные измерения содержания окиси углерода в атмосфере контролируемой выработки в этом случае являются продуктом нормального технологического процесса, например взрывных работ.

И р и м е р. Процесс распознавания пожара смоделирован в выработке со следующей горно-технической характеристикой: угол падения 15 град.; форма сечения - арочная; длина 750 м; крепь - арочная металлическая с деревянной затяжкой; величина горючей загрузки крепи (g_B) 211 кг/м; длина периметра затянутой поверхности выработки (P_B) 9,3 м; время выгорания деревянных элементов крепи (τ_B) 50 мин; схема проветривания - сверху вниз.

В выработке установлен ленточный конвейер типа КРУ-350 с резинотросовой лентой типа РТЮ-1500 шириной 1,2 м. Величина горючей загрузки конвейерной ленты (g_A) 24 кг/м, а время выгорания ленты (τ_{BA}) 20 мин.

55 В момент нарастания содержания окиси углерода со скоростью не менее $0,2$ ppm/мин (10^{-6} отн.об.ед./мин) производят отсчет времени τ развития возможного очага экзогенного пожара в

выработке и замер содержания CO (τ) в атмосфере выработки через каждую минуту. Результаты замеров занесены в табл. 1.

В том месте выработки, где произведен отбор воздуха для анализа на содержание CO, замеряют скорость воздушной струи v_c и размеры горной выработки, по которым определяют сечение s, с целью получения достоверных данных об объемном расходе воздуха. Так, для v_c = 2,0 м/с и s = 9,3 м² предельная скорость горения конвейерной ленты 4,65 м/мин, а деревянных элементов крепи - 1,3 м/мин.

Первоначально сделано предположение о возникновении очага пожара на ленточном конвейере.

Затем с интервалом 1 мин определяют по шесть значений:

длины зоны горения L_A(τ) на ленточном конвейере по известным формулам:

$$L_A(\tau) = 4,65 \left[\sqrt{\tau^2 + [K(\tau) \cdot 160]^2} - K(\tau) \cdot 160 \right] \text{ м} \quad (1)$$

$$K(\tau) = 0,102\tau - 0,017\tau^2 + 1,453; \quad (2)$$

массовой скорости выгорания ленты W(τ)

$$W(\tau) = \frac{E_A}{60\tau_{\text{вЛ}}} L_A(\tau), \text{ кг/с}; \quad (3)$$

экспериментального коэффициента α

$$\alpha = \begin{cases} 1,96 \cdot 10^2 & \text{при } W(\tau) < 0,001 \text{ кг/с;} \\ 1,0 \cdot 10^2 & \text{при } W(\tau) \geq 0,001 \text{ кг/с;} \end{cases} \quad (4)$$

пороговых значений содержания CO в атмосфере выработки

$$K_{CO}(\tau) = \frac{51 \alpha \left[\frac{E_A}{60\tau_{\text{вЛ}}} L_A(\tau) \right]^{0,756}}{v_c \cdot s} \quad (5)$$

Результаты вычислений занесли в табл. 1. Например, рассчитали по формулам (1) - (5) для момента времени τ = 6 мин:

$$K(\tau=6) = 0,102 \cdot 6 - 0,017 \cdot 36 + 1,453 = 1,453;$$

$$L_A(\tau=6) = 4,65 \left[\sqrt{(6)^2 + (1,453 \cdot 160)^2} - 1,453 \cdot 160 \right] = 0,360 \text{ м};$$

$$W(\tau=6) = \frac{24}{60 \cdot 20} \cdot 0,360 \approx 7,2 \cdot 10^{-5} \text{ кг/с};$$

$$\alpha = 1,0 \cdot 10^{-2};$$

$$K_{CO}(\tau=6) = \frac{51 \cdot 1,0 \cdot 10^{-2} \left[\frac{24}{60 \cdot 20} \cdot 0,360 \right]^{0,756}}{2 \cdot 9,3} = 0,000658 \text{ об.}\% = 6,58 \cdot 10^{-6} \text{ отн. об. ед.}$$

30

Т а б л и ц а 1

Пороговые значения содержания CO в атмосфере выработки при развитии пожара на ленточном конвейере

τ, мин	K(τ)	L _A (τ), м	W(τ) кг/с · 10 ⁵	α · 10 ²	K _{CO} (τ), мин ⁻¹
1	1,538	0,010	0,188	1,96	0,82
2	1,589	0,014	0,272	1,96	1,08
3	1,606	0,082	1,628	1,0	2,14
4	1,589	0,145	2,894	1,0	3,30
5	1,538	0,236	4,724	1,0	4,78
6	1,453	0,360	7,198	1,0	6,58

После этого вычисляют верхнюю и нижнюю границы области адекватности измеренных значений CO (τ) пороговым K_{CO}(τ) по известной в математической статистике формуле:

$$K_{CO}(\tau)_{\text{гран.}}^{\text{в}} = K_{CO}(\tau) \pm \sqrt{F \cdot S_{\text{ост}}}, \quad (6)$$

где K_{CO}(τ)_{гран.}^в, K_{CO}(τ)_{гран.}^н - значение содержания CO в атмосфере выработки в

момент времени τ развития пожара, образующие соответственно верхнюю и нижнюю границы области адекватности пороговым значениям $K_{CO}(\tau)$;

F - критерий Фишера (берется по таблицам, приведенным в справочниках по математической статистике), для рассматриваемого случая табличное (критическое) значение $F = 5,19$;

$S_{ост}$ - остаточное среднеквадратичное отклонение ожидаемых граничных значений содержания CO относительно пороговых, определяется по известным из математической статистики формулам;

$$S_{ост} = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^{i=N} [K_{CO}(\tau) - K_{CO}]^2} \quad (7)$$

где N - число анализируемых точек замера, шт. (при анализе на распознавание очага пожара на ленточном конвейере $N = 6$);

K_{CO} - среднее значение пороговых значений, определяемое по формуле

$$K_{CO} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{i=N} K_{CO}(\tau) \quad (8)$$

Результаты вычислений по формулам (6) - (8) заносят в табл.3. Например,

$$S_{ост} = \sqrt{\frac{1}{6-1} \cdot 25,172} = 2,24 \cdot 10^{-6} \text{ отн. об. ед.}$$

$$K_{CO}(\tau=6)_{гран}^B = 6,58 + \sqrt{5,19} \cdot 2,24 = 11,7 \cdot 10^{-6} \text{ отн. об. ед.}$$

$$K_{CO}(\tau=6)_{гран}^H = 6,58 - \sqrt{5,19} \cdot 2,24 = 1,5 \cdot 10^{-6} \text{ отн. об. ед.}$$

Т а б л и ц а 3

Таблица граничных значений содержания CO при развитии пожара на ленточном конвейере

τ , мин	$K_{CO}(\tau)_{гран}^B$, 10^{-6} отн. об. ед.	$CO(\tau)$, 10^{-6} отн. об. ед.	$K_{CO}(\tau)_{гран}^H$, 10^{-6} отн. об. ед.
1	2	3	4
1	5,9	0,2	0
2	6,2	0,4	0
3	7,3	0,6	0
4	8,4	0,8	0

вычислили значение $K_{CO}(\tau)_{гран}^B$ и $K_{CO}(\tau)_{гран}^H$ для момента времени $\tau = 6$ при $N = 6$ и составили расчетную табл.2.

$$K_{CO} = \frac{1}{6}(0,82 + 1,08 + 2,14 + 3,30 + 4,78 + 6,58) = \frac{1}{6} \cdot 18,7 = 3,12 \cdot 10^{-6} \text{ отн. об. ед.}$$

Т а б л и ц а 2
Расчетная таблица

τ	$[K_{CO}(\tau)_i - K_{CO}]^2$
1	5,275
2	4,148
3	0,954
4	0,033
5	2,767
6	11,995
30	25,172

Продолжение табл.3

1	2	3	4
5	9,9	1,1	0
6	11,7	1,4	1,5

По истечении шести минут с момента начала роста содержания CO со скоростью, равной или более $0,2 \cdot 10^{-6}$ отн. об. ед./мин, проверили измеренные данные (см. табл.3) на условие:

$$K_{CO}(\tau)_{гран}^H \leq CO(\tau) \leq K_{CO}(\tau)_{гран}^B \quad (9)$$

Так как шесть замеров отвечали требованиям условия (9), то был сделан вывод о возникновении очага пожара на ленточном конвейере.

Если бы даже один из шести замеров не отвечал требованиям условия (9), то было бы сделано предположение о возникновении очага пожара на деревянных элементах крепи, а первоначальное предположение о возгорании конвейерной ленты было бы отвергнуто. Для этого случая вычисляли с интервалом 1 мин шесть значений:

длины зоны горения $L_B(\tau)$ на деревянных элементах крепи по известной формуле:

$$L_B(\tau) = \frac{3,14}{2P_3} [1,3(\sqrt{(5+\tau)^2 + (105)^2} - 105)]^2, \text{ м} \quad (10)$$

пороговых значений содержания CO в атмосфере выработки

$$K_{CO}(\tau) = \frac{0,24 \left[\frac{2,8}{60\tau_B} L_B(\tau) \right]^{0,91}}{v_c \cdot s} \quad (11)$$

Результаты вычислений были сведены в табл. 4. Например, выполнили вычисления по формулам (10) и (11) для момента времени $\tau = 1$ мин:

$$L_B(\tau=1) = \frac{3,14}{2 \cdot 9,3} [1,3(\sqrt{(5+1)^2 + (105)^2} - 105)]^2 = 0,009 \text{ м};$$

$$K_{CO}(\tau=1) = \frac{0,24 \left[\frac{2,8}{60 \cdot 50} \cdot 0,009 \right]^{0,91}}{2 \cdot 9,3} =$$

$$= 0,0000152 \text{ об. дол. \% CO} = 0,152 \cdot 10^{-6} \text{ отн. об. ед.}$$

Т а б л и ц а 4

Пороговые значения содержания CO в атмосфере выработки при развитии пожара на деревянных элементах крепи

τ , мин	$L_B(\tau)$, м	$K_{CO}(\tau)$, $\times 10^{-6}$ отн. об. ед.
1	2	3
1	0,009	0,152
2	0,016	0,268

$$K_{CO} = \frac{16,333}{10} = 1,633 \cdot 10^{-6} \text{ отн. об. ед.}$$

$$S_{ост} = \sqrt{\frac{1}{10-1} \cdot 20,287} = 1,5 \cdot 10^{-6} \text{ отн. об. ед.}$$

Продолжение табл. 4

1	2	3
3	0,027	0,435
4	0,044	0,568
5	0,066	0,979
6	0,098	1,386
7	0,138	1,900
8	0,190	2,539
9	0,254	3,318
10	0,311	4,688

Верхняя и нижняя границы области адекватности вычислялись по формулам (6)-(8), только значения $N = 10$ и $F = 3,07$. Процесс вычисления был сведен в расчетные табл. 5 и 6.

Т а б л и ц а 5
Расчетная таблица

τ , мин	$K_{CO}(\tau)$, $\times 10^{-6}$ отн. об. ед.	$[K_{CO}(\tau) - K_{CO}]^2$, $\times 10^{-6}$ отн. об. ед.
1	0,152	2,194
2	0,268	1,864
3	0,435	1,436
4	0,668	0,932
5	0,979	0,654
6	1,386	0,061
7	1,900	0,071
8	2,539	0,906
9	3,318	2,838
10	4,688	9,331
Σ	16,333	20,287

Т а б л и ц а 6

Таблица граничных значений содержания CO при развитии пожара на деревянных элементах крепи

τ , мин	$K_{CO}(\tau)_{\text{гран}}$, 10^{-6} отн.об.ед.	CO(τ), замеренное, 10^{-6} отн.об.ед.	$K_{CO}(\tau)_{\text{гран}}$, 10^{-6} отн.об.ед.
1	1,652	0,2	0
2	1,768	0,4	0
3	1,935	0,6	0
4	2,168	0,8	0
5	2,479	1,1	0
6	2,886	1,4	0
7	3,400	1,8	0,4
8	4,039	2,5	1,039
9	4,818	3,9	1,818
10	6,188	6,0	3,188

В данном случае все 10 замеров содержания соответствовали условию (9), поэтому был сделан вывод о возникновении очага пожара на деревянных элементах крепи. Если бы условию (9) удовлетворяли менее десяти из десяти замеров, то причиной роста CO в атмосфере выработки в этом случае были бы технологические помехи, например взрывные работы, заполнение транспортной цепочки разрыхленным углем и т.д.

Ф о р м у л а и з о б р е т е н и я

1. Способ распознавания ранних стадий экзогенных пожаров, включающий контроль содержания микроконцентраций окиси углерода в рудничной атмосфере, измерение скорости воздуха, температуры и задымленности выработок, регистрацию текущего времени изменения контролируемых параметров, проведение сравнительного анализа фактического содержания окиси углерода и скорости его изменения относительно соответствующих значений, отличающийся тем, что,

с целью повышения достоверности распознавания очага экзогенного пожара для каждой выработки, перед сравнительным анализом определяют поперечные размеры выработки и время развития экзогенного пожара, а затем определяют ожидаемые значения содержания окиси углерода по формулам:

при воспламенении резинотехнических изделий в выработке

$$K_{CO}(\tau) = \frac{51 \cdot \left[\frac{L_A(t)}{60\tau_{вн}} \right]^{0,756}}{v \cdot s},$$

при воспламенении деревянных элементов крепи

$$K_{CO}(\tau) = \frac{0,24 \left[\frac{L_B(t)}{60\tau} \right]^{0,91}}{v_c \cdot s},$$

где

51;

0,756;

0,24;

0,91

- эмпирические коэффициенты, имеющие размерность

$$\frac{\text{м}^3 \cdot \text{об.}\%}{\text{кг} \cdot \text{с}} \cdot \frac{0,756}{0,24} \text{ отн. ед.};$$

- $\frac{m^3 \cdot \text{об.}\%}{0,3t \cdot c}$; отн. ед. со-
ответственно;
- α - эмпирический безразмерный коэффициент, зависящий от массовой скорости выгорания материала;
- g - горючая загрузка горной выработки, кг/м;
- τ - время выгорания материала на единице поверхности выработки, мин;
- t - время развития экзогенного пожара, мин;
- $L(t)$ - длина зоны горения в выработке на момент времени t , считая с момента возникновения пожара, м;
- v_c - скорость воздушной струи в выработке, м/с;

s - поперечное сечение выработки, m^2 ,

индексы "в" и "л" относятся соответственно к загрузке выработки деревом и резинотехническими изделиями (лентой), затем статистически сравнивают массивы ожидаемых рассчитанных и фактических значений содержания окиси углерода и определяют наличие очага экзогенного пожара в выработке при их совпадении.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что время развития экзогенного пожара отсчитывают с момента начала нарастания содержания окиси углерода со скоростью не менее $0,1 \cdot 10^{-6} \frac{\text{отн.об.ед.}}{\text{мин}}$, а в горных выработках с ленточными конвейерами - не менее $0,2 \cdot 10^{-6} \text{ отн.об.ед./мин.}$

Редактор М.Петрова

Составитель И.Федяева

Техред М.Ходанич

Корректор М.Самборская

Заказ 343/39

Тираж 410

Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета по изобретениям и открытиям при ГКНТ СССР
113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Производственно-полиграфическое предприятие, г. Ужгород, ул. Проектная, 4