

УДК 622.822.22

АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР СПОСОБОВ ОБНАРУЖЕНИЯ И ЛОКАЛИЗАЦИИ ЭНДОГЕННЫХ ПОЖАРОВ

Калайгорода В.В., аспирант гр. ГМа-211, I курс

Научный руководитель: Простов С.М., д.т.н., профессор кафедры СПиЭН
Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева
г. Кемерово

Способы контроля и прогноза пожароопасности можно разделить на два направления:

- определение местонахождения (локации) очага возгорания;
- определение момента самовозгорания.

Определение вышеназванных направлений приведет к снижению сроков исполнения противопожарных мероприятий и к снижению материальных и трудовых затрат [1]. Схематично контроль и прогноз пожароопасности объектов представлен на рис.1.

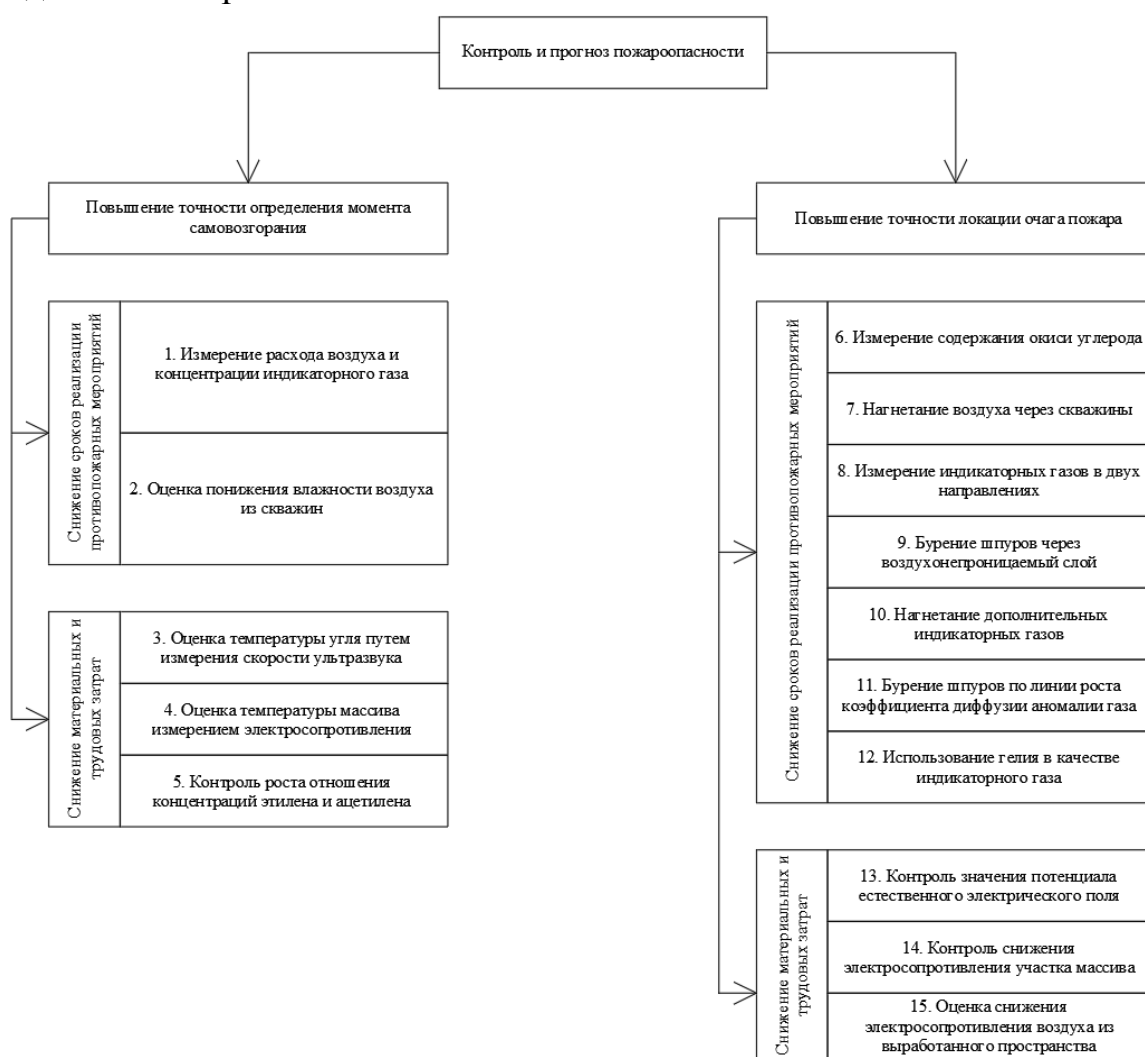


Рис.1 Направления и тенденции развития технических решений

Приведем краткий аналитический обзор наиболее перспективных способов предсказания, обнаружения и локации эндогенных пожаров.

1. Измерение расхода воздуха и концентрации индикаторного газа.

Измеряют концентрацию индикаторного газа на входе в скопление породы (угля) и объем воздуха, прошедшего через контролируемый участок – пласт с породой. Используя измеренные величины, рассчитывают скорость выделения индикаторного газа на контролируемом участке. При увеличении показателя скорости выделения индикаторного газа от ранее рассчитанных делается вывод о наличии самовозгорания угля.

2. Измерение влажности воздуха из скважины и влажность атмосферы в непожарном участке

Измеряют влажность воздуха, выходящего из скважины и влажность атмосферы в непожарном участке (на определенном расстоянии от скважины). Определяют относительные показатели влажностей при каждом снятии показателей. При снижении относительного показателя делается вывод о возможном наличии самовозгорания породы, а зону с минимальной относительной влажностью - центром очага пожара.

3. Оценка изменения температуры угля с использованием ультразвука.

Научно доказано, что скорость ультразвука в воде линейно зависит от ее температуры, что и используется в данном методе обнаружения пожароопасных зон.

Способ заключается в следующем: в разрыхленную массу угля вставляют металлическую трубу и в нее заливают воду. От генератора измерительного узла через излучатель по трубе с водой посылается ультразвуковой импульс, который будет доходить до отражающей стенки (приёмника) и этот импульс фиксируется осциллографом. Используя измеренный показатель, замеренное время движения импульса и известную длину трубы определяют скорость ультразвука. При увеличении показателя скорости ультразвука относительно предыдущих измерений делается вывод о возможном самовозгорании угля на исследуемом участке.

4. Оценка температуры массива измерением электросопротивления.

Измеряют электросопротивление угля на действующих выемочных участках и на прилегающих к ним целиках. По измеренному показателю рассчитывают температуру угля. Показатель электросопротивления не зависит от способов разработки и проветривания участков угля, так как снимаются показатели непосредственно с массивов и не учитываются второстепенные показатели: влажность воздуха, наличие и объем индикаторных газов. Данный способ снятия показателей является быстрым и малозатратным, т.к. не требует проведения отбора и анализа проб воздуха, на что уходит несколько дней и называется «экспресс-способом».

Использование способа значительно увеличивает точность оценки локации эндогенных пожаров, так как основным показателем является температура угля и определяется очаг самонагревания.

5. Контроль роста отношения концентраций этилена и ацетилена.

Бурят шпур в районе выемочного участка с углем, берут пробы воздуха из шпура и на поступающей струе выемочного участка, определяют в них концентрации газовых компонентов на предмет наличия этилена и ацетилена. Данные показатели сравниваются. При нагревании угля концентрация этилена и ацетилена закономерно увеличиваются, при этом рост концентрации этилена опережает рост концентрации ацетилена. При воспламенении угля концентрация ацетилена растет и, соответственно, отношение концентраций этилена и ацетилена резко уменьшается. Показатель отношения концентраций этилена к ацетилену становится близким к значению, полученному для шпура, пробуренного в целик угля, что не должно быть. Абсолютные концентрации этилена и ацетилена при установлении факта воспламенения должны превышать концентрации этилена и ацетилена в шпуре не менее, чем в 5 раз.

6. Измерение содержания окиси углерода.

Эталонную пробу атмосферы изымают на поступающей вентиляционной струе контролируемого участка, при этом один воздухозаборный шланг газоанализатора располагают в горной выработке с поступающей на участок вентиляционной струей, а другой шланг газоанализатора – в горной выработке с исходящей струей. Газоанализатор имеет дифференциальную измерительную схему и выходной сигнал соответствует концентрации окиси углерода. Таким образом происходит замер концентрации окиси углерода на исследуемых участках, без учета посторонних непожарных участков.

7. Нагнетание воздуха через скважины.

Данный способ локализации очагов пожаров построен на нагнетании воздуха в выработанное пространство через скважины до компенсации естественного перепада давления.

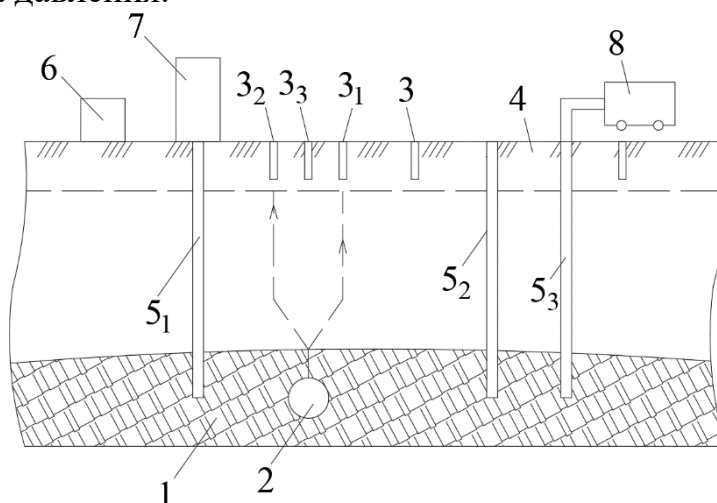


Рис.2 Схема способа локализации очагов подземных пожаров

Для локализации очага 2 подземного пожара, образовавшегося в выработанном пространстве 1, выполняют бурение шпуров 3 в приповерхностном слое 4 и измеряют содержание в них индикаторных газов оборудованием 6. Реализованный замер позволяет локализовать аномалию индикаторного газа в приповерхностном слое с максимальной концентрацией в шпуре 3₁. Вокруг данной

точки бурят контрольные скважины 5 и фиксируют через них давление газа в выработанном участке 1 устройством 7. По результатам измерений определяют перепады давления между диаметрально противоположными скважинами. После этого на продолжении диаметра между скважинами 5₁ и 5₂, обладающими максимальным перепадом давления, в сторону скважины с меньшим давлением газа 5₂ бурят дополнительную скважину 5₃, через которую впрыскивают воздух компрессором 8. Давление нагнетаемого в скважину 5₃ воздуха фиксируют на уровне, обеспечивающем изменение знака максимального перепада в скважинах 5₁ и 5₂. При новом режиме вновь определяют содержание индикаторного газа в шпурах 3 оборудованием 6 и локализуют сместившуюся максимальную концентрацию индикатора в точке 3₂. Проекцию очага пожара находят в точке 3₃, лежащей в центре отрезка, находящегося между шпурами с максимальной концентрацией индикатора, определенными в двух замерах 3₁ и 3₂.

8. Измерение индикаторных газов в двух направлениях.

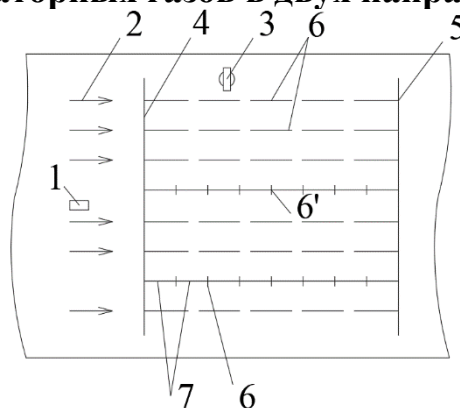


Рис.3 Схема измерения индикаторных газов в двух направлениях

Для локализации очага пожара, начавшегося в недоступной области выработанного пространства, на поверхности, располагаемой над шахтным полем, определяют скорость и направление движения потока 2 воздуха устройством 1. Измеряют концентрацию индикаторных газов в точках надповерхностного слоя воздуха, находящихся на контрольных линиях 4 и 5, перпендикулярных движению воздуха, лазером 3. Зафиксированные результаты применяют для расчета приращения концентрации индикаторных газов между точками, лежащими на пересечении контрольных линий 4 и 5 с линиями 6, параллельными направлению движения воздуха 2. Линии, на которых обнаружен всплеск концентрации индикаторных газов, к примеру, линию 6', разбивают на равные отрезки 7. На отрезках 7 также в свою очередь замеряют приращение концентрации индикаторных газов, очаг пожара находится под отрезком, где обнаружено максимальное для данной линии приращение концентрации индикаторных газов.

9. Бурение шпуров через воздухонепроницаемый слой.

Измеряются фоновый показатель индикаторных газов на поверхности или в срезе пласта и показатель индикаторного газа на шпуре, путем периодического нанесения на поверхность воздухонепроницаемого слоя. Газовую

съемку продолжают до повышения концентрации индикаторного газа, причем очаг пожара определяют под точкой с максимальным повышением концентрации газа по отношению к первоначальному значению.

10. Нагнетание дополнительных индикаторных газов.

Данный способ применяется для определения вертикальной проекции очага возгорания в выработанное пространство пластов. Вблизи предположительного очага возгорания в пазухи утечки воздуха запускают не пожароопасный индикаторный газ, например, шестифтористую серу, и исследуют аномалии, образуемые от поведения газа, на поверхности. Если возникают аномальные эффекты, то очаг возгорания присутствует и расстояние до него равно расстоянию от поверхности до пласта, после запуска в который индикатора возникает аномалия этого газа в приповерхностном слое, совпадающая с аномалией пожарных газов над вертикальной поверхностью.

11. Бурение шпуров по линии роста коэффициента диффузии аномалии газа.

Метод позволяет выявить устье скважины, в котором возник пожар. На схеме рис. 4 приведен пример обнаружения очага пожара в месте 1 выработанного пространства 2.

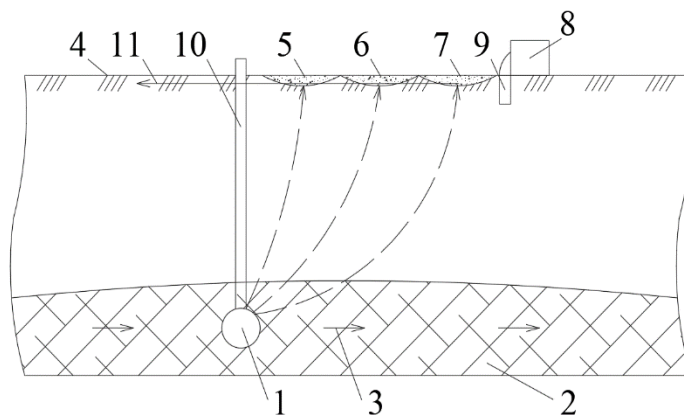


Рис. 4 Схема метода бурения шпуров по линии роста коэффициента диффузии аномалии газа

В приповерхностном слое 4 бурят шпуровы 9 и определяют в них концентрацию индикаторных газов прибором 8. Принимая возможность перемещения индикаторных газов потоками утечек 3, замеряют концентрацию ряда индикаторных газов, обладающих различными коэффициентами молекулярной диффузии. После нахождения положения газовых аномалий 5, 6 и 7, устанавливают распорядок бурения контрольных скважин 10. При ситуации, если аномалии 5, 6 и 7 объединяются, то бурение контрольной скважины происходит в найденной точке. При перемещении аномалии газов с различающимися коэффициентами диффузий относительно друг друга, бурение контрольных скважин производят, начиная с точки, где располагается аномалия газа с максимальным показателем коэффициента диффузии, и продолжают работу по вектору 11, приведенному через газовые аномалии 5, 6 и 7 в направлении от аномалии газа с минимальным коэффициентом диффузии. Глубина бурения контрольной скважины 10 осуществляется до снижения температуры в выработанном

пространстве. Очаг возгорания фиксируют в скважине с максимальной температурой.

12. Использование гелия в качестве индикаторного газа.

Гелий испускается из угля, но при повышенной температуре угля концентрация гелия в воздухе становится больше нормы. Устойчивое повышение содержания гелия в исходящем из выработанного пространства воздухе свидетельствует о процессе самовозгорания угля.

Содержащиеся в угле и породах радиоактивные элементы испускают при распаде альфа-частицы. Из-за небольшого пути пробега эти частицы остаются в кристаллической решетке угля и пород. Захватывая электроны, эти частицы образуют атомы гелия. За счет молекулярной диффузии гелий перемещается к поверхности кусков угля и породы, где сорбируется или поступает в воздух. В потоке воздуха, гелий быстро переносится в приповерхностный слой, где и происходит фиксирование концентрации.

13. Контроль значения потенциала естественного электрического поля.

Определяют величину потенциала естественного стационарного электрического поля по поверхности угольного скопления относительно электрода, который устанавливают в зону, не предрасположенную к самонагреванию, и производят сравнение величины с фоновым значением потенциала, характерного для данного участка. Делается вывод о том, что если на участках значение потенциала выше фонового значения, то исследуемое место относится к области риска и в данном месте происходит самонагревание угля.

14. Контроль снижения электросопротивления участка массива.

Бурят шпуров на промежутках от 100 до 200 м и в них монтируют металлические электроды, которые сопрягают проводами с прибором для измерения электросопротивления. Производят несколько заборов показателей. Собранные показатели сравниваются с электрическим сопротивлением участка угольного массива в безопасной зоне. Если имеется очаг самонагревания, то происходит быстрое падение электрического сопротивления, снятого с электродов в шпурах.

15. Оценка снижения электросопротивления воздуха из выработанного пространства.

На рис.5 изображен график зависимости электрического сопротивления исходящего воздуха I и содержания в нем окиси углерода II от стадии развития эндогенного пожара для углей марки К.

На выходящей из выработанного пространства воздушной струе, к примеру, на вентиляционном штреке, размещают ионизационную камеру, которую сопрягают проводами с самопишущим прибором. Если в выработанном пространстве не происходит самонагревания угля, то исходящий воздух обладает нормальными установившимися параметрами и электрическое сопротивление имеет показатель в четких пределах. На графике этому соответствует зона 1 кривой I. При образовании в выработанном пространстве условий, служащих поддержкой для самовозгорания угля, происходит разогрев угля и

выпаривание из него влаги, чему соответствует на графике зона 2. Происходит резкое снижение электрического сопротивления воздуха, причем в интервале температур $t_1 - t_2$ снижение происходит на 2-3 порядка. В окончании этой зоны при температуре t_3 начинает выходить окись углерода в количествах, поддающихся измерениям ($\geq 0,0001\%$).

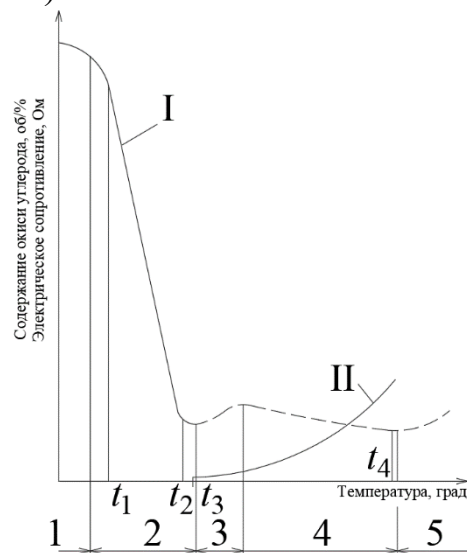


Рис.5 График изменения контролируемых параметров: границ изменения электрического сопротивления I и содержания окиси углерода II в исходящем воздухе

Регистрация начала зоны 2 происходит при температуре менее $30\text{ }^{\circ}\text{C}$, в то время, как фиксирование выделения СО могло произойти только при температуре более $70\text{ }^{\circ}\text{C}$. Зоны 3 и 4 на графике характеризуют стадии активного окисления угля, но пожара как такового еще нет, выделяется большой объем окиси углерода. В зоне 5 начинается сильное возгорание угля, что приводит к возрастанию электрического сопротивления с показателями температуры воздуха t_4 .

Список литературы:

1. Способы и устройства для предотвращения эндогенных пожаров (аналитический обзор) / С.М. Простов, К.В. Прошкина, Н.Г. Хафизова ; под ред. С.М. Простова ; КузГТУ, РАЕН (ЗСО). – Кемерово, 2012. – 236 с.