



Рис. 4. Роботизированный комплекс – аватар, предназначенный для пожаротушения

В основном работы над созданием таких роботов ведутся в США и Китае, но и в России подобные разработки имеют место быть.

Вывод

Робототехнические средства пожаротушения составляют весомую конкуренцию человеку. Благодаря возможности безучастной работы на пожаре такие установки позволяют снизить воздействие опасных факторов пожара на участников тушения пожара. Робототехнические установки снабжают различными техническими средствами, связью, видеокамерами - всё это служит основой для рационального управления и экономии человеческих трудовых затрат, а также сохранения жизни и здоровья участников тушения пожара.

Список использованных источников:

1. Актуальные проблемы пожарной безопасности / Материалы XXXIII Международной научно-практической конференции, посвященной Году науки и технологий. – Москва, 2021.
2. Никитин А.В. Использование робототехники при тушении пожаров / А.В. Никитин, А.В. Кузовлев / Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. – 2018. – Т. 1. – № 9. – С. 655–657.
3. Бутко Д.Ю. Развитие робототехнических систем специального назначения в системе МЧС / Д.Ю. Бутко, Н.Л. Сафонова / Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. – 2017. – Т. 1. – С. 432–437.
4. Веселовацкий В.Е. Робототехника, используемая для тушения пожаров / В.Е. Веселовацкий, О.В. Хонгорова // Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов X Всероссийской научно-практической конференции. – 2019. – С. 55–58.
5. Жогова В.В. Робототехника, применяемая для обеспечения пожарной безопасности / В.В. Жогова, Е.А. Жидко // Комплексные проблемы техносферной безопасности. Научный и практический подходы к развитию и реализации технологий безопасности: сборник статей по материалам XVII Международной научно-практической конференции. – Воронеж. – 2021. – С. 566–571.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫБРОСОВ ОПАСНЫХ ВЕЩЕСТВ, ПРОИЗВОДИМЫХ С ПОВЕРХНОСТИ ШАХТ ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ КУЗБАССА ПРИ ЭНДОГЕННЫХ ПОЖАРАХ

*Н.Ю. Луговцова, к.т.н., старший преподаватель
Юргинский технологический институт (филиал)*

*Национального исследовательского Томского политехнического университета,
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26
E-mail: lnyu-70583@bk.ru*

Аннотация: В статье приводится оценка опасности эндогенных пожаров, количество действующих эндогенных пожаров на территории Кузбасса, исследования, направленные на идентификацию и определение количества выбрасываемых веществ при эндогенных пожарах в шахтах, с помощью метода надповерхностной газовой съемки. Определены значения потока поступающих веществ, определен суммарный выброс вредных веществ, поступающих в окружающую среду, вследствие эндогенных пожаров в угольных шахтах.

Ключевые слова: эндогенный пожар, опасные газы, процессы самовозгорания, надповерхностная газовая съемка, выработанное пространство, шахтное поле, удельный поток газов.

Abstract: The article provides an assessment of the danger of endogenous fires, the number of active endogenous fires in the territory of Kuzbass, studies aimed at identifying and determining the amount of substances emitted during endogenous fires in mines using the method of subsurface gas survey. The values of the flow of incoming substances are determined, the total emission of harmful substances entering the environment as a result of endogenous fires in coal mines is determined.

Keywords: endogenous fire, dangerous gases, self-ignition processes, supersurface gas survey, worked out space, mine field, specific gas flow

Предприятия горнодобывающей отрасли характеризуются наличием источников возникновения аварийных ситуаций, связанных с возгоранием (пожаром). Пожар может произойти по причине неправильного ведения огневых работ, самовозгорания добываемых ископаемых, в результате взрыва пылевоздушных и газовоздушных смесей и т. д. Опасность возникновения пожара на предприятиях горнодобывающей отрасли влечет за собой риски, связанные с возможной гибелью и негативным воздействием на здоровье людей, нанесением материального ущерба предприятию, и нанесением вреда окружающей среде, путем ее загрязнения. Среди возможных пожаров одними из наиболее опасных являются эндогенные пожары. Возникновение данных пожаров характерно при скоплении угля в выработанном пространстве, в случае его самовозгорания [1].

Как правило, самовозгорание скопленного угля происходит при доступе кислорода, и его взаимосвязи с поверхностью угля (в результате процесса окисления). Скопление угля происходит от работы проходческой техники. Также возможно скопление угля в зонах нарушения угольных пластов, при разрушении угля, которому способствует горное давление. Особенность эндогенных пожаров заключается в том, что очаг пожара, как и его возникновение, очень сложно обнаружить. Это очень усложняет задачу по своевременной локализации пожара.

Характерной чертой эндогенных пожаров является образование огромного количества токсичных газообразных веществ, которые способны распространяться по выработанному пространству, и поступать в окружающую среду. При эндогенных пожарах, вокруг их очагов, происходит понижение влажности горных пород. Далее образуются конвективные потоки воздуха. Вследствие всего этого увеличивается вынос пыли в окружающую среду и вынос токсичных газообразных веществ, которые начинают распространяться на огромные расстояния (площади), выходя за пределы санитарно-защитных зон, и достигают зоны проживания и жизнедеятельности людей. В нередких случаях эти вещества, поступившие в атмосферу зон проживания и жизнедеятельности людей, начинают превышать установленные показатели предельно-допустимых концентраций (ПДК), тем самым представляя опасность для людей и окружающей среды [2].

Зачастую выбросы токсичных веществ невозможно учитывать при возникновении пожара, так как эти выбросы имеют залповый и внезапный характер. Именно внезапность таких выбросов усложняет их контроль, и соответственно, усложняет ведение статистического учета по выбросам. Таким образом, без их учета не представляется возможным составить полную картину структуры загрязняющих веществ, поступающих в окружающую среду с шахт, потому что влияние на нее эндогенных пожаров может быть довольно значительным.

Исходя из приведенной информации, цель данной работы – оценка количества выделяющихся вредных газообразных веществ с поверхности шахты при возникновении эндогенного пожара.

Многие ученые (Скрицкий В.А., Игишев В.Г., Линденау Н.И., Портола В.А.) занимались исследованиями, направленными на определение способа обнаружения эндогенных пожаров. В своих работах они пытались учесть возможность самовозгорания угля на ранних стадиях, что могло бы помочь в определении места возможно возгорания [3–5]. Исходя из анализа данных работ, следует, что для обнаружения очагов возгорания скопленного угля является метод, который основан на контроле выделяющихся индикаторных газов [6]. Суть метода в следующем: газы, выделившиеся при возникновении возгорания, мигрируют из шахт на поверхность, при этом образуя газовую аномалию. Таким образом, газовая аномалия служит индикатором для определения места нахождения очагов пожара. Обнаружить газовую аномалию можно методом надповерхностных газовых съемок, как правило, используемых для поиска месторождений полезных ископаемых и т.д. [7]. Исследования раннего обнаружения эндогенных пожаров не дают никакой информации о количестве газов, выделяющихся при горении. Однако, учитывать их количество с помощью надповерхностной газовой съемки все же возможно [8].

Кемеровская область является регионом с большим количеством предприятий по добычанию угля. Соответственно, на территории Кузбасса имеется большое количество шахт, с которых в окружающую среду поступает огромное количество загрязняющих веществ.

Результаты анализа шахтных выбросов показали, что в их составе наибольшее количество следующих веществ: метана (CH_4), оксида углерода (CO), диоксида серы (SO_2), диоксида азота (NO_2).

Проведенный анализ показывает, что оценка выбрасываемых (выделяемых) газов проводится не в полной мере, именно за счет того, что не учитываются выбросы, возникающие при эндогенных пожарах. На данный момент на территории Кемеровской области около двадцати действующих эндогенных пожаров. Необходимо учитывать, что эндогенные пожары могут развиваться долгое время, и, соответственно, гореть. Несмотря на применение противопожарных методов и средств, время горения эндогенных пожаров составляет по несколько лет, а иногда возможны и рецидивы возгорания [9]. Все это указывает на низкую эффективность, применяемых на горнодобывающих предприятиях, противопожарных методов и средств, направленных на локализацию и ликвидацию возникающих эндогенных пожаров.

Таким образом, для оценки выбросов вредных веществ при эндогенных пожарах, целесообразно применение метода надповерхностной газовой съемки.

Данный метод состоит в следующем: на почву, с небольшим углублением, устанавливаются емкости диаметром 0,16 м и высотой 0,09 м. С помощью специального патрубка осуществляется отбор проб выбрасываемых веществ. Эти вещества постепенно наполняют емкости, где с помощью газоанализатора происходит замер концентрации выбрасываемых газов, поступающих с шахт на поверхность.

По итогам замеров концентраций проводится расчет удельного потока выделяемого газа ($\text{м}^3/(\text{с}\cdot\text{м}^2)$) по формуле:

$$q = \frac{V_0 \cdot C}{S \cdot \tau_0}, \quad (1)$$

где V_0 – объем емкости, м^3 ;

τ_0 – продолжительность выдержки емкости до замера (составляет от 60 до 300 с [8]);

C – концентрация газа в емкости после выдержки, доли ед;

S – площадь контакта емкости с почвой, м^2 .

Измерение общего потока выделяемых газов со всей поверхности места возможного эндогенного пожара проводится путем распределения проводимых измерений удельных потоков газов на разных частях рассматриваемой территории (с учетом того, что в надповерхностном слое будут находиться примерно одинаковые концентрации газов).

После произведенных расчетов удельных потоков газов на нескольких участках территории, рассчитывается общий поток выделения газов по формуле:

$$Q_S = \sum_{i=1}^n q_i \cdot S_i, \quad (2)$$

где n – число участков на территории, где происходит выброс газов;

q_i – удельный поток газовыделения на i -м участке, $\text{м}^3/(\text{с}\cdot\text{м}^2)$;

S_i – площадь i -го участка поверхности, м^2 .

Для данного исследования замеры объемов газов, выделяемых при эндогенном пожаре, были произведены в пределах границ эндогенного пожара № 79 на ООО «Шахта Алардинская» УК «Южжубассуголь» над аварийным участком пластов 1, 3 и 6. Для этого был использован метод надповерхностной газовой съемки. Территория, на которой проводились замеры выделяемых веществ, представлена на рисунке 1.

Для отбора точек была разбита сетка по 12 створам, всего было произведено и исследовано 92 пробы.

Условия проведения замеров:

1) температура воздуха окружающей среды 16–22 $^{\circ}\text{C}$;

2) атмосферное давление 740–742 мм.рт.ст.;

3) площадь поверхности, на которой были произведены замеры 300 тыс. м^2 ;

4) время проведения замеров 09.00–14.00.

Для идентификации и определения объемов выделяемых газов был использован газоанализатор АПП-1.

Результаты произведенных замеров и расчетов удельных потоков выделяемых газов с поверхности, где развивается эндогенный пожар, представлены в таблицах 1–2.



Рис. 1. Территория шахты «Алардинская» над аварийным участком пластов 1, 3 и 6 (М 1:20000)

В таблице 3 представлено значение общего потока выделяемых газов с поверхности над очагами эндогенного пожара (оксида углерода, водорода, метана).

Таблица 1

Замеры выделяемых газов с поверхности шахты
(по 12 створам на поверхности выработанного пространства
пластов 1, 3 и 6 в пределах границ эндогенного пожара № 79 ООО «Шахта Алардинская»)

Измеряемый газ, %	Результаты замеров по контрольным точкам																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Створ 1 (суммарная длина: около 800 м, количество проб: 17)																	
СО	0,001	0,004	0,001	0	0,0005	0,006	0,004	0	0	0,001	0	0	0,002	0,001	0	0	0,001
Н ₂	0	0,0008	0	0,008	0,003	0,05	0,0008	0	0	0,004	0,008	0,008	0,0008	0	0	0	0
СН ₄	0,001	0,01	0,001	0,05	0	0	0,01	0	0,08	0	0,05	0,05	0,05	0,01	0	0	0,01
Створ 2 (суммарная длина: около 450 м, количество проб: 10)																	
СО	0	0,003	0,001	0,001	0	0,001	0	0	0,001	0							
Н ₂	0,008	0	0	0,004	0	0,001	0	0	0	0,008							
СН ₄	0,01	0,06	0,01	0	0,05	0,08	0	0	0,01	0,1							
Створ 3 (суммарная длина: около 450 м, количество проб: 10)																	
СО	0,008	0	0,0005	0,002	0	0	0	0,01	0,002	0							
Н ₂	0	0,006	0,003	0	0	0,003	0	0	0,0008	0							
СН ₄	0,02	0,05	0	0,2	0,08	0,01	0,08	0,01	0,05	0							
Створ 4 (суммарная длина: около 450 м, количество проб: 10)																	

XIV Международная научно-практическая конференция
«Инновационные технологии в машиностроении»

Таблица 2

*Удельный поток газов на поверхности выработанного пространства пластов 1, 3 и 6 в пределах граници
эндогенного пожара №79 ООО «Шахта Алардинская»*

Удельн. поток, $q \cdot 10^{-6}$, $\text{м}^3/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$	Значение по контрольным точкам																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Створ 1																	
CO	0,075	0,3	0,075	0	0,037	0,45	0,3	0	0	0,075	0	0	0,15	0,075	0	0	0,075
H ₂	0	0,06	0	0,6	0,22	3,75	0,06	0	0	0,3	0,6	0,6	0,06	0	0	0	0
CH ₄	0,075	0,75	0,075	3,75	0	0	0,75	0	6	0	3,75	3,75	3,75	0,75	0	0	0,75
Створ 2																	
CO	0	0,22	0,075	0,075	0	0,075	0	0	0,075	0							
H ₂	0,6	0	0	0,3	0	0,075	0	0	0	0,6							
CH ₄	7,5	4,5	0,75	0	3,75	6	0	0	0,75	7,5							
Створ 3																	
CO	0,6	0	0,037	0,15	0	0	0	0,75	0,15	0							
H ₂	0	0,45	0,22	0	0	0,22	0	0	0,06	0							
CH ₄	15	3,75	0	15	6	0,75	6	0,75	3,75	0							
Створ 4																	
CO	0,75	0	0,037	0	0,075	0,075	0,075	0	0	0,037							
H ₂	0	0,75	0,22	0,22	0,075	0,3	0,45	0	0	0							
CH ₄	0,75	0	0	3,75	6	0	0	3,75	3,75	0,75							
Створ 5																	
CO	0,6	0,22	0,6	0	0	0	0	0,22	0,6	0,075							
H ₂	0	0	0,075	0	0	0	0,37	0,075	0	0,3							
CH ₄	15	4,5	0,37	0,6	0	0	22,5	0,075	1,5	0							
Створ 6																	
CO	6	0	0,26	0,037	0,16	0	0	0	0	0,075							
H ₂	0	0,37	0,06	0	0,15	0,45	0	0	0,3	0,075							
CH ₄	1,5	2,25	3,75	0,75	0	7,5	3,75	3,75	4,5	3,75							
Створ 7																	
CO	0	0,67	0,075	0,15	0,15	0	0	0,075	0,22								
H ₂	0	3,75	0	0,075	0,06	0	0,46	0,075	0,075								
CH ₄	0	17,25	0,075	3,75	3,75	0	7,5	6	0,75								
Створ 8																	
CO	0,075	0,22	0	0	0,15	0	0,075	0									
H ₂	0,3	0,075	0	0,75	0,075	0,075	0	0,75									
CH ₄	0	0,075	0	0	3,75	3,75	0,075	0									
Створ 9																	
CO	0,075	0,075	0	0	0,075	0,15	0	0,45	0,45	0	0,6	0,3	0	0,06	0		
H ₂	0	0	0	1,2	0,075	0	0,45	0,075	0,75	0,06	0,45	0	0,075	0,075	0,075		
CH ₄	0,075	0,75	0	0	0,075	15	6	3,75	3,75	3,75	15	0	3,75	4,5	0		
Створ 10																	
CO	0	0,075	0,6	0,037	0,045	0,075	0,075	0	0,22	0,075	0,075	0,075	0,45	0	0,075		
H ₂	0	0,22	0	0,15	0,15	0,075	0	0,22	0	0,3	0,22	0	0,3	0,6	0		
CH ₄	6	0	1,5	0	0,0075	0,6	0,75	0,75	4,5	0	0,75	0,075	3,75	0,37	0,75		
Створ 11																	
CO	0	0,075	0,075	0,075	0,15	0	0,3	0,26	0	0	0	0	0,26	0,37	0,6		
H ₂	0	0	0	0,075	0	1,2	0	0	0	0	0	0	0	0,075	0		
CH ₄	6	0,75	0,75	3,75	1,5	0	3,75	4,5	6	6	3,75	3,75	4,5	3,75	1,5		
Створ 12																	
CO	0,075	0	0,15	0,075	0,6	0	0,075	0	0	0	0,075	0,16	0,31	0,075	0,037		
H ₂	0	0	0,06	0	0	0,75	0,3	0,45	0,3	0	0	0,15	0,06	0	0		
CH ₄	0,75	6	0,75	0,75	0,75	0	0	0,75	7,5	3,75	0,75	0	0,75	0,075	0,75		

Таблица 3

Общий поток выделяемых газов с поверхности шахты при эндогенном пожаре

Выделившийся газ	Значение общего удельного потока, м ³ /с	Валовый выброс, т/год
CO	7,045	4856,5
H ₂	8,838	437,6
CH ₄	119,05	48806,7

Исходя из анализа, что количество эндогенных пожаров на территории Кузбасса насчитывается около двадцати, следует вывод, что в течение года, масса выделяемых газообразных веществ, с территорий где происходит эндогенный пожар, может быть следующая: оксида углерода – около 21000 тонн, водорода – около 19000 тонн, метана – около 211000 тонн.

Также, по итогам проведенных исследований, были сделаны следующие выводы:

1. Анализ выбросов, производимых с шахт в течение десяти лет, показал, что основное влияние на загрязнение воздуха окружающей среды имеют выбросы метана (54 %). Далее, по степени загрязнения, располагаются выбросы угарного газа (22 %), диоксида серы (8 %) и диоксида азота (6 %).

2. В Кемеровской области, на угольных шахтах, в данный момент, насчитывается около двадцати эндогенных пожаров.

3. Анализ выделения газов с поверхности шахт показал, что в течение года в среднем от эндогенного пожара на шахте может быть выделено около 56000 тонн опасных газообразных веществ. В связи с этим, в течение года, на территории Кузбасса, может быть выделено около 250000 тонн этих веществ, которые составляют около 19 % от учтенных выбросов, производимых от источников загрязнения атмосферы.

Вывод: в данном исследовании на примере одной из шахт Кемеровской области была определена структура и количество выбросов, производимых при самовозгорании угля в шахтах, и последующем развитии эндогенного пожара. Исследование показало, что эндогенные пожары оказывают влияние на загрязнение окружающей среды, в частности путем выделения метана, оксида углерода и водорода. Это необходимо учитывать, при оценке загрязнений окружающей среды от шахт, и указывает на принятие необходимых мер и совершенствование уже существующих противопожарных систем в шахтах, чтобы исключить (или минимизировать) случаи возникновения эндогенных пожаров. Результаты исследований можно использовать для оценки общих выбросов, производимых с горнодобывающих предприятий, для учета количества данных выбросов, и принятия мер по снижению количества выбросов в окружающую среду.

Список использованных источников:

1. Захаров Е.И. Оценка опасности самовозгорания угля на ранней стадии процесса низкотемпературного окисления / Е.И. Захаров, Д.Д. Малахова // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2015. - № 1. – С. 22–30.
2. Качурин Н.М. Методика прогнозирования экологических последствий подземной добычи угля в России / Н.М. Качурин, В.И. Ефимов, С.А. Воробьев // Горный журнал. – 2014. – №9. – С. 138–142.
3. Zhu H.-Q. Goaf zone division and index gases of residual coal spontaneous combustion prediction / H.-Q. Zhu, B.-F. Gu, Z. Zhang // Metallurgical and Mining Industry. – 2015. – Vol. 7. – Is.2. – P. 316–327.
4. Домрачев А.Н. Использование явления низкотемпературной эманации индикаторных газов при прогнозировании самовозгорания угля / А.Н. Домрачев, В.Г. Криволапов, Д.Ю. Палеев [и др.] // Научные технологии разработки и использования минеральных ресурсов. – 2014. – № 1. – С. 315–319.
5. Cygankiewicz J. Determination of Critical Conditions of Spontaneous Combustion of Coal in Longwall Gob Areas / J. Cygankiewicz // Archives of Mining Sciences. – 2015. – Vol.60. – Is.3. – P. 761–776.
6. Чубаров Б.В. Современный способ обнаружения ранних стадий самовозгорания угля по выделению радона / Б.В. Чубаров, О.В. Чижов, О.С. Токарев [и др.] // Безопасность труда в промышленности. – 2014. - № 9. – С. 59–62.
7. Burchart-Korol D. Model of environmental life cycle assessment for coal mining operations / D. Burchart-Korol, A. Fugiel, K. Czaplicka-Kolarz [et al.] // Science of the Total Environment. – 2016. – Vol. 562. – P. 61–72.
8. Sechman H. Distribution of methane and carbon dioxide concentrations in the near-surface zone and their genetic characterization at the abandoned «Nowa Ruda» coal mine (Lower Silesian Coal Basin, SW Poland) / Sechman H., Kotarba M.J., Fiszer J., Dzieniewicz M. [et al.] // International Journal of Coal Geology. – 2013. – Vol. 116–117. – P. 1–16.