УДК 658.284/3:681.5

А.В. Ремезов, Г.В. Леонов, Е.В. Сыпин, А.М. Белоусов, А.Н. Кирпичников, В.Г. Харитонов, Ю. А.Шевелев

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ И ПОДАВЛЕНИЯ НАЧАЛЬНОЙ СТАДИИ РАЗВИТИЯ ДЕФЛАГРАЦИОННЫХ ВЗРЫВОВ НА БАЗЕ ПИРОМЕТРИЧЕСКОГО ДАТЧИКА В ПОТЕНЦИАЛЬНООПАСНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ И СИСТЕМАХ УГОЛЬНЫХ ШАХТ

Несмотря на значительный прогресс, достигнутый в развитии общества практически во всех сферах деятельности человека, проблема энергетического обеспечения цивилизации решается практически так же, как и сотни лет назад. Основным способом получения энергии по-прежнему остается сжигание ископаемого топлива, причем в последнее время, отмечается тенденция роста потребления твердых видов такого топлива [1,2]. Но главному достоинству углей – их сравнительно низкой стоимости, сопутствует и главный их недостаток – высокая пожаро- и взрывоопасность.

Сегодня в отрасли идут динамические процессы укрепления компаний, создание современных интегрированных производственных комплексов. Успех предпринятых шагов очевиден. Из глубокого кризиса отрасль вышла на уровень рентабельности, которого не было во времена Советского Союза. Особенно радуют темпы роста производительности труда. Чтобы закрепить успех, достигнутых в отрасли, необходимо снять ряд серьезных проблем, к которым следует отнести:

Первое. Дисбаланс ценовой политики в отношении основных видов топлива: газ и уголь.

Второе. Факторы, сдерживающие рост экспортного потенциала угольной отрасли. Важно помнить, что экспорт – это серьезный источник инвестиций, и компенсатор колебаний на внутреннем рынке угля. Проблема в отсутствии эффективной консолидированной экспортной стратегии, в неумении отечественных производителей выстраивать согласованную ценовую политику.

Четвертое. Недооценка природного фактора разработки угольных стратегий. Необходимо, в том числе и при формировании энергетической стратегии, учитывать природный фактор глобального изменения природного климата [3].

В 2003 г. в России добыто 275,6 млн. т угля, почти на 20 млн. т больше уровня предыдущего года. Добыча угля открытым способом составила 181,5 млн. т, подземным – 94,1 млн. т. Поставки угля и угольной продукции составили 256,47 млн. т. Российским потребителям поставлено 198,35 млн. т, на экспорт – 58,12 млн. т угля (оперативные данные ГП «ЦДУ ГЭК»). Объемы добычи угля в Кузбассе, начиная с 2000 года, значительно возрастают. Если в 1999 г. было добыто 102,2 млн. т угля, то в 2000-м – 115,0, в 2001-м. – 127,7, в 2002-м – 137,7, в 2003 -м – 144,2, в 2004 -м – примерно 158 млн. т.

Как видно из приведенных данных, добыча угля, ее объемы, начиная с 2000 г., возрастают значительными темпами. Главной задачей при этом в настоящее время является разработка мер и конкретных средств, направленных на снижение травматизма в угольной промышленности, в том числе очень важно снизить смертельный травматизм, источником которого являются взрывы газа метана и угольной пыли совместного действия. Решению данной проблемы посвящается изложенная работа.

Для объективной оценки опасности взрывов метана и угольной пыли в шахтах, а также средств борьбы с ними, в результате которой сводятся к минимуму моральные и материальные потери, а в перспективе обеспечивается полное исключение возможности их возникновения, МакНИИ, еще в бывшем СССР, осуществил сбор, анализ и статистическую обработку фактического материала о взрывах (вспышках) и экзогенных пожарах, происшедших на шахтах Минуглепрома СССР за последние 30 лет [4].

Сбор этих данных осуществлялся в 1990 г. с помощью опросных листов, направляемых непосредственно на шахты и производственные объединения, а также путем использования литературных источников и материалов различных организаций.

Полученные данные приведены в табл. 1, из которой видно, что наиболее опасным источником воспламенения взрывчатых пылегазовых смесей в шахтах остаются взрывные работы. При этом причиной 11,1 % аварий явилось выгорание зарядов ВВ, а остальные 35,1 % вспышек (взрывов) - следствие прорыва раскаленных продуктов детонации, взрывания открытых и накладных зарядов ВВ, электродетонаторов и др. Значительное количество взрывов метана и угольной пыли (до 5.8 % всех случаев) при детонации накладных зарядов зарегистрировано главным образом на шахтах Кузбасса.

Второе место по опасности возникновения взрывов занимает фрикционное искрение при работе выемочных, проходческих и буровых машин, а также при обрушении пород кровли в лавах как один из основных источников воспламенения, ини-

Таблица 1

Распределение количества вспышек (взрывов) метана и угольной пыли по основным источникам воспламенения, %

Место вспышки (взрыва)	Взрывные работы	Фрикционное искрение	Аварии электрооборудования	Эндогенные пожары	Курение	Сварочные работы	Прочие источники
Очистные забои	34,2	45,3	14,9	3,2	0,9	0	1,5
Тупиковые забои подготовительных выработок	74,1	10,1	11,8	1,2	1,4	0	1,4
Действующие участки и общешахтные выработки	20,1	9,6	37,3	6,2	7,7	13,4	5,7
Выработки шахты в целом	46,2	26,1	17,8	3,0	2,3	2,4	2,2

цировавший соответственно 21,2; 1,3; 3,3 и 0,3 % (всего 26,1 %) всех зарегистрированных за рассматриваемый период случаев вспышек (взрывов) на шахтах [10,11]. При этом необходимо отметить, что если в очистных забоях в развитые взрывы переходит всего до 1,5 % локальных вспышек метана, инициированных фрикционными искрами при работе выемочных машин, то в подготовительных во взрывы метана и угольной пыли перерастает до 20 % вспышек при работе проходческих комбайнов.

Существенную опасность представляют такие источники воспламенения, как самовозгорание угля в целиках (эндогенные пожары), сварочные работы и курение.

Среди прочих источников воспламенения взрывчатых пылегазовых смесей в шахтах следует особо отметить пожары на конвейерах (загорания приводов, турбомуфт и конвейерных лент). Поэтому выработки, оборудованные конвейерным транспортом, особо опасны в отношении возникновения и распространения по ним взрывов угольной пыли.

В подавляющем большинстве случаев (88 %) принимающая участие во взрыве угольная пыль имела выход летучих веществ долее 20 %, а остальных – от 14 до 20 % [4]. Взрывы с участием угольной пыли с выходом летучих веществ менее 14 % за рассматриваемый период не зарегистрированы.

Приведенные факты показывают, что проблема возникновения взрывов актуальна и по сей день. Что подтверждается рядом аварий произошедших в последнее время.

В результате выполнения производственных процессов в горных выработках шахт образуется характерная воздушная среда, которую называют рудничной (шахтовой) атмосферой, состоящей из атмосферного воздуха, природных газов (метан, углекислый газ, сероводород и др.), технологических газов (продукты взрываемых работ, газы, выделяющиеся в зарядных камерах и при работе двигателей), угольной и породной пыли.

Природные и технологические газы, выделяющиеся в шахтах и рудниках, получили название рудничных газов.

Рудничные газы подразделяются на токсичные, взрывоопасные и инертные. Наиболее опасным является газ метан.

Метан – газ без цвета и запаха с плотностью при нормальных условиях 0,716 кг/м^3. При содержании в воздухе до 4-6 % горит почти бесцветным пламенем. Взрывается при объемной концентрации в воздухе от 4,9 до 15,4 %. Наиболее легко воспламеняемая объемная доля (концентрация) – 8 %. Наибольшей силы взрыв метана достигает при объемной доле, равной 9,5 %. Если в атмосфере кроме метана присутствуют другие взрывчатые газы (водород, этан и др.), то нижний предел взрывчатости смеси (%) определяют по формуле:

$$\overline{p}_н = 100 \Big/ \sum_{i=1}^{n} \frac{c_i}{\overline{p}_i}$$

где c_i – объемная доля i –го каждого из n горючих компонентов в газовой смеси при условии, что их суммарное содержание в смеси равно 100%; $\overline{p}_1, \overline{p}_2, ..., \overline{p}_n$ – нижние пределы взрывчатости каждого из компонентов, %.

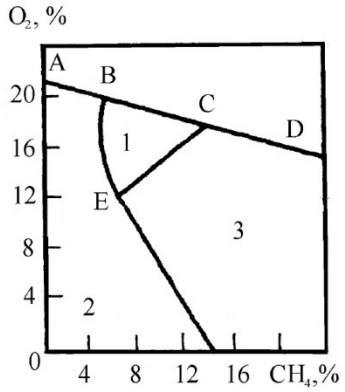

Рис. 1. График взрывчатости метановоздушных смесей в зависимости от концентрации кислорода и метана в шахтной атмосфере:
1 – взрывчатая смесь; 2 – невзрывчатая смесь; 3 – смесь, которая становится взрывчатой при разбавлении воздухом

Взрывчатость метановоз-

душных смесей при атмосферном давлении определяют по графику (рисунок 1). Точка А характеризует содержание кислорода в атмосферном воздухе, точки В и С – соответственно, нижний и верхний пределы взрывчатости метановоздушной смеси. Точка Е соответствует нижнему пределу взрывчатости смеси по кислороду. Все точки ниже линии ABCD характеризуют горючие и взрывчатые смеси метана с кислородом воздуха. Линии ВЕ соответствует нижнему пределу взрывчатости смеси, СЕ – верхнему. Смеси в области 1 являются взрывчатыми, в области 2 – горючими при наличии источника тепла, области 3 – горючими и взрывчатыми при добавлении кислорода. В области, лежащей выше линии AD, метановоздушную смесь приготовить нельзя. Треугольник СВЕ называют треугольником взрывчатости метановоздушных смесей. Например, при концентрации метана 8 % и кислорода 16 % метановоздушная смесь является взрывчатой, а при концентрации кислорода 8 % – невзрывчатой.

Увеличение температуры ведет к уменьшению нижнего предела взрывчатости метановоздушной смеси. При температуре 400ºС этот предел равен 3%. При насыщении метановоздушной смеси водяными парами предел ее взрывчатости снижа-ется. Увеличение запыленности шахтной атмосферы с 5 до 30 г/м^3 уменьшает нижний предел взрывчатости с 3 до 0,5%. При этом энергия воспламенения пылегазовой смеси увеличивает-ся в 100-300 раз по сравнению с метановоздушной смесью. При соприкосновении с источником тепла метан воспламеняется не сразу, а с некоторым запаздыванием. При температуре воспламенителя 650ºС запаздывание составляет 10 с, при температуре 1000 ºС – 1 с. Время запаздывания носит название индукционного периода.

Например, взрывчатые разложения ВВ (тысячные доли секунды) заканчиваются раньше, чем начинается взрыв метана.

Метан содержится в угольных пластах и вмещающих породах. При ведении горных работ метан выделяется в выработки из разрабатываемых и надрабатываемых угольных пластов, вмещающих пород и выработанных пространств. Интенсивность метановыделения из угольных пластов и пород определяется газоносностью, давлением, температурой, а также проницаемостью, пористостью, газоотдающей способностью, газоемкостью угля и породы, строением пласта и технологией ведения горных работ.

С увеличением стратиграфической глубины залегания пласта и степени метаморфизма метаноносность его в целом растет.

Метаноносность пласта (м^3/т г.т.) с глубиной изменяется по гиперболическому закону

$$x_{пл} = \frac{c(H - H_м)}{1 + b(H - H_м)},$$

где c, b – постоянные для данного пласта коэффициенты; H – глубина залегания пласта, м; $H_м$ - глубина границы (поверхности) метановой зоны, м.

Связь газоносности со степенью метаморфизма угля носит более сложный характер. Максимальной метаноносностью обладают низкометаморфизированные антрациты. Угли с выходом летучих от 4,5 до 24 % имеют метаноностность свыше 20 м^3/т г.м. с выходом летучих 4-4,5 и 24-45 % от 10 до 20 м^3/т г.м.

Управляют метановыделением в горные выработки путем: выбора рациональной схемы проветривания выемочного участка, от которой существенно зависит его газовый баланс.; способа управления кровлей, от которого зависит уровень метановыделения из сближенных пластов и вмещающих пород; порядка отработки пластов в свите; регулирования интенсивности очистной выемки угля; подводу к источникам интенсивного выделения метана подсвежающих струй воздуха; изолированного отвода метановоздушных смесей через специальные дренажные выработки; дегазации источников выделения метана и т.д.

Безопасность производства горных работ обеспечивается определенными нормативами, которые нашли отражение в основном документе «Правила безопасности угольных шахтах» (ПБ 05-618-03), Москва, 2003 г., а также в виде специальных приложений к ним. В приложениях наиболее подробно отражены конкретные нормативы, исключающие или предупреждающие опасные проявления при производстве горных работ.

В разделе 3 «Проветривание горных выработок и пылегазовый режим «Правил безопасности в угольных шахтах», конкретно в подразделе 3.2. «Дополнительные требования для шахт, опасных по газу» и 3.3. «Борьба с пылью» рассмотрены конкретные меры по предупреждению вспышек и взрывов, как газа метана, так и угольной пыли [20].

Шахтная пыль – совокупность тонкодисперсных минеральных частиц, образующихся из ископаемого угля и пустой породы и находящихся во взвешенном или осевшем состоянии в горных выработках. Размеры частиц пыли в поперечнике изменяются от 1 мм до долей микрона. Взвешенные частицы пыли образуют дисперсную систему, называемую пылевым аэрозолем. В этой системе воздух является дисперсной средой, а витающая в нем пыль – дисперсной фазой. Осевшую на почву, кровлю, стенки горных выработок пыль называют аэрогелем. При измельчении твердого вещества в пыль происходит значительное увеличение площади его поверхности.

По крупности пыль делят на три класса. К первому классу относят пыль с размерами частиц более 10 мкм. Такие части-

цы сравнительно быстро оседают на почву и бока выработки и составляют основную массу осевшей пыли. Второй класс включает пыль с размерами частиц от 10 до 0,1 мкм. Эти частицы находятся продолжительное время во взвешенном состоянии и переносятся на большие расстояния вентиляционными потоками воздуха по горным выработкам. К третьему классу относят пыль с размерами частиц менее 0,1 мкм, которая практически не оседает из воздуха. Пыль второго и третьего классов, находящуюся в воздухе во взвешенном состоянии, называют *витающей.*

Количественное отношение фракций разной крупности в пыли называют ее *дисперсным составом.*

Шахтная пыль образуется в основном при добыче и транспортировании полезного ископаемого, отбойке горных пород, погрузке и транспортировании горной массы, бурении шпуров и скважин и др.

Содержание пыли по массе или числу частиц в единице объема воздуха называют *концентрацией* и выражают в граммах или миллиграммах на 1 $м^3$ аэрозоля.

Запыленность атмосферы шахт зависит от удельного пылевыделения, которое определяется после разрушения угля по суммарному содержанию частиц размером менее 70 мкм, способных временно или постоянно находится во взвешенном состоянии.

Данные о продолжительности осаждения в спокойном воздухе частиц пыли, находящихся на расстоянии 1 м от почвы, приведены ниже.

Диаметр частиц, мкм

100 10 5 1 0,5 0,2

Продолжительность осаждения пыли

1,3 с 2,2 мин. 9 мин.

3 ч 11 ч 46 ч

Угольная пыль обладает *взрывчатыми свойствами*. При наличии источника воспламенения вначале воспламеняются летучие горючие вещества, выделенные при нагревании из пылинок, а затем загораются твердые остатки пыли. К опасным по взрыву пыли относят пласты угля и горючих сланцев с выходом летучих веществ 15 % и более, а также пласты угля, взрывчатость пыли которых установлена лабораторными испытаниями.

Взрыв угольной пыли имеет ряд особенностей по сравнению со взрывом метана. Взрыву пыли предшествуют накопления тепла в результате реакции окисления и образование газообразных продуктов. Облако угольной пыли способно самозаряжаться электричеством вследствие трения пылинок друг о друга и разряжаться с появлением искр, которые могут воспламенить пыль. При взрыве угольной пыли образуется много оксида углерода, тогда как при взрыве метана – преимущественно диоксид углерода и другие газы. Температура воспламенения угольной пыли 700-800ºС. При сгорании 1 кг угольной пыли выделяется около 34 МДж тепла.

Основными факторами, оказывающими влияние на взрывчатость угольной пыли, являются: выход летучих веществ, дисперсность, состав шахтной атмосферы, зольность угля, массовая концентрация пыли. Во взрыве участвует пыль с размером частиц менее 100 мкм.

Так как отложившаяся в выработках пыль потенциально взрывчата, существует нижний предел взрывоопасной запыленности выработок, при котором поднявшаяся в воздух пыль образует концентрацию пылевого аэрозоля 70-100 $г/м^3$. При наличии в шахтной атмосфере метана степень взрывчатости пыли повышается :

Содержание метана в воздухе, %..... 0,5 1 1,5 2 2,5 3 .

Нижний предел взрывоопасной концентрации пыли, $г/м^3$…… ..

30 25 15 10 8 5 .

Нижний предел взрывчатости взвешенной угольной пыли при концентрации метана 1 % колеблется для различных пластов и марок углей от 5 до 100 $г/м^3$. верхний предел взрывной концентрации пыли в шахтном воздухе может достигать 2-3 $кг/м^3$. наибольшую силу взрыв шахтной пыли имеет при концентрации 300-400 $г/м^3$.

Повышение зольности угольной пыли способствует снижению ее взрывчатости.

Угольная пыль не взрывается при содержании в ней 60-70 % золы или инертных частиц. Рост влажности также снижает взрывчатость угольной пыли. При влажности 20 % и более осевшая пыль не переходит во взвешенное состояние и не может участвовать в создании взрывоопасных концентраций.

Наиболее частой причиной воспламенения пыли является взрыв метана и взрыв или выгорание ВВ. Взрывчатость пыли устанавливают лабораторным анализом. Если пыль взрывчата, то такой пласт относят к опасным по пыли, и шахту переводят на пылевой режим.

Мероприятия по предотвращению и локализации взрывов угольной пыли делят на три группы: препятствующие образованию появления источников воспламенения пыли и пылевого облака; препятствующие появлению источников воспламенения пыли; локализующие взрыв (ограничивающие его распространение).

Мероприятия по локализации взрывов угольной пыли основаны на применении инертной пыли или воды с целью ограничения зоны распространения взрыва. К ним относят осланцевание выработок, применение сланцевых или водяных заслонов.

Выработка шахты должна быть оснащена взрыволокализующими заслонами (основными и вспомогательными), количество которых устанавливается в зависимости от степени развития горных работ в шахте [5, 6]. К основным средствам локализации относятся концентриро-

ванные сланцевые или водяные заслоны, к вспомогательным – заслоны с пониженной нагрузкой, рассредоточенные заслоны и автоматические системы. Автоматические системы локализации взрывов метана и угольной пыли в начальной стадии их возникновения устанавливаются в забоях и сети горных выработок, на сопряжениях лав со штреками и местах установки электрооборудования в участковых выработках, их количество определяется проектом в зависимости от степени развития горных работ [12, 13].

Все конструкции существующих заслонов как сланцевых, так и водяных не позволяют ликвидировать взрыв газа метана, угольной пыли или обоих одновременно на начальной стадии развития взрыва, они предназначены только для предотвращения дальнейшего распространения взрыва, да и то не всегда эффективно. Взрыв возник, развилась ударная волна, в результате этого разрушаются горные выработки, гибнут люди.

Не подавляет развитие взрыва на начальной стадии и созданное в последнее время устройство АСВП-ЛВ. Оно выполняет также функции защиты, что и заслоны.

Как известно, для начала процесса взрыва необходимо два условия: появление взрывчатой среды и наличие инициатора взрыва (источника воспламенения). Только в некоторых, особых случаях (например, для ацетилена) возможен самопроизвольный взрывной распад горючего без посторонних источников воспламенения.

В большинстве практических случаев системы предотвращения взрывов основаны на строгой регламентации допустимых безопасных концентраций взрывчатых газов в атмосфере горных выработок, промышленных зданий и сооружений и на применении искробезопасного и взрывобезопасного оборудования. Величина концентраций газа, пара и взвеси в воздухе, которые можно считать безопасными приводит В.Т. Монахов [7,8].

Как показали исследования [8], для аварийных условий горных выработок предельно допустимая концентрация метана в шахтной атмосфере может быть принята равной 2 %, что соответствует общепринятому НКП 5 % при $K_{без} = 2,5$.

Если взрыв не удалось по каким-либо причинам предотвратить, то его необходимо подавить. До настоящего времени известны системы подавления взрывов на начальной стадии относительно небольших объемов: в технологическом оборудовании, самолетных баках с горючим, неразвившиеся взрывы пылевоздушных и метанопылевоздушных смесей в горных выработках (до скорости распространения взрыва 2,5 м/с) [9]. Удобные системы подавления взрывов на начальной стадии в больших объемах подземных выработок пока неизвестны. Создание систем подавления взрывов на начальной стадии в больших объемах наталкивается на многие технические трудности, к которым в первую очередь следует отнести необходимость очень высокого быстродействия сигнализирующей, анализирующей и срабатывающей системы.

При всех конструктивных отличиях автоматические системы взрывоподавления содержат датчики обнаружения очага воспламенения, усилитель сигналов, поступающих от датчиков, и исполнительное устройство.

Датчик, предназначенный для обнаружения очага воспламенения и приведения в действие взрывоподавительных устройств, является одним из основных элементов системы автоматической защиты. В комплексе с усилителем сигнала датчик должен удовлетворять следующим требованиям:

- высокая чувствительность, достаточная для обнаружения излучения от очага горения в запыленной атмосфере;
- высокая помехозащищенность;
- способность воспринимать как быстрое, так и медленное увеличение интенсивности свечения;
- уровень выходного сигнала должен быть достаточен для преобразования и подачи в логическое управляющее устройство;
- постоянная времени – не более 5 мс;
- ударная прочность, позволяющая выдерживать значительные ускорения;
- низкие уровни напряжения питания и потребляющей мощности, обеспечивающие искробезопасные параметры.

Наиболее полно требованиям малой инерционности отвечают оптические датчики обнаружения очага загорания. Обнаружение загораний по их излучения практически реализуемо лишь при пламенном горении горючих материалов [14, 15, 16, 17, 18].

Газодисперсные системы имеют большую поглощающую способность, что усложняет применение оптических датчиков. На качество работы оптических датчиков оказывают влияние расстояние от датчика до точки возгорания и оптические свойства среды. Для уменьшения влияния этих факторов на работу датчика обнаружения возгорания, в качестве оптического датчика предложено использовать пирометрический датчик спектрального отношения. Температура спектрального отношения не зависит от поглощающих свойств среды, если они не вносят изменений в спектр излучения.

Взрывоподавляющие устройства, предназначенные для установки и эксплуатации в горных выработках, должны удовлетворять следующим основным требованиям:

– максимальное быстродействие;

– обеспечение заданной

протяженности зоны взрывоподавления;

– создание однородной взрывозащитной среды по всему поперечному сечению выработки на участке взрывоподавления;

– создание однородной взрывозащитной среды по всему поперечному сечению выработки на участке взрывоподавления;

– минимальные габариты и масса, удобство в эксплуатации;

– достаточная механическая прочность, обеспечивающая работоспособность при разлете взорванной горной массы.

Заключение

На основании вышеизложенного можно сформулировать принципиальные требования к системе защиты от взрыва МВС и МВС плюс угольная пыль:

- время полного принудительного взрывания – не более 0,05 с. Данное требование для средств обнаружения систем ППЗ и ВП, следует считать основным;
- химический компонент, используемый в качестве агента подавления пламени, должен быстро разлагаться (испарятся), эффективно отводя тепло от фронта пламени, а также обладать свойствами ингибитора химической реакции горения;
- должна обеспечиваться стопроцентная взрывоподавляющая концентрация химического агента по всему защищаемому объему. Это требование подтверждают исследования, проведенные в [18], которые доказывают, что процесс подавления взрыва носит отчетливо «пороговый» характер: если не достигнута стопроцентная взрывоподавляющая концентрация взрывоподавляющего агента по всему защищаемому объему – взрыв проходит без всякого ослабления его разрушительной силы (даже если достигнуто 90 % концентрации!);
- высокая помехозащищенность (от электромагнитных и электрических импульсных помех);
- повышенная пыле- и влагозащищенность;
- устойчивость к механическим вибрациям;
- устойчивость к воздействию воздушных потоков;
- вандалоустойчивость;
- датчик обнаружения начала возгорания или взрыва должен обладать низкой инерционностью (не более 10 мс), высокой селективностью и чувствительностью; указанные качества не должны зависеть от расстояния до месторасположения области воспламенения [17].

Сотрудниками Бийского технологического института, лабораторией методов и средств цифровой обработки информации разработан пирометрический датчик ПДПС-0,001, который защищен патентом [17].

Авторы данной статьи в настоящее время ведут разработку устройства способного подавлять взрыв на его ранней стадии возникновения.

Работа финансируется за счет средств Федерального агентства по энергетике.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Проблема раннего обнаружения очагов пожаров и взрывов угольной пыли [Текст] / Д.М. Захаренко // Мат Всерос. науч.-практ. конф. «Проблемы использования канско-ачинских углей на электростанциях», 21-23 ноября 2000, Красноярск : 2000. – С. 141-149

2. «Энергетическая стратегия России на период до 2020 года».

3. Выступление Президента России В.В. Путина на Государственном Совете РФ по вопросам государственной политики развития угольной отрасли / Уголь. – 2004. – № 4. – С. 3.

4. *Топольский Н.Г.* Основы автоматизированных систем пожаровзрывобезопасности объектов [Текст]. – М. : МИПБ МВД РФ, 1997.

5. *Нецепляев М.И., Любимова А.И., Петрухин П.М. и др.* Борьба со взырвами в угольных шахтах [Текст]. – Недра, 1992. – 298с.:илл.

6. *Шаровар Ф.И.* Методы раннего обнаружения загораний [Текст]. – М.: Стройиздат, 1988. – 366 с.

7. *Монахов В.Т.* Методы исследования пожарной опасности веществ [Текст]. – 2-е, перераб. изд. – М. : «Химия», 1979. – 424 с.

8. *Осипов С.Н.* Борьба с газом на угольных шахтах при авариях [Текст]. – Киев : «Техника», 1969.

9. *Scholl T. W.* Losmittel – Explosionssperre zur Verhin-derung der Fortflanzung von schlagwetter nud Kohlenstau – bex-plosionen/ - «Bergbauwissen schaften», 14, 1967.

10. Средства предотвращения воспламенений метана фрикционными искрами при работе горных машин [Текст]. / Н.Г. Кочерга, В.П. Котиков, В.К. Подвойский // Уголь Украины. – 1981. – № 1. – С. 25-26.

11. *Кочерга Н.Г., Пилипенко В.В.* О параметрах взрывозащитного орошения горных машин [Текст] / Безопасная эксплуатация электромеханического оборудования в шахтах. – Макеевка : изд. МакНИИ, 1983.

12. Временное руководство по оборудованию и эксплуатации заслона для автоматического взрывоподавления АВП-1 [Текст]. – Макеевка : изд. МакНИИ, 1986.

13. Система локализации взрывов автоматическая (СЛВА) [Электронный ресурс]. – Государственный Макеевский НИИ по безопасности работ в горной промышленности. – Режим доступа: http://maknii.makeevka.com:8101.

14.Устройство регистрации распределяющего пламени в шахтных выработках «Сигнал-Ш» [Электронный ресурс] / Устройства оперативного автоматического контроля и управления процессами топливосжигания, предотвращения пожаров и взрывов. – НТО «ПИОКОН» - Режим доступа: http://shh.boxmail.biz/cgi-bin/guide.pl?id_razdel=45718&action=article.

15.Извещатели пожарные пламени инфракрасные многодиапазонные [Электронный ресурс]. – ОАО НИИ ГИРИКОН. – Режим доступа: http://girikond.spd.ru/izvech/html.

16.Извещатели пожарные пламени инфракрасные серии МДП-2АСТ [Электронный ресурс] – Продукция НПП «Каспо». – Режим доступа: http:www.kaspo.scn.ru/product.htm/

17. Home Security – Burglar Alarms, security alarms, and securitysystems [Электронный ресурс]. – Bass Home Ekectronics. – Режим доступа: http:www.basshome.com./.

18. Можем ли мы остановить взрыв в шахте? [Текст] / М. Краснянский // Общественный научно-производственный журнал «ВСЁ». – 2001. – № 6(21). – С. 33.

19. Пирометрический датчик пожарной сигнализации / Патент РФ № 2109345 от 20.04.1998. / Г.В. Леонов, Ю.Л.Станкевич, С.И. Каширин.

20. Правила безопасности в угольных шахтах (ПБ 05-618-03). Серия 05. Выпуск 11. [Текст] / Колл. Авт. – М.:Государственное унитарное предприятие «Научно-технический центр по безопасности промышленности Госгортехнадзора России», 2003. – 296 с.

Авторы статьи:

Ремезов Анатолий Владимирович – докт.техн.наук, проф. каф. разработки месторождений полезных ископаемых подземным способом

Леонов Геннадий Валентинович – докт.техн.наук, проф. Бийского технологического института (филиал ГОУ ВПО АГТУ им. И.И. Ползунова)

Белоусов Александр Михайлович – докт.техн.наук, проф. Бийского технологического института (филиал ГОУ ВПО АГТУ им. И.И. Ползунова).

Сыпин Евгений Викторович – канд.техн.наук, доц. Бийского технологического института (филиал ГОУ ВПО АГТУ им. И.И. Ползунова)

Кирпичников Андрей Николаевич – аспирант Бийского технологического института (филиал ГОУ ВПО АГТУ им. И.И. Ползунова)

Харитонов Виталий Геннадьевич – канд.техн.наук, генеральный директор ОАО «Шахта «Заречная».

Шевелев Юрий Анатольевич - канд. техн. наук, доц. каф. разработки месторождений полезных ископаемых подземным способом