

# ОБНАРУЖЕНИЕ И ПОДАВЛЕНИЕ ВЗРЫВА

## метана и угольной пыли на начальной стадии его развития

**РЕМЕЗОВ Анатолий Владимирович**

Профессор кафедры РМПИ КузГТУ  
Академик Академии инженерных наук  
им. А.М. Прохорова  
Доктор техн. наук

**ШЕВЕЛЕВ Юрий Анатольевич**

Доцент кафедры РМПИ КузГТУ  
Канд. техн. наук

**ЛЕОНОВ Геннадий Валентинович**

Ректор Бийского технологического института  
Доктор техн. наук, проф.

**СЫПИН Евгений Викторович**

Заместитель проректора по научной работе  
Доцент Бийского технологического института  
Канд. техн. наук

**БЕЛОУСОВ Александр Михайлович**

Проректор по научной работе Бийского  
технологического института  
Член-корр. Академии инженерных наук  
Доктор техн. наук, проф.

**КИРПИЧНИКОВ Андрей Николаевич**

Аспирант Бийского технологического  
института

**ХАРИТОНОВ Виталий Геннадьевич**

Генеральный директор ОАО «Шахта  
«Заречная»  
Канд. техн. наук

В связи с истощением запасов газа и нефти основная стратегия энергетической политики России до 2020 г. строится на увеличении добычи угля и его использования для получения различных видов энергии. Но, несмотря на определенную ценность, углю присущи и очень серьезные недостатки – высокая пожаро- и взрывоопасность

В течение многих лет институты, занимающиеся безопасностью труда в горной промышленности – МакНИИ и ВостНИИ, изучали случаи возникновения взрывов газа метана и угольной пыли. В результате проведенных исследований было выявлено, что наиболее опасным источником воспламенения взрывчатых пылегазовых смесей в шахтах являются взрывные работы. На втором месте по опасности возникновения взрывов находится фрикционное искрение при работе выемочных, проходческих и буровых машин. Также существенную опасность представляют такие источники воспламенения, как самовозгорание угля в различных целиках (эндогенные пожары), сварочные работы и курение. Среди прочих источников воспламенения взрывчатых пылегазовых смесей в шахтах следует особо отметить пожары на конвейерах. Поэтому выработки, оборудованные конвейерным транспортом, особо опасны в отношении возникновения взрывов угольной пыли.

В подавляющем большинстве исследуемых случаев угольная пыль имела выход летучих веществ более 20 %, а в остальных случаях – от 14 до 20 %. Взрывы с участием угольной пыли с выходом летучих веществ менее 14 % за рассматриваемый период не зарегистрированы. Приведенные факты [1] показывают, что проблема возникновения взрывов метана и угольной пыли актуальна и по сей день.

Как известно для возникновения и развития взрыва необходимы два условия: возникновение взрывчатой среды и инициатора взрыва (источника воспламенения). Существующая в настоящее время система предотвращения взрывов в угольных шахтах в первую очередь основана на строгой регламентации достижимых безопасных концентраций метана и отложений угольной пыли в горных выработках, обусловленных нормативными документами, в частности Правилами безопасности в угольных шахтах [2].

Следующим направлением предотвращения взрывов в угольных шахтах является применение специального искробезопасного оборудования. Если взрыв не удалось по каким-либо причинам предотвратить, то его дальнейшее распространение необходимо подавить. Для повышения степени взрывобезопасности в угольных шахтах параллельно с мероприятиями по предупреждению взрывов Правилами безопасности требуется применение второго вида взрывозащиты, предназначенной для локализации взрывов, т.е. предотвращения распространения их по горным выработкам на значительные расстояния.

В качестве основных технических средств в данном случае требуется применять пассивные водяные или сланцевые заслоны, при помощи которых изолируются наиболее вероятные очаги взрывов в горных выработках угольных шахт, к которым в первую очередь относятся очистные и подготовительные забои. Взрывоподавляющее действие пассивного заслона заключается в создании на пути распространяющегося по выработкам пламени инертной среды, представляющей собой облако диспергированного пламегасящего вещества (воды или инертной пыли).

При анализе произошедших взрывов на шахтах Кузбасса за 2003-2004 гг. [1] выявляется неэффективность действия пассивных заслонов. Основным недостатком действия пассивных заслонов является то, что при возникновении в горной выработке взрыва до его локализации заслоном допускается существенное развитие процесса взрыва.

Как было сказано выше, основным источником гибели людей и разрушения горных выработок являются взрывы метана, угольной пыли или того и другого вместе.

При содержании в воздухе до 4-6 % метан горит почти бесцветным пламенем. Взрывается при объемной концентрации в воздухе от 4,9 до 15,4 %. Наиболее легко воспламеняемая доля (концентрация) – 8 %. Наибольший 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 (%) определяется по формуле

$$\bar{p} = 100(c_1 / \bar{p}_1 + c_2 / \bar{p}_2 + \dots + c_n / \bar{p}_n),$$

где  $c_1, c_2, \dots, c_n$  – объемная доля каждого из  $n$  горючих компонентов в газовой смеси, при условии, что их суммарное содержание в смеси равно 100 %;  $\bar{p}_1, \bar{p}_2, \dots, \bar{p}_n$  – нижние пределы взрывчатости каждого из компонентов, %.

Увеличение температуры ведет к уменьшению нижнего предела взрывчатости метановоздушной смеси. При температуре 400 °С этот предел равен 3 %. Увеличение запыленности с 5 до 30 г/м<sup>3</sup> уменьшает нижний предел взрывчатости с 3 до 0,5 %. При этом энергия воспламенения пылегазовой смеси увеличивается в 100-300 раз по сравнению с метановоздушной смесью. Температура воспламенения метана – 700-800 °С.

При соприкосновении с источником тепла метан воспламеняется не сразу, а с некоторым запаздыванием. При температуре воспламенения 650 °С запаздывание составляет 10 с, при температуре 1 000 °С – 1 с. Время запаздывания носит название индукционного периода.

Шахтная пыль – совокупность тонкодисперсных частиц, образующихся из угля и пустой породы, и находящихся во взвешенном или осевшем состоянии. Размеры частиц пыли в поперечнике изменяются от 1 мм до долей микрона. Взвешенные частицы пыли образуют дисперсную систему, называемую пылевым аэрозолем.

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. Взрыв угольной пыли имеет ряд особенностей по сравнению с взрывом метана. Взрыву пыли предшествует накопление тепла в результате реакции окисления и образования газообразных продуктов. Облако угольной пыли способно самозарядиться электричеством вследствие трения пылинок друг о друга и разрядиться с появлением искр, которые могут воспламенить пыль. При взрыве угольной пыли образуется много окиси углерода, тогда как при взрыве метана – преимущественно двуокись углерода и другие газы. Температура воспламенения угольной пыли составляет – 700-800 °С. При сгорании 1 кг угольной пыли, выделяется около 34 МДж тепла. Во взрыве участвует пыль с размером частиц менее 100 мкм. Температура воспламенения метана 700-800 °С, теплота сгорания при 0 °С и постоянном объеме – 55,6 МДж/кг.

При наличии в шахтной атмосфере метана степень взрывчатости угольной пыли повышается.

| Содержание метана в воздухе, %                                  | 0,5 | 1  | 1,5 | 2  | 2,5 | 3 |
|---|-----|----|-----|----|-----|---|
| Нижний предел взрывоопасной концентрации пыли, г/м <sup>3</sup> | 30  | 25 | 15  | 10 | 8   | 5 |

Наибольшую силу взрыв шахтной пыли имеет при концентрации 300-400 г/м<sup>3</sup>. Разработкой конструкций автоматических заслонов давно занимаются во многих странах. Впервые в мировой практике автоматический заслон был разработан МакНИИ в 1980-х гг. [3, 4]. Для подачи в кратчайшее время ингибитора в зону взрыва в них использовались различные источники энергии. Наиболее эффективной для диспергирования ингибитора является энергия взрыва заряда ВВ. при этом достигается минимальная инерционность устройства. Но и этому источнику энергии присущ серьезный недостаток – травмоопасность для находящихся вблизи устройства людей. Кроме того, их запуск осуществляется с помощью электродетонаторов, которые чувствительны к ударам и толчкам, что может стать источником ложного срабатывания.

Интенсивно ведутся работы по поиску наиболее эффективных ингибиторов. В результате исследований ингибиторы можно распределить в определенной последовательности: инертная пыль, пыль ракушечника, трехфтористый бромметанат, двухфтористый хлорбромметанат, бикарбонат натрия, хлорид натрия, бикарбонат калия, хлорид калия, смесь бикарбоната калия с мочевиной. Последняя в 18 раз эффективнее инертной пыли.

Главным звеном предлагаемой к разработке системы раннего обнаружения и подавления взрыва газа метана, угольной пыли и их обоих вместе является датчик обнаружения воспламенения того или иного или общей смеси. Датчики обнаружения всплеск различных горючих смесей в основном разрабатывались для их применения в противопожарном деле и, естественно, они не пригодны для применения в шахтных условиях [5, 6].

Наиболее полно требованиям малой инерционности отвечают оптические датчики обнаружения очага загорания. Газодисперсные системы имеют большую поглощающую способность, что усложняет применение оптических датчиков. На качество работы оптических датчиков оказывает 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 было предложено использовать пирометрический датчик спектрального отношения. Температура спектрального отношения не зависит от поглощающих свойств среды, если они не вносят изменений в спектр излучений.

Конструкция такого датчика [7] разработана, запатентована, и изготовлен опытный образец (см. рисунок).

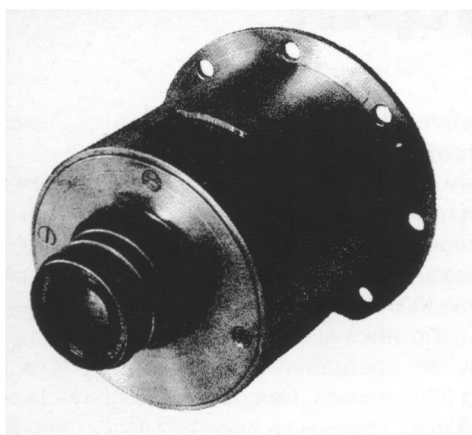
Пирометрический датчик пожарной сигнализации предназначен для регистрации возгораний и взрывов на ранней стадии их возникновения. Основу прибора составляет пирометр спектрального отношения, использование которого позволяет уменьшить влияние расстояния до возгорания и оптических свойств среды на достоверность определения возгорания.

Датчик обладает высокой помехозащищенностью, повышенной пыле- и влагозащищенностью, устойчив к механическим вибрациям и к воздействиям воздушных потоков.

Использование данного датчика ПДПС (пирометрический датчик противопожарной системы) в совокупности с быстродействующей системой передачи сигнала и устрой-

## Техническая характеристика пирометрического датчика

|   |                        |
|---|------------------------|
| Время полного принудительного срабатывания, с, не более                   | 0,001                  |
| Расстояние до объекта измерения (в стандартной комплектации), м, не более | 50                     |
| Потребляемая мощность, Вт, не более                                       | 0,75                   |
| Напряжения питания, В   | +12 ± 10 %, -12 ± 10 % |
| Возможно питание от автономного источника питания или от компьютера       |                        |



Пирометрический датчик пожарной сигнализации

ством мгновенного выбрасывания ингибитора позволит создать систему (устройство) для обнаружения и подавления взрыва на ранней стадии его возникновения.

Встроенный интерфейс RS-232 позволяет настраивать датчик, объединять в АСУ предприятия или подключать к персональному компьютеру. По желанию заказчика устройство может быть дополнительно оснащено любым другим выходом.

## Список литературы

- 1 Нецепляев, М И , Любимова, А И , Петрухин, П М и др Борьба со взрывами в угольных шахтах – М Недра, 1992 – 298 с
- 2 Правила безопасности в угольных шахтах (ПБ 05-618-03) Серия 05 Вып 11 / Колл Авт – М ГУП НТЦ «Промышленная безопасность» Госгортехнадзора России», 2003 – 296 с
- 3 Система локализации взрывов автоматическая (СЛВА) – Макеевка МакНИИ (электронный ресурс) [http //maknii makeevka com](http://maknii.makeevka.com) 8101
- 4 Временное руководство по оборудованию и эксплуатации заслона для автоматического взрывоподавления АВП-1 – Макеевка изд МакНИИ, 1986
- 5 Устройство регистрации распределяющего пламени в шахтных выработках «Сигнал-Ш» /Устройства оперативного автоматического контроля и управления процессами топливосжигания, предотвращения пожаров и взрывов – НТО «ПИОКОН» (электронный ресурс) [http // shh boxmail biz/cgi-bin/guide pl?id\\_razdel=45718&action=article](http://shh.boxmail.biz/cgi-bin/guide.pl?id_razdel=45718&action=article)
- 6 Извещатели пожарные пламени инфракрасные многодиапазонные – ОАО НИИ ГИРИКОН (электронный ресурс) [http //girikond spd ru/izvech/html](http://girikond.spd.ru/izvech/html)
- 7 Пирометрический датчик пожарной сигнализации / Патент РФ № 2109345 от 20 04 1998 / Г В Леонов, Ю Л Станкевич, С И Каширин

## Инженерно-экономический факультет

Инженерно-экономический факультет образован в 1968 г. приказом Министерства высшего и среднего специального образования РСФСР по инициативе Кемеровского облисполкома на базе кафедры «Экономика и организация горной промышленности», входившей в состав шахтостроительного факультета.

В настоящее время факультет возглавляет профессор, доктор технических наук А.И.Шундулиди. В составе факультета работают 9 кафедр, осуществляющие подготовку экономистов по семи специальностям и направлениям:

- Финансы и кредит,
- Экономика и организация строительства,
- Экономическая теория,
- Экономика и организация горной промышленности,
- Экономика и организация машиностроительной промышленности,
- Экономика и организация химической промышленности,
- Бухгалтерский учет и аудит,
- Вычислительная техника и информационные технологии,
- Прикладная математика.

Высокий уровень квалификации профессорско-преподавательского состава (16 докторов наук и 51 кандидат наук) позволяет выпускникам получать качественное образование, быть востребованными на рынке труда и занимать ответственные посты и должности, в том числе и первых руководителей в различных областях производственной, научной и административной деятельности.

Факультет участвует в решении практических проблем экономики Кузбасского региона, проблем горного производства, активно сотрудничая на различной основе со многими предприятиями и организациями. За последние годы оживилась научно-исследовательская работа студентов. Стало уже практикой их активное участие в конкурсах, олимпиадах и конференциях, в том числе и благодаря активной, творческой работе куратора этого направления доцента Н.А. Жерновой.

40 аспирантов очной и заочной форм обучения ведут исследования по наиболее актуальным проблемам жизнедеятельности региона и страны. Факультет принимает непосредственное участие в повышении квалификации руководителей и специалистов. На протяжении ряда лет ведется подготовка управленческих кадров для организаций народного хозяйства РФ в рамках утвержденной Президентской программы. На базе инженерно-экономического факультета действует учебно-методический центр по подготовке и аттестации профессиональных бухгалтеров.