

АВТОМАТИЗАЦИЯ КОНТРОЛЯ АЭРОГАЗОВОЙ ОБСТАНОВКИ В ГОРНЫХ ВЫРАБОТКАХ И ЛОКАЛИЗАЦИЯ ВЗРЫВОВ МЕТАНА И УГОЛЬНОЙ ПЫЛИ

О. И. Кашуба, докт. техн. наук, Ю. А. Иванов, канд. техн. наук (МакНИИ)

Розглянуто автоматизовані системи аерогазового контролю та локалізації вибухів метану і вугільного пилу в гірничих виробках. Запропоновано структуру комплексної системи запобігання вибухам метану та вугільного пилу.

Среди важнейших вопросов обеспечения безопасности труда при ведении процессов угледобычи проблема предотвращения взрывов рудничной атмосферы занимает особое место, так как аварии, связанные со взрывами газа и угольной пыли, обычно сопровождаются групповыми несчастными случаями и огромным материальным ущербом.

Несмотря на осуществленное в 70-х годах оснащение шахт начиная с III категории по газу стационарной автоматической аппаратурой контроля концентрации метана и последующее сокращение добычи угля, частота взрывов метана не снижается. Аппаратура автоматического контроля метана не всегда позволяет своевременно выявить наличие на выемочном участке взрывоопасной концентрации газа. В связи с этим проблема совершенствования аэрогазового контроля относится к основным проблемам рудничной аэрогазодинамики.

Выполненный в МакНИИ анализ [1] показал, что около трети случаев воспламенения метана можно было бы предотвратить за счет повышения эффективности аэрогазового контроля.

Значительную часть технических и организационных проблем аэрогазового контроля решает аппаратно-программный комплекс представления и обработки информации об аэрогазовой обстановке в горных выработках (КАГИ), разработанный МакНИИ в рамках “Национальной программы улучшения состояния безопасности, гигиены труда и производственной среды на 1996–2000 годы” [2]. В настоящее время этот комплекс внедрен на 19 шахтах Украины, и его внедрение продолжается еще на 9 шахтах. В 2004 г. начала внедряться унифицированная телекоммуникационная система УТАС.

Однако развитие и совершенствование средств аэрогазового контроля не исключает возможности воспламенения метано-воздушной смеси в горных выработках. В связи с этим локализация взрывов метана и угольной пыли является одной из наиболее актуальных проблем обеспечения безопасности работ в шахтах.

Первые исследования по изучению взрывчатых свойств угольной пыли были начаты на базе Макеевской испытательной станции Н. И. Черницыным и Д. Г. Левицким в 1910–1912 гг. Ими были впервые определены взрывчатые свойства пыли угольных пластов Донбасса и разработана сланцевая пылевзрыво-

защита, применение которой в то время позволило повысить пылевзрывобезопасность на шахтах. Однако с ростом механизации угледобычи резко возросли пылеобразование и интенсивность пылеотложения по сети горных выработок. В этих условиях вскрылись недостатки сланцевой взрывозащиты.

В связи с этим сотрудниками МакНИИ П. М. Петрухиным, М. И. Нецепляевым, В. С. Сергеевым, Е. П. Плоскоголовым и др. были проведены исследования по изучению процессов протекания взрывов угольной пыли, а также по их предупреждению и локализации путем создания инертных сред из диспергированной воды и различных водных растворов, воздушно-механической пены путем связывания пыли водой и растворами смачивающе-связывающих составов. Все разработанные способы были объединены в комплекс пылевзрывозащиты угольных шахт.

В настоящее время пылевзрывозащита горных выработок угольных шахт может осуществляться на основе инертной пыли (сланцевая пылевзрывозащита), воды (гидропылевзрывозащита), а также инертной пыли и воды (комбинированная пылевзрывозащита).

Результаты анализа применения на шахтах так называемых пассивных сланцевых и водяных заслонов, срабатывающих под воздействием ударной волны взрыва, показали, что они способны гасить взрывы только на значительном расстоянии от их очагов. Так, сланцевые заслоны должны устанавливаться на расстоянии не менее 60 м, а водяные заслоны – не менее 75 м от защищаемых объектов. Количество инертной пыли или воды в заслоне должно определяться из расчета 400 кг на 1 кв. м поперечного сечения выработки в свету в месте установки заслона. Длина сланцевого заслона должна быть не менее 20 м, а водяного заслона – не менее 30 м. При применении таких заслонов допускается развитие взрыва значительной силы, что приводит к образованию больших объемов окиси углерода высокой концентрации, разрушению горных выработок и оборудования, а также трагическим последствиям для горнорабочих. Кроме того, сланцевые и водяные заслоны не обеспечивают локализации вспышек и взрывов метана.

Надежную пылевзрывобезопасность персонала шахт можно обеспечить путем гашения вспышек и взрывов метана и угольной пыли непосредственно в зоне очага в начальной стадии их возникновения. Для решения этой проблемы в МакНИИ были проведены исследования мест возможных очагов (вспышек) при современной технологии угледобычи и по разработке автоматической системы локализации взрывов метана и угольной пыли, обеспечивающей гашение их в зоне очага.

В результате анализа вспышек и взрывов метана за 30 лет установлено, что при существующей технологии угледобычи очаги, как правило, группируются в определенных местах. Значения вероятности возникновения таких аварий в конкретных местах приведены в таблице.

Место возникновения вспышки или взрыва	Вероятность возникновения вспышки или взрыва, $P \cdot 10^4$
Тупиковая подготовительная выработка: – забой, проводимый с применением буровзрывных работ – забой, проводимый с применением комбайна – распределительный пункт при наличии конвейерного транспорта – распределительный пункт при наличии рельсового транспорта – приводы ленточных конвейеров, перегружателей, маневровых лебедок	524 239 265 142 57
Участковый откаточный и вентиляционный штреки: – распределительный пункт – сопряжение с уклоном или бремсбергом	248 194
Сопряжение лавы: – с откаточным штреком – с вентиляционным штреком	98 105
Общешахтные выработки в местах установки электрооборудования, где в аварийных режимах скопление метана	29

Для локализации взрывов (вспышек) метана и угольной пыли в начальной стадии их возникновения в местах, указанных в таблице, МакНИИ совместно с ВНПО «Респиратор» и Конотопским электромеханическим заводом «Красный металлист» разработана автоматическая система локализации взрывов (СЛВА).

Система представляет собой ряд взрывоподавляющих комплексов, объединенных между собой централизованным автоматическим контролем работоспособности их основных узлов из диспетчерского пункта шахты.

Взрывоподавляющий комплекс состоит из датчика пламени (ДПК), взрывоподавляющего устройства (УПВ) и блока обработки информации (БОИ) с сетевым блоком питания. Они устанавливаются у потенциальных очагов взрывов (вспышек) метана и угольной пыли.

Датчик пламени реагирует на ИК-излучение воспламенившейся метано-воздушной или пылеметановоздушной смеси и выдает сигнал на срабатывание УПВ. Время срабатывания датчика не более 2 мс. Чувствительность его такова, что он реагирует на ядро пламени диаметром 0,8 м с расстояния 5 м по оси визирования фотоприемника. Благодаря применению фотоприемника, чувствительного в инфракрасной области спектра, и соответствующего оптического фильтра, датчик не реагирует на источники рудничного освещения (головные светильники, фары электровоза и других машин).

Система комплектуется взрывоподавляющими устройствами двух типоразмеров – УПВ-30П и УПВ-15П, снаряжаемыми ингибиторами массой соответственно 30 и 15 кг. Первое устройство предназначено для взрывозащиты выработок сечением до 10 м² и высотой не менее 1,8 м, второе –

для разрезных печей и выработок сечением до 5 м^2 и высотой менее $1,8 \text{ м}$. В выработках сечением более 10 м^2 устанавливаются два УПВ-30П.

Взрывоподавляющее устройство (рис. 1) состоит из цилиндрического контейнера 2 для размещения порошкового высокоэффективного ингибитора ПВХ-1; распыляющей решетки 1, обеспечивающей формирование равномерной по концентрации взрывоподавляющей среды в объеме выработки и предохранение от повреждений пленочной диафрагмы, защищающей ингибитор от увлажнения и высыпания его из контейнера; успокоительной камеры 4, предназначенной для снижения температуры и скорости истечения рабочих газов, поступающих в контейнер; камеры сгорания 5, в которой размещается газогенерирующий заряд и пиротехнический электровоспламенитель 7; разрядной головки 3 со срезным диском, служащей для герметизации камеры сгорания и компенсации реактивных сил, возникающих при истечении из нее рабочих газов; турбулизирующих патрубков 6, обеспечивающих полноту выброса ингибитора в защищаемый объем выработки за счет турбулизации рабочих газов, поступающих из успокоительной камеры в контейнер; корпуса клеммного отсека 9 с камерой кабельных вводов 10, предназначенного для размещения блока энергонакопления 8 и защиты соединений проводников блока энергонакопления, кабелей датчика пламени и БОИ.

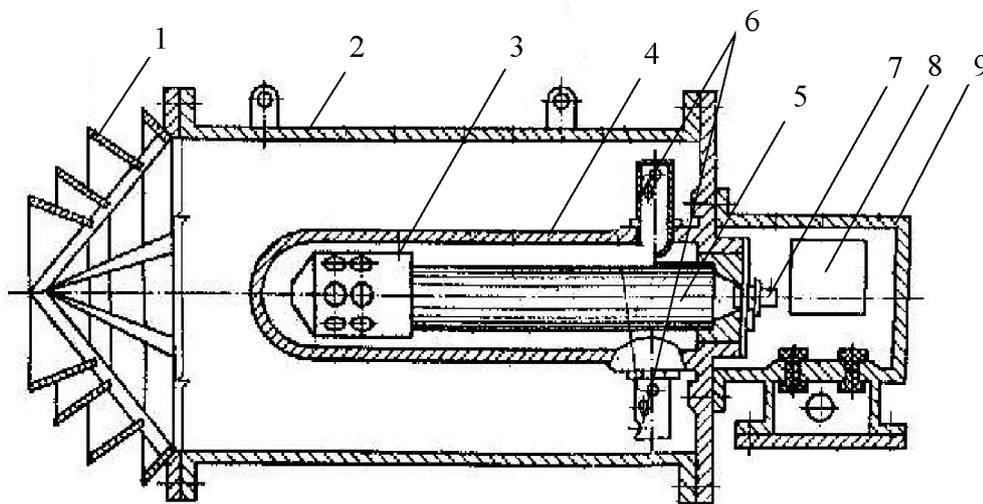


Рис. 1. Взрывоподавляющее устройство (УПВ)

Подсоединение пиротехнического электровоспламенителя 7 к блоку энергонакопления 8 осуществляется при помощи стандартного разъема. Датчики пламени со своими УПВ подключаются к блокам БОИ, каждый из которых обеспечивает питание до четырех датчиков от шахтной сети и от автономного источника при аварийных отключениях сети. Блок БОИ осуществляет непрерывный контроль исправности электрических цепей датчиков и УПВ. Все блоки БОИ с помощью двухпроводной линии связи подключаются через специальное устройство сопряжения УПС к мини-ЭВМ, осуществляющей

постоянный и непрерывный контроль работоспособности всех взрывоподавляющих комплексов. Результаты контроля воспроизводятся на дисплее ЭВМ и при изменении состояния системы фиксируются на бланке печатающим устройством. При срабатывании какого-либо УПВ или выходе из строя какого-либо узла автоматически диспетчеру подается звуковой сигнал, а на дисплее и бланке указывается время, адрес и характер изменения состояния системы.

Допускается работа системы без ЭВМ, при этом контроль исправности ее элементов местный – по световым индикаторам на БОИ. Система СЛВА работает в непрерывном ждущем режиме. При появлении в зоне обзора датчика ДПК пламени взрыва (вспышки) метана или угольной пыли последний формирует управляющий сигнал, открывающий электронный ключ блока энергонакопления, от которого импульсом тока воспламеняется пиротехнический электровоспламенитель газогенерирующего заряда. В результате быстрого сгорания генерирующего заряда образуется большое количество газов, поступающих в контейнер и выбрасывающих ингибитор в зону очага воспламенения. При этом в объеме выработки создается взрывоподавляющая среда. Скорость создания взрывоподавляющей среды не менее $100 \text{ м}^3/\text{с}$. При такой скорости создания взрывоподавляющей среды и удельном расходе ингибитора не менее $0,15 \text{ кг}$ на 1 м^3 защищаемого объема выработки обеспечивается гашение взрывов и вспышек метана и угольной пыли в начальной стадии их развития у очага независимо от мощности источника воспламенения.

Специальные испытания по оценке вредных воздействий на горнорабочих побочных явлений при срабатывании УПВ, проведенные с помощью лабораторных животных, размещенных на расстоянии 1 м от взрывоподавителя в направлении выброса ингибитора, показали полную безопасность устройства.

Выпускается четыре модификации системы: на 100, 50, 25 и 4 датчика и взрывоподавителя и соответственно на 40, 20, 10 и 1 БОИ. Применение в отдельности или в сочетании различных модификаций позволяет обеспечить взрывозащиту шахты любой мощности или отдельных объектов. Примеры размещения датчиков пламени и УПВ в горных выработках приведены на рис. 2.

Монтаж, наладка и обслуживание автоматической системы должны выполняться в соответствии с руководством завода-изготовителя по эксплуатации автоматической системы локализации вспышек и проводиться лицами, назначенными распоряжением руководителя шахты и прошедшими обучение в ОАО «Красный металлист».

Зарядку устройства подавления вспышек газогенерирующим зарядом и пиропатроном допускается проводить мастеру-взрывнику по наряд-путевке установленного образца, оформленной в установленном порядке. Запись о выдаче заряда заносится в книгу учета выдачи и возврата взрывчатых материалов, предусмотренную Едиными правилами безопасности при взрывных работах, утвержденными Госгортехнадзором Украины 25.03.92 г.

Автоматическая система локализации взрывов может работать как самостоятельно, так и входить в комплекс взрывозащиты шахт.

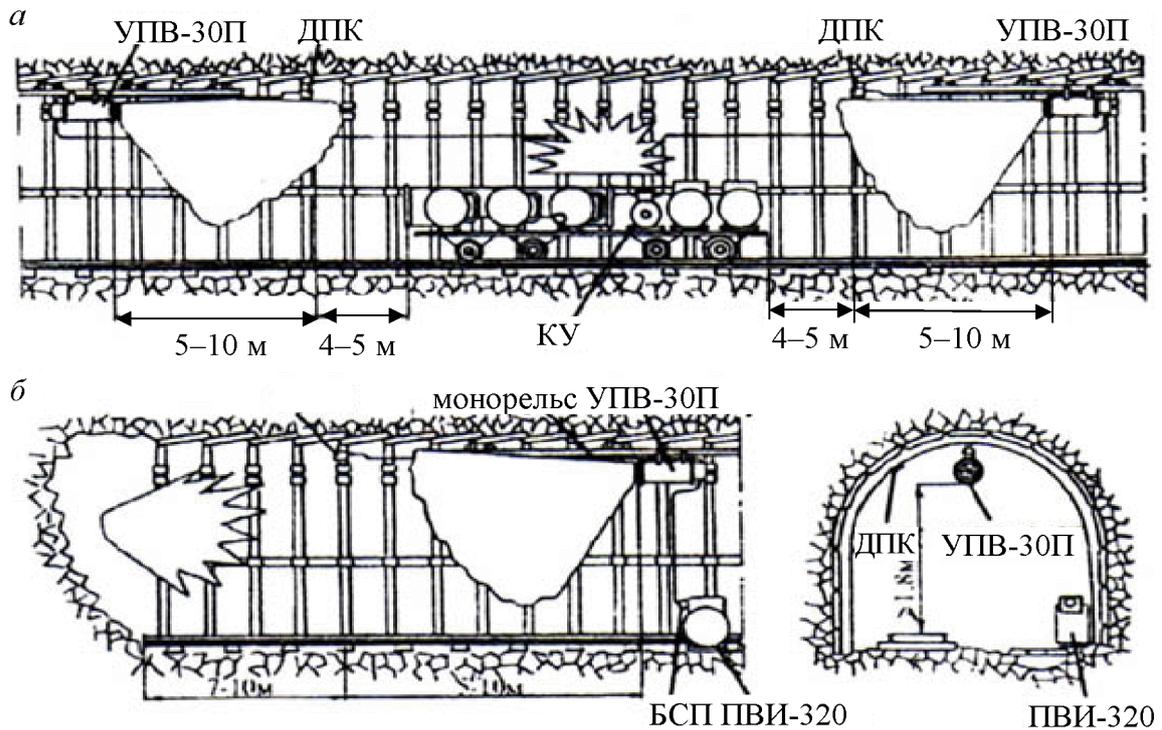


Рис. 2. Схема расположения автоматической системы локализации вспышек метана и угольной пыли: а – для защиты распределителя; б – для защиты тупиковой выработки

Анализ существующих средств и способов контроля параметров шахтной атмосферы показывает, что система СЛВА может эффективно работать в комплексе с КАГИ, что обеспечит снижение затрат при ее внедрении и эксплуатации.

Взаимодействие комплекса КАГИ с техническими средствами системы локализации взрывов угольной пыли может быть реализовано с помощью интерфейса RS-232 (рис. 3).

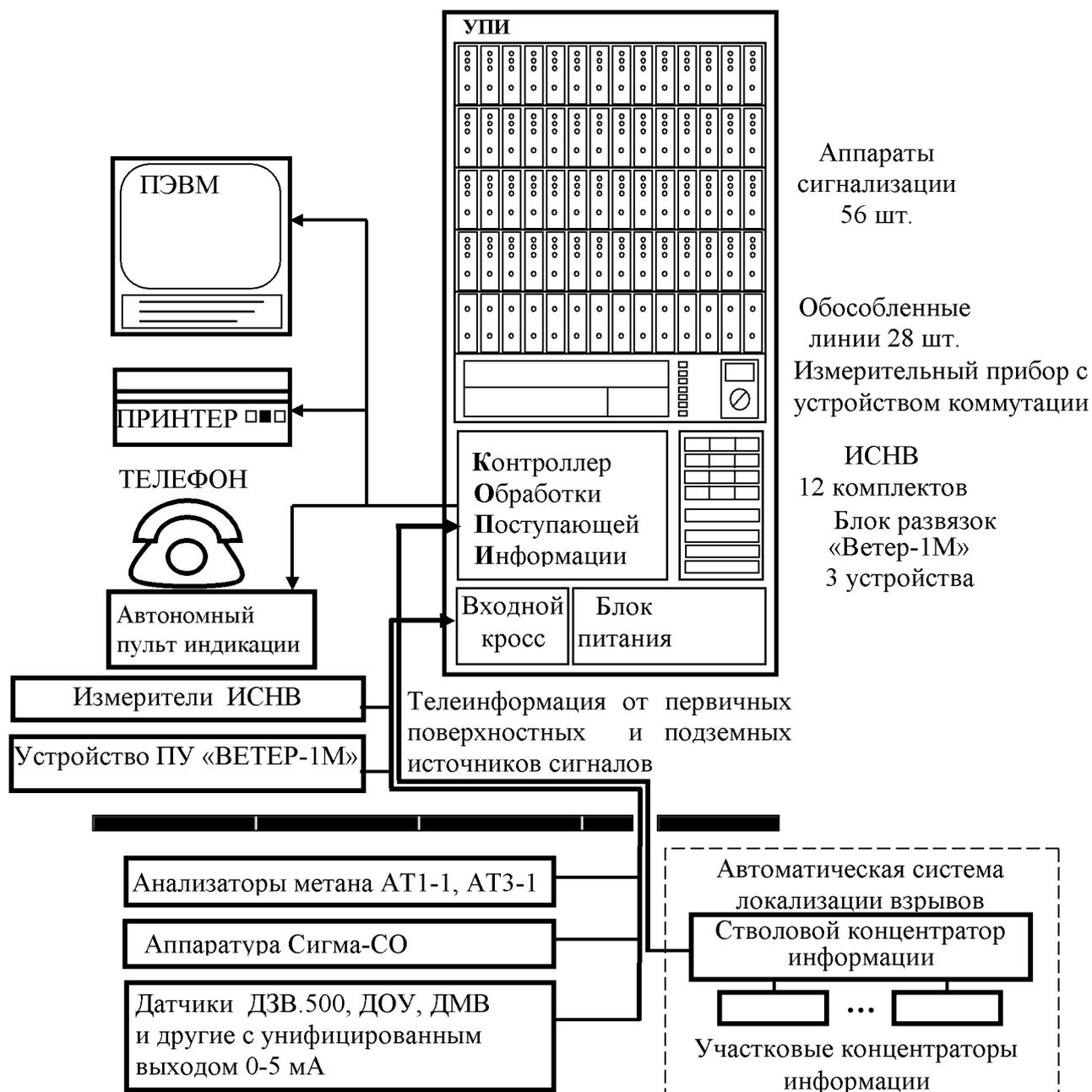


Рис. 3. Взаимодействие комплекса КАГИ с техническими средствами автоматической системы локализации взрывов метана и угольной пыли

При этом стволовой концентратор системы локализации взрывов является связывающим звеном с контролером обработки поступающей информации комплекса КАГИ. Стволовой концентратор является ведущим и работает циклически с комплексом КАГИ и подчиненными концентраторами. При обмене предполагается использовать полудуплексную передачу данных со скоростью передачи 1200 БОД. Планируется предусмотреть контроль достоверности информации путем реализации повторных запросов и анализа бита четности информации.

Совместное применение средств контроля и локализации в одной системе позволит реализовать комплексный подход к проблеме предотвращения и локализации взрывов метана и угольной пыли в горных выработках.

Выводы

Внедрение автоматизированной системы контроля аэрогазовой обстановки в горных выработках, работающей совместно со стационарной системой локализации взрывоугольной пыли, позволяет повысить безопасность работ в шахтах III категории по газу и выше.

1. *Бусыгин К. К., Теличко К. Э.* Меры повышения эффективности аэрогазового контроля на выемочных участках. – К.: Техника. – Уголь Украины, № 11. – 1995. – С. 19–21.

2. *Ivanov J.A.* Intellectualization of air/gas situation monitoring in coal mines of the basis of KAGI complex // 29th International Conference of Safety in Mines Research Institutes. – Vol. II, 2001. – P. 85–90.