

УДК 622.412:622.817

О.И. Кашуба, д-р техн. наук, В.Н. Медведев, канд. техн. наук

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МОНИТОРИНГА РУДНИЧНОЙ АТМОСФЕРЫ

Приведены результаты экспериментальных исследований процессов формирования выходных сигналов датчиков метана, оксида углерода и кислорода при их совместной работе в метано-воздушной среде. Предложено для повышения достоверности данных о газовой обстановке в горных выработках объединить в одной конструкции датчики состава и параметров рудничного воздуха, а также осуществить комплексную обработку поступающей от них информации.

Одним из направлений повышения безопасности горных работ является совершенствование технических средств контроля состава рудничного воздуха. Это нашло своё отражение в ряде программ по охране труда на предприятиях угольной промышленности Украины и связано с высоким уровнем травматизма горнорабочих по газовому фактору [1].

Анализ последних достижений и публикаций показывает, что в настоящее время созданы и интенсивно внедряются на шахтах различные газоанализаторы, в первую очередь, для измерения содержания метана, оксида углерода и кислорода. Среди них особое значение отводится стационарным газоанализаторам, которые объединяются в специальные системы контроля [2]. Среди таких систем большое внимание на протяжении нескольких лет уделяется унифицированной телекоммуникационной системе диспетчерского контроля и автоматизированного управления горными машинами и технологическими комплексами (УТАС), в которой предусмотрено использование оборудования для определения содержания указанных газов [3]. Кроме того, в эксплуатации находятся стационарные анализаторы метана (АТ1-1, АТ3-1, АТБ) и оксида углерода (ДОУ, «Сигма-СО»), которые совместно с аппаратурой контроля скорости воздуха, стойками приёма информации или аппаратно-программными комплексами (КАГИ) формируют системы аэрогазового контроля (АГК) [4, 5].

Несмотря на достигнутые успехи в данном направлении, следует отметить определённые недостатки разработанных и эксплуатируемых технических средств контроля. Так, стационарные анализаторы метана, оснащённые чувствительными термодатчиками элементами (сенсорами), при высоких уровнях содержания метана (более 30 % об.) могут выдавать ложную информацию и формировать управляющие сигналы, позволяющие подать электроэнергию на защищаемые объекты. Так же может искажаться поступающая от датчиков информация в результате существенного изменения в аварийной обстановке состава атмосферы, т.к. сенсоры этих датчиков рассчитаны на применение при определённых значениях газовых компонентов. Всё это и ряд других обстоятельств, в определённой мере, оказывают отрицательное влияние на развитие аварий или их последствия. Следовательно, стремление повысить достоверность информации при газовом мониторинге является актуальной задачей.

Цель данной работы заключается в изложении результатов исследований в области повышения эффективности многокомпонентного контроля шахтной атмосферы.

Для шахтных газоанализаторов главными критериями эффективности их функционирования следует считать точность проводимых с их помощью измерений и оперативность получения информации или управляющих сигналов. На результаты измерений оказывают влияние различные факторы, которые носят случайный характер и обусловлены изменениями состава и параметров рудничной атмосферы, старением элементов газоанализаторов и т.п. При этом, в большинстве случаев, можно пренебречь изменениями динамических свойств сенсоров и считать, что оперативность получения информации будет оставаться на заданном уровне.

В [6] показано наличие нелинейности выходной характеристики термokatалитических сенсоров, приводящей к погрешности измерений и двузначности информации о содержании метана. Лианеризировать характеристику не представляется возможным по причине ее нестабильности за пределами измерительного диапазона, который ограничен на уровне нескольких объёмных долей. Поэтому, при разработке шахтных метанометров, использующих термokatалитический принцип преобразования, закономерно стремление к исключению выдачи информации при газовых перегрузках путём автоматического блокирования выходного сигнала сенсора. В результате изделия существенно усложняются и увеличивается их стоимость.

Вторым аспектом, влияющим на достоверность результатов измерений с применением термokatалитических сенсоров, является низкая селективность метода преобразования. Наличие в анализируемой среде наряду с метаном других горючих газов, например, оксида углерода или снижение содержания кислорода приводит к искажению полученных результатов измерений содержания метана.

Для комплексного решения рассмотренных задач были проведены экспериментальные исследования с применением технических средств системы УТАС: контроллера ТХ 9042, блока питания ТХ 6622, датчиков ТХ 3261, ТХ 3264, ТХ 3241, а также оборудования испытательного центра МакНИИ: газоанализаторов ГИАМ-14 и испытательной камеры. Изделия размещались и соединялись согласно схеме, представленной на рисунке. 1.

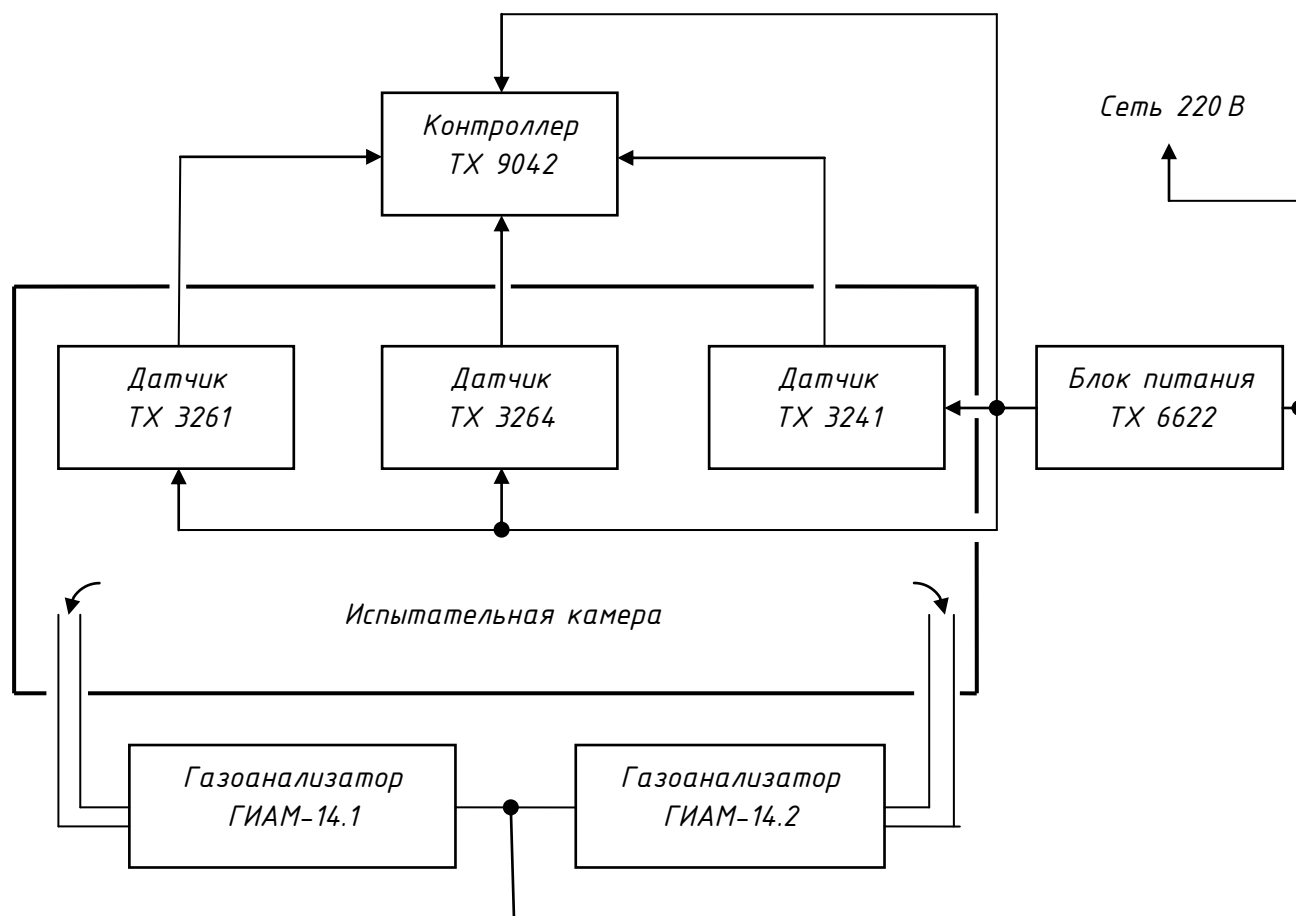


Рисунок 1 – Функциональная схема включения оборудования при исследованиях реакции датчиков ТХ 3261, ТХ 3264, ТХ 3241 на содержание метана в анализируемой среде

Данные, характеризующие используемую при исследованиях газоаналитическую технику, приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные технические характеристики газоанализаторов

Тип датчика или газоанализатора	Измеряемый газ	Диапазон измерения	Погрешность измерения
ТХ 3261	СН ₄	0–4 % об.	основная абсолютная – не более 0,2 % об.
ТХ 3264	О ₂	0–25 % об.	допускаемая приведённая – не более 3,0 %
ТХ 3241	СО	0–200 ppm	допускаемая приведённая – не более 5,0 %
ГИАМ-14.1	СН ₄	0–5 % об.	допускаемая приведённая – не более 2,0 %
ГИАМ-14.2	СН ₄	0–100 % об.	допускаемая приведённая – не более 2,0 %

Работа проводилась в следующей последовательности:

В испытательную камеру помещались датчики, предварительно настроенные по образцовым газовым смесям. Питание датчиков осуществлялось от источника ТХ 6622. Из баллона высокого давления с объёмной долей метана около 100 % через редуктор порциями подавался газ, который перемешивался в испытательной камере с помощью вентилятора. Полученная метано-воздушная смесь контролировалась двумя газоанализаторами ГИАМ-14. Поступающая от датчиков информация фиксировалась контроллером ТХ 9042.

Исследования позволили установить, что при любых значениях содержания метана датчик ТХ 3241 остаётся индифферентным к сформированной газовой смеси и не изменяет своих показаний. Результаты измерений, полученные от датчиков ТХ 3261 и ТХ 3264, зафиксированные контроллером, представлены в таблице 2.

Анализ полученных данных показал следующее:

- датчик ТХ 3261 может обеспечивать контроль содержания метана в пределах диапазона измерения;
- работа датчика ТХ 3261 в диапазоне от 4,2 до 10 % об. СН₄ приводит к индикации на контроллере текстовой информации “Over rang” (выше диапазона);
- при газовых перегрузках по метану в пределах от 10 до 30 % об. СН₄ датчик ТХ 3261 выдаёт сигнал о якобы имеющемся повреждении (“Fault”);
- при газовых перегрузках от 30 % об. СН₄ и вплоть до 100 % об. СН₄ проявляется неоднозначность показаний, т.е. датчик ТХ 3261 выдаёт ложные показания об уровне содержания метана;
- датчик ТХ 3264 имеет близкую к линейной зависимость выходного сигнала от содержания метана в анализируемой атмосфере.

Таблица 2 – Реакция датчиков ТХ 3261 и ТХ 3264 на объёмные доли метана, содержащиеся в газовой смеси

Показания ГИАМ-14, % об. СН ₄	Показания контроллера	
	канал 1 – ТХ 3261, % об. СН ₄	канал 2 – ТХ 3264, % об. О ₂
0	0,06	20,44
2	2,09	20,38
4	4,00	19,68
5	Over rang	19,29
10	Fault	18,36
20	Fault	16,23
30	Fault	14,27
32	4,30	13,46
40	3,69	12,26
50	3,48	10,31
60	3,12	8,47
70	2,69	6,63
80	1,17	4,08
90	0,31	2,04
100	0,00	0,00

Следовательно, при одновременном измерении содержания метана и кислорода появляется возможность исключить появление ложной информации, которая поступает от термокаталитического датчика метана ТХ 3261, путём его отключения при высоких уровнях содержания метана, значительно снижающих содержание кислорода в анализируемой среде. Отключение датчика ТХ 3261 может производиться как по его выходному сигналу, превышающему диапазон измерения, так и по сигналу датчика кислорода ТХ 3264, значение которого снизится до определённого уровня. Повторное включение датчика ТХ 3261 должно происходить только на основе информации, поступающей от датчика ТХ 3264, когда содержание кислорода в атмосфере станет достаточным для нормальной работы термокаталитического датчика.

Отключение датчика ТХ 3261 по его выходному сигналу приведёт к необходимости введения определённых временных задержек для повторного включения. Обусловлено это погрешностями измерения содержания кислорода датчиком ТХ 3264. Так, после отключения датчика ТХ 3261, в результате превышения верхнего значения диапазона измерения, может сразу поступить сигнал на его включение из-за того, что датчик ТХ 3263 выдаст контроллеру информацию о наличии в атмосфере кислорода, уровень которого будет достаточным для измерения содержания метана в рабочем диапазоне датчика ТХ 3261. Определить значение временной задержки можно на основе статистических данных о длительности превышения диапазона измерения. При этом всегда будет существовать вероятность «простоя» датчика при наличии в контролируемой атмосфере уровня содержания метана ниже верхнего значения диапазона измерения.

Если поставить условие, что датчик ТХ 3261 должен всегда находиться во включённом состоянии, то следует ориентироваться только на информацию, поступающую от датчика кислорода. Установки срабатывания датчика ТХ 3264 для отключения (включения) датчика ТХ 3261 были определены исходя из максимальных погрешностей, которые могут встречаться при контроле параметров рудничной атмосферы указанными датчиками. Они составили 19,00 % об. O_2 для выключения и 19,35 % об. O_2 для включения датчика метана ТХ 3261 датчиком кислорода ТХ 3264.

Следует отметить, что аналогичным образом можно исключить неоднозначность представления информации о содержании метана в анализаторах серии АТ (АТ1-1, АТ3-1 АТБ) или в других аналогичных изделиях, где применяются термокаталитические сенсоры без специальных элементов защиты от двужначности.

Как уже отмечалось, термокаталитические сенсоры реагируют на все горючие газы и пары. Оксид углерода относится к этим газам. Поэтому, при его наличии в анализируемой атмосфере, показания датчиков метана могут быть искажены.

Проведённые исследования показали, что датчики ТХ 3241 не реагируют на изменение концентрации метана и кислорода. Это приводит к мысли о целесообразности при многокомпонентном контроле вводить автоматически поправки в результаты измерений. Так, показания датчика метана должны быть скорректированы с учётом выходного сигнала датчика оксида углерода или других датчиков горючих газов. Применяя датчики температуры, влажности, атмосферного давления и т.п., можно аналогичным образом компенсировать многие погрешности, влияющие на результаты измерений, при условии компактного размещения сенсоров, формирующих исходную информацию. В этой связи, с позиции технической реализации, многокомпонентный контроль в перспективе должен осуществляться путём применения измерительных станций, которые на основе комплексной обработки большого объёма различной информации о составе и параметрах рудничной атмосферы смогут выдавать данные с существенно меньшими погрешностями в сравнении с отдельным изделием, измеряющим сугубо один показатель. Создание измерительных станций потребует решения многих вопросов, но уже в ближайшее время, путём объединения различных датчиков и усложнения алгоритмов обработки поступающей в контроллеры информации, можно значительно повысить эффективность

многокомпонентного контролю рудничної атмосфери і виключити określєнні недолатки датчиків, як это показано на примере ТХ 3261.

Выводы:

При многокомпонентном контроле шахтной атмосферы целесообразно осуществлять комплексную обработку информации, поступающей от сенсоров. Это позволяет снизить погрешности результатов измерений и исключить неоднозначность представления данных о газовой обстановке.

Для повышения достоверности информации следует размещать сенсоры, контролирующие состав и параметры шахтной атмосферы, в зоне с однотипными характеристиками окружающей среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Брюханов А.М., Бережинский В.И., Бусыгин К.К., Колосюк В.П., Коптиков В.П., Мнухин А.Г., Хорунжий Ю.Т. Расследование и предотвращение аварий на угольных шахтах / Под общ. ред. А. М. Брюханова. – Часть I. – Донецк, 2004. – 548 с.
2. Карпов Е.Ф., Биренберг И.Э., Басовский Б.И. Автоматическая газовая защита и контроль рудничной атмосферы. – М.: Недра, 1984. – 285 с.
3. Брюханов А.М., Коптиков В.П., Иванов Ю.А., Брюм В.З., Серезентинов Г.В., Родненко В.С. Унифицированная телекоммуникационная система УТАС – новый шаг в обеспечении безопасных условий труда в угольных шахтах // Способы и средства создания безопасных и здоровых условий труда в угольных шахтах: Сб. научн. тр. – Макеевка: МакНИИ. – 2005. – С. 322–333.
4. Временное руководство по оборудованию и эксплуатации систем аэрогазового контроля в угольных шахтах (АГК) / Утв. Минуглепромом СССР 18.12.91. – МакНИИ, 1991. – 70 с.
5. НПАОП 10.0-1.01–05. Правила безпеки у вугільних шахтах. – К.: Відлуння, 2005. – 398 с.
6. Медведев В.Н. Математическая модель формирования выходных сигналов термодатчиков метана // Способы и средства создания безопасных и здоровых условий труда в угольных шахтах: Сб. научн. тр. – Макеевка: МакНИИ, 2006. – Вып. 18. – С. 121–129.

