



УДК 621.891(07)

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ МЕТАНА



DEVELOPMENT OF AN INFORMATION AND MEASUREMENT SYSTEM FOR DETERMINING METHANE CONCENTRATIONS

Биличенко Аркадий Петрович
магистр, старший преподаватель
кафедры энергетические системы,
Карагандинский государственный
технический университет

Нешина Елена Геннадьевна
магистр, старший преподаватель
кафедры энергетические системы,
Карагандинский государственный
технический университет
Arkan80@list.ru

Аннотация. В статье приводятся результаты разработки Казахстанской информационно-измерительной системы на основе твердого электролита для определения концентрации метана в угольных пластах, горных выработках и газопроводах опасных по выбросам газа.

Приведено описание информационно измерительной системы, её устройство и структурная схема. Приведены результаты моделирования физического процесса, имитации распространения газа метана из условного источника возникновения, его изменение во времени. Моделирование выполнено в ANSYS CFX – мощной и надежной технологии расчетов в области вычислительной гидрогазодинамики.

Ключевые слова: газоанализатор, информационно-измерительная система, метан, композиты, сенсорные сети, испытательный стенд.

Bilichenko Arkadiy Petrovich
Master's degree, senior lecturer
of the Department of energy systems,
Karaganda state technical university

Neshina Yelena Gennadiyevna
Master's degree, senior lecturer
of the Department of energy systems,
Karaganda state technical university
Arkan80@list.ru

Annotation. The article presents the results of the development of Kazakhstan's information and measurement system based on solid electrolyte for determining the concentration of methane in coal seams, mine workings and gas pipelines dangerous for gas emissions.

The description of the information measuring system, its structure and block diagram is given. The results of modeling the physical process, simulating the propagation of methane gas from a conditional source of origin, and its change over time are presented. The simulation was performed in ANSYS CFX, a powerful and reliable calculation technology in the field of computational fluid dynamics.

Keywords: gas analyzer, information and measurement system, methane, composites, sensor networks, test bench.

Информационно измерительная система (ИИС) разработанная нами для непрерывного автоматического контроля объемной доли метана (CH₄) в атмосфере горных выработок, угольных шахт опасных по газу и пыли и выдачи сигнализации при достижении измеряемым компонентом установленных пороговых значений.

В соответствии с классификацией ИИС представляет собой стационарный электрический многоблочный измерительный прибор циклического действия с конвекционной подачей контролируемой среды и состоит из информационного пульта и от одного до восьми датчиков газового контроля.

Информационный пульт предназначен для:

- обеспечения питания датчиков газового контроля;
- обработки и отображения измерительной информации;
- установки пороговых значений концентрации;
- формирования звуковых и световых сигналов оповещения в случае превышения порогов;
- формирования релейных сигналов управления внешней аппаратурой;
- передачи измерительной информации в ПЭВМ или на центральный пульт.

Датчики газового контроля предназначены для преобразования концентрации контролируемого газа или паров в нормализованный телеметрический сигнал и передачи его в информационный пульт, а также для обеспечения местной световой сигнализации превышения установленных пороговых значений.

Электронная схема (ЭС) ИИС представляет собой микропроцессорный телеметрический прибор с 8-ю совмещенными каналами питания и передачи данных. Датчики соединяются с информационным пультом двухпроводными линиями связи длиной до 2000 метров, (в настоящий момент проведены испытания передачи данных по стандартам DSSS сети Wi-Fi, устойчивый сигнал принимается на расстоянии до 1000 метров) по которым они получают питание от пульта и осуществляют передачу



измерительной информации в пульт в виде аналогового частотного сигнала, пропорционального концентрации газа в месте установки датчиков.

Информационный пульт обеспечивает поочередный приём и обработку поступающих от датчиков частотных сигналов, отображение результатов измерения на цифровом табло и передачу их в ПЭВМ, а также формирует рабочие и аварийные световые, звуковые и релейные сигналы.

В датчиках метана, используется разработанный нами сенсор (мембрана с протонообменными свойствами, модифицированная H_3PO_4).

Принцип работы датчиков основан на изменении электрического сопротивления материала сенсора датчика вследствие его нагрева за счет тепла, выделяющегося при протекании термохимической реакции горения газа в присутствии катализатора. Компенсация влияния температуры окружающей среды достигается применением в конструкции сенсора пассивного сравнительного элемента, включаемого в мостовую измерительную схему.

Датчики, использующие полупроводниковый сенсор, относятся к термосорбционным и способны работать как в воздухе, так и при полном отсутствии кислорода – в инертном газе (в частности, в атмосфере азота).

Структурная схема ЭС ИИС представлена на рисунке 1.

Органы управления и индикации информационного пульта позволяют:

- 1) просматривать показания датчиков в цифровом виде, находить максимальные значения;
- 2) отображать состояние датчиков (наличие, превышение порогов 1 и 2, отказ);
- 3) изменять величину порогов срабатывания сигнализации и других параметров;
- 4) проводить настройку датчиков в процессе поверки или ремонта системы.

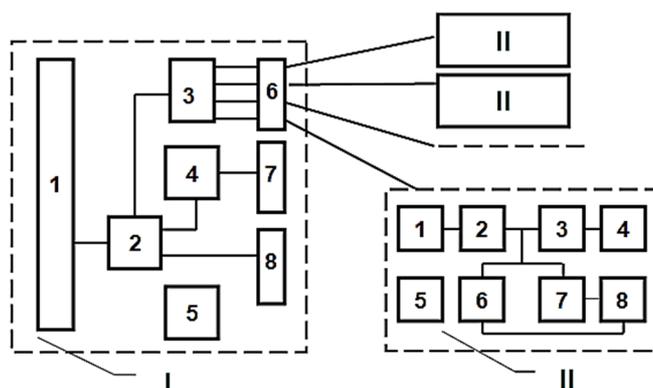


Рисунок 1 – Структурная схема ЭС ИИС:

I – Информационный пульт:

- 1 – плата индикации; 2 – плата контроллера; 3 – блок искробезопасных цепей; 4 – плата отключающих реле; 5 – блок питания; 6– разъем «Искробезопасные цепи»; 7 – разъем «Отключающая аппаратура»; 8 – разъем связи с ПЭВМ «RS-232/485»

II – Датчик:

- 1 – мост Уинстона с сенсором; 2 – усилитель; 3 – преобразователь напряжение-частота; 4 – ключ передатчика импульсов; 5 – схема питания; 6,7 – компараторы; 8 – светодиоды порогов

В результате проделанной работы были разработаны: система передачи данных, которая обеспечивает высокий уровень защиты передаваемых данных, позволяет гибко настраивать узлы сети, поддерживать в одной сети от нескольких сотен до нескольких тысяч узлов, получить скорость обмена данными 250 кбит/с по радиоканалу. В качестве радиопередающего устройства системы контроля метана принят готовый модуль итальянской компании Telit, типа ZE51 [1], построенный на основе чипа CC2430 от TI [2] способного работать модуляцией типа DSSS. Выходная мощность 2,5 мВт; чувствительность – 97 дБм; улучшенная RF-часть; дальность до 1000 м.

В результате применения спроектированной автоматизированной системы контроля содержания метана с улучшенными статическими и динамическими параметрами, а также за счёт контроля скорости нарастания и распространения концентрации метана увеличивается эффективность работы и повышается безопасность применения электроэнергии на шахтах, разрабатывающих пласты опасные по внезапным газодинамическим проявлениям.

Для моделирования и визуализации развития области загазованности одной концентрации метана, в горной выработке, нами был применен программный продукт ANSYS CFX [3]. Мы привели моделирования достаточно сложного физического процесса, имитации распространения газа метана из условного источника возникновения газа. Сорбированный метан заполняет микропоры угля в виде сгустка, а при разгрузке пласта от горного давления метан десорбируется и выделяется в виде газа. Интенсивность десорбции увеличивается при разрушении угля во время его добычи. Сорбционная



способность угля определяет его природную газоносность, которая растет с ростом метаморфизма угля. При подработке и надработке угольных пластов между этими пластами свиты образуются так называемые «полости Вебера», в которые на газоносных пластах устремляется десорбирующий из угля метан и газообразный метан из окружающих пород, и могут возникать аварийные ситуации в связи с прорывом газа из образующихся полостей в действующие выработки. Возможны три вида загазований (скоплений) горных выработок метаном: общее загазование, местное и слоевое. Основной мерой борьбы со всеми видами скоплений метана является деятельное проветривание горных выработок.

Цель моделирования и расчета состоит в создании модели дисперсии газа от стека источника и визуализации развития области загазованности одной концентрации в течение времени. Это поможет выявить наиболее оптимальные зоны для расположения датчиков информационной системы, это позволит сократить время необходимое для обнаружения докритических концентраций метана в горных выработках. В качестве «образца» горной выработки взят проходческий участок № 3 шахты им. Костенко г. Караганды, Республика Казахстан.

Источник выпускает газ, который рассеивается в атмосферу шахтной выработки при скорости 1 м/с. Интенсивность турбулентности равна 0,05, которая соответствует 5 % средней интенсивности урвня и длине вихря 0,25 м.

Исходные данные (см. рис. 2):

- скорость ветра (потока воздуха) 1 м/с;
- скорость газа, меняющаяся от 0,01 до 0,2 м/с.

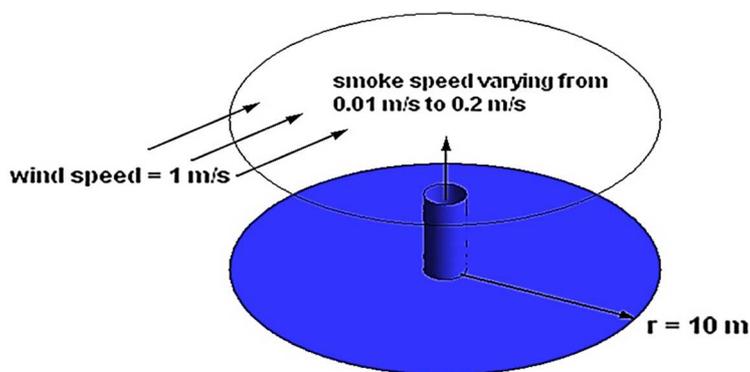


Рисунок 2 – Модель для расчета с исходными данными

Первоначально, никакой газ не выпускается. Впоследствии, источник начинает выпускать газ.

Результат расчета показан в виде изображений поверхности газа метана одной концентрации, равной 0,002 кг/м³, в разные моменты времени расчета (рис. 3).

Наложение полученной модели на реальную горную выработку позволило получить следующие результаты:

- датчики контроля газа метан, устанавливается на вентиляционном трубопроводе на расстоянии 10–15 м;
- тупиковые выработки должны оборудоваться резервным вентилятором местного проветривания с автономным электропитанием и устройствами для их разгазирования;
- контроль за концентрацией метана анализаторами газа должен осуществляться в призабойных пространствах тупиковых выработках и в исходящих из них вентиляционных струях, при наличии в тупиковой части выработки передвижной подстанции – у подстанции на расстоянии 10–15 м со стороны забоя, на выбросоопасных пластах – перед вентилятором местного проветривания.

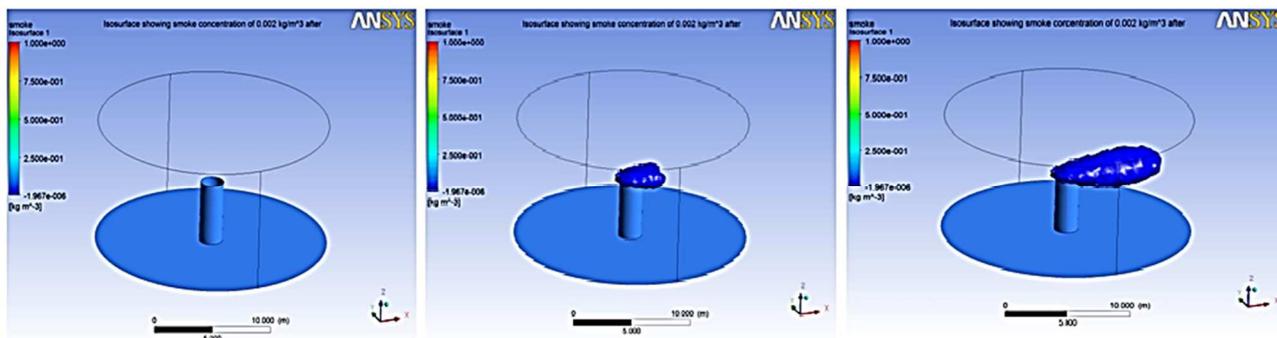


Рисунок 3 – Поверхность газа с концентрацией 0,002 кг/м³ в начальный момент времени t = 0 s, t = 2 s, t = 16 s



В итоге полученная система отвечает требованиям, предъявляемым к подобным системам: полностью автономна; легко адаптируется к реальным условиям работы; работает в режиме реального времени; легко интегрируется в рабочую действующую технологическую сеть любого угольного предприятия.

Литература/References

1. R. de Keyser Measure de champpe et d attenuation et propagation libre et avec guide Tondes. Annales des mines de Belgique, 2016. – № 7–8.
2. D.I.R. Martin. Mining Technology, 2018. – Vol. 52, № 601.
3. J.B. Lovell Foot. Wireless World, 2019. – № 12.