

УДК 622.412.13:622.82

*П.С. Пашковский, д-р техн. наук, первый замдиректора по научной работе,
Г.И. Пефтибай, завотделом, Э.Г. Чайковская, мл. науч. сотр. НИИГД «Респиратор»,
Донецк*

МЕТАНОМЕТР ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ГАЗОВЫХ И КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ УГОЛЬНЫХ ШАХТ

*P.S. Pashkovsky, Dr. Sci. (Tech.), first deputy director for Science, G.I. Peftibay,
department head, E.G. Chaykovskaya, associate scientist (NIIGD “Respirator”, Donetsk)*

METHANOMETER FOR THE USE UNDER EXTREME GAS AND CLIMATIC CONDITIONS OF COAL MINES

Цель. Исследовать методы и приборы измерения объемной доли метана в горных выработках и их технические параметры.

Методы. Информационные и теоретические исследования методов измерений объемной доли метана в воздухе горных выработок и лабораторные исследования экспериментального образца специального метанометра для применения в экстремальных газовых и климатических условиях угольных шахт для определения и обоснования его технических параметров.

Результаты. Создан на современном научно-техническом уровне специальный искро-, взрывобезопасный прибор с непрерывным автоматическим определением объемной доли метана в воздухе горных выработок шахт для применения горноспасательными подразделениями в условиях действующего подземного пожара.

Практическая значимость. Внедрение специального метанометра в подразделениях ГВГСС позволит обеспечить объективность и достоверность оценки состояния воздуха горной выработки во время действующего пожара и улучшения условий работы горноспасателей, повышение эффективности и безопасности проведения аварийно-спасательных работ.

Ключевые слова: шахта, пожар, шахтный воздух, анализ, метан, прибор.

Постановка проблемы. Абсолютное большинство аварий на угольных шахтах приводит к значительным изменениям в составе шахтного воздуха, поэтому информация о результатах его анализа во время аварий нередко играет решающую роль при принятии ответственных решений о спасении людей и ликвидации аварийных ситуаций. Для быстрого и обоснованного принятия решений руководители ликвидации аварии должны получать информацию о составе шахтного воздуха оперативно и с довольно короткими интервалами [1].

Современные переносные устройства для измерения концентрации метана имеют погрешность измерения, которая обусловлена влиянием на показатели прибора целой гаммы пожарных газов, концентрация которых в каждом случае будет зависеть от условий возникновения и развития пожара. Это отрицательно влияет на достоверность результатов измерений. Актуальность работы состоит в оперативном получении информации о составе воздуха и достоверности оценки, что может быть выполнено только при использовании современных газоанализаторов для измерения непосредственно на аварийном участке.

Формулирование цели работы и постановка задач. Цель работы – информационные и теоретические исследования методов измерений объемной доли метана в воздухе горных выработок и лабораторные исследования экспериментального образца специального метанометра для применения в экстремальных условиях угольных шахт для определения и обоснования его технических параметров.

Создание на современном научно-техническом уровне специального искро-, взрывобезопасного прибора с беспрерывным автоматическим определением объемной доли метана в воздухе горных выработок шахт для применения горноспасательными подразделениями в условиях действующего подземного пожара.

Материал исследования. В результате проведения исследований состава шахтного воздуха установлено, что в аварийных условиях он представляет собой многокомпонентную смесь газов с воздухом переменного качественного и количественного состава. Закономерности для соотношений концентраций горючих компонентов не выявлено. Рассмотрено влияние изменений концентраций горючих компонентов, кислорода, инертизаторов и флегматизаторов на степень взрывоопасности шахтного воздуха.

Степень взрывоопасности по горючим компонентам определяют по формуле

$$B = \sum_{i=1}^p \frac{C_i}{C_{ni}} \cdot 100 ,$$

где B – степень взрывоопасности, % от нижней концентрационной границы воспламенения газовых смесей;

C_i – объемная доля i -го горючего компонента, % ;

C_{ni} – объемная доля нижней концентрационной границы воспламенения i -го горючего компонента, %;

p – количество горючих компонентов в анализируемой среде.

Датчик контроля степени взрывоопасности должен быть чувствителен к горючим компонентам и инвариантным относительно других составляющих анализируемой среды.

Во время исследования были рассмотрены такие существующие методы измерения объемной доли метана в горных выработках:

- термокондуктометрический принцип контроля метана;
- газохроматографический метод;
- термокаталитический метод контроля метана;
- кулонометрический метод газового анализа;
- рефрактометрический метод контроля газов;
- оптический абсорбционный метод контроля газов в шахтном воздухе;
- воздухоканалный способ контроля газов в шахте.

Из всех методов газового анализа, доведенных до практического применения, только термokatалитический метод обеспечивает принципиальную возможность измерения объемной доли в газовой среде разных горючих газов одним датчиком.

Лабораторные исследования экспериментального образца метанометра проведены каналом измерений с использованием оптического инфракрасного сорбционного датчика фирмы DYNAMENT типа MSHia-P-NC.

Канал измерений с использованием термokatалитического датчика ТХМ-2,8 не исследовали, так как датчик как самостоятельное изделие сертифицирован в МакНИИ на соответствие стандарту [2], имеет уровень и виды взрывозащиты PO NaCX, а также разрешение Госгорпромнадзора Украины. Кроме того, датчик ТХМ-2,8 в составе измерительного канала, находящегося в сигнализаторе метана, который соединен с шахтным главным светильником в особо взрывоопасном исполнении (PO) СМС-10, сертифицирован на соответствие стандарту.

Перед исследованиями предварительно прогретый на протяжении 30 мин экспериментальный образец метанометра был откалиброван по двум проверочным газовым смесям: 1,51 % объемной доли CH_4 и 99,7 % объемной доли CH_4 . В процессе исследований (до их завершения) перекалибровки не делали.

Исследования показали, что погрешности измерений оптическим каналом не превышают нормированных стандартом значений во всем диапазоне возможных объемных долей метана (от 0 до 100 %) при неудовлетворительных динамических свойствах при взрывоопасных объемных долях.

Термokatалитический канал измерений обеспечивает быстроедействие, но не может реализовать качественное измерение объемной доли метана до 100 %, в особенности при наличии влияющих факторов (Т, ф, CO_2).

Использование одновременно двух каналов (оптического и термokatалитического) дает возможность оперативно получать достоверные результаты измерений объемной доли метана от 0 до 100 %.

В результате выполнения работы создан метанометр с непрерывным автоматическим определением объемной доли метана в воздухе горных выработок шахт. Метанометр (рис. 1, 2) содержит быстроедействующий термokatалитический датчик измерений до взрывоопасных объемных долей ТХМ-2,8 и оптический инфракрасный сорбционный сенсор фирмы DYNAMENT типа MSHia-P-NC с диапазоном измерений объемной доли до 100 %. Комбинация оптического и термokatалитического каналов измерений позволяет создать метанометр с непрерывным определением объемной доли метана в воздухе горных выработок шахт в экстремальных газовых и климатических условиях.

Аварийная световая и звуковая сигнализация – двухпороговая. Первый порог срабатывания аварийной сигнализации установлен в диапазоне измерений объемной доли метана от 1,0 до 2,0 %. Второй порог автоматически устанавливает объемную долю метана на 0,5 % выше первого.

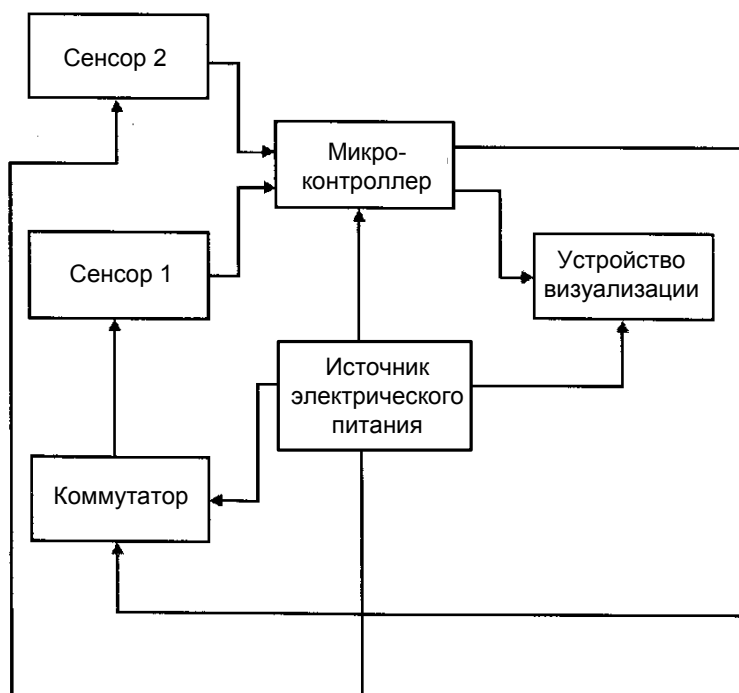


Рис. 1. Функциональная схема метанометра



Рис. 2. Метанометр

Время непрерывной работы метанометра без перезарядки автономного источника электрического питания – не меньше 9 ч.

Время прогрева к началу функционирования – не больше 30 с. Время прогрева для обеспечения погрешности измерений, которое не превышает нормированных стандартом значений, – не больше 10 мин.

Время сохранения трудоспособности метанометра после срабатывания сигнализации – не меньше 10 мин.

Метанометр обеспечивает сохранение в «черном ящике» информации о концентрации метана на протяжении не менее пяти последних суток. Интервалы времени между фиксациями значений объемной доли метана – не больше 30 с.

Вывод. Термокаталитический канал измерений обеспечивает быстрое действие, но не может реализовать качественное измерение объемной доли метана до 100 %, в особенности при наличии дополнительных факторов (температура, влажность, углекислый газ). Комбинация оптического и термокаталитического каналов измерений позволяет создать метанометр с характеристиками, которые превышают требования стандарта для диапазона измерений объемной доли метана до 100 % в экстремальных газовых и климатических условиях.

Внедрение специального метанометра в подразделах ГВГСС позволит обеспечить объективность и достоверность оценки состояния воздуха горной выработки во время действующего пожара и улучшение условий работы горноспасателей, повышение эффективности и безопасности проведения аварийно-спасательных работ.

Список литературы / References

1. Анализ количественных изменений компонентов рудничного воздуха в аварийных условиях / И.В. Бабенцева, М.А. Воронкова, Ю.Е. Залмовер, В.В. Переулкова // Горноспасательная техника и противопоаварийная защита шахт: сб. науч. тр. / ВНИИГД. – Донецк, 1988. – С. 52 – 56.

Babentseva, I.V. Voronkova, M.A., Zalmover, Yu.E. and Pereulkova, V.V. (1988), *Analiz kolichestvennykh izmenenii komponentov rudnichnogo vozdukha v avariinykh usloviyakh* [Analysis of quantitative changes of mine air components under accidental conditions], VNIIGD, Donetsk, Ukraine.

2. Приборы шахтные газоаналитические. Общие технические требования. Методы испытаний: ДСТУ ГОСТ 24032:2009. – [Дата введения в действие 01.02.2009]. – М.: Изд-во стандартов, 2008. – 24 с.

DSTU GOST 24032:2009 (2008), *Pribory shakhtnye gazoanaliticheskie. Obshtchie tekhnicheskie trebovaniia. Metody ispytanii* [Mine instruments for gas analysis. General technical requirements. Testing methods], Moscow, Russia.

*Рекомендовано к публикации канд. техн. наук Е.В. Курбацким.
Дата поступления рукописи 16.05.2014*

Ціль. Досліджувати методи і прилади виміру об'ємної частки метану в гірничих виробках і їхні технічні параметри.

Методи. Інформаційні і теоретичні дослідження методів вимірів об'ємної частки метану в повітрі гірничих виробок і лабораторні дослідження експериментального зразка спеціального метанометру для застосування в екстремальних газових і кліматичних умовах вугільних шахт для визначення й обґрунтування його технічних параметрів.

Результати. Створено на сучасному науково-технічному рівні спеціальний іскро-, вибухобезпечний прилад з безперервним автоматичним визначенням об'ємної частки метану в повітрі гірничих виробок шахт для застосування гірничорятувальними підрозділами в умовах діючої підземної пожежі.

Практична значущість. Упровадження спеціального метанометру в підрозділах ДВГРС дозволить забезпечити об'єктивність і вірогідність оцінки стану повітря гірничої виробки під час діючої пожежі і поліпшення умов роботи гірничорятувальників, підвищення ефективності і безпеки проведення аварійно-рятувальних робіт.

Ключові слова: шахта, пожежа, шахтне повітря, аналіз, метан, прилад.

Purpose. To investigate methods and devices for measurement of the methane volume fraction in mine workings and their technical parameters.

Methods. Information and theoretical investigations of the methods of measurements of the methane volume fraction in air of the mine workings and laboratory investigations of the experimental specimen of the special methanometer for the use under extreme gas and climatic conditions of the coal mines for the purpose of determination and substantiation of its technical parameters.

Results. The special spark-proof, explosion-safe device with continuous automatic measurement of the methane volume fraction in air of the mine workings of the mines is created at the modern scientific and technical level and intended for the use by mine-rescue subdivisions under conditions of the active underground fire.

Practical value. The introduction of the special methanometer in the subdivisions of the State Paramilitary Mine-rescue Service will allow guaranteeing the objectivity and trustworthiness of the estimation of the state of air in the mine working during the active fire and of improvement of the operation conditions of the mine rescuers, increase of effectiveness and safety of carrying-out the emergency and rescue operations.

Keywords: mine, fire, mine air, analysis, methane, device.