

УДК 622.831.325.3:621.643:681.518.54

Мл. научн. сотр. Л.А. Новиков  
(ИГТМ НАН Украины),  
д-р техн. наук Б.В. Бокий  
(ГАО «Шахта им. А.Ф. Засядько»)

## **К ВОПРОСУ О КОНТРОЛЕ И АВТОМАТИЗАЦИИ ШАХТНЫХ ДЕГАЗАЦИОННЫХ СИСТЕМ**

Розглянуті існуючі системи контролю та автоматизації шахтної газопровідної мережі, а також засоби контролю газодинамічних параметрів метано-повітряної суміші у дільничному дегазаційному трубопроводі.

## **TO THE QUESTION OF CONTROL AND AUTOMATION OF MINE DEGASIFICATION SYSTEMS**

The existing system of control and automation of mine degassing network, and controls the gas-dynamic parameters of methane-air mixture in the precinct line degassing.

Повышение эффективности работы шахтных дегазационных систем (ДС) связано с решением задач совершенствования технологий и технических средств дегазации, а также средств контроля и управления режимами работы основных элементов ДС. В связи с этим большое значение для обеспечения безопасных условий труда и предупреждения аварийных ситуаций играет использование автоматических систем контроля параметров дегазационных установок. Данная система включает в себя аппаратуру отбора, передачи и приема информации, переносные приборы и датчики для контроля газодинамических параметров метано-воздушной смеси (МВС), регуляторы величины давления, водопылеотделители, а также средства метрологического обеспечения [1, 2].

Контроль и автоматизация дегазационных систем угольных шахт подразумевает решение следующих задач [2]:

- автоматизация вакуум-насосов;
- передача информации об основных параметрах работы используемого оборудования;
- контроль концентрации метана в здании вакуум-насосной станции и в поступающей МВС;
- контроль газодинамических параметров МВС в скважинах, участковых и нагнетательном дегазационных трубопроводах с использованием стационарных переносных приборов;
- осуществление автоматического отключения или включения основных и резервных вакуум-насосов;
- сброс газа в атмосферу через «свечу» и перекрытие подачи газа потребителю.

Кроме того необходимо решение комплекса задач, связанных с повышением эффективности ДС за счет оптимизации работы ее отдельных элементов.

В дегазационном трубопроводе контролю подлежат следующие газодинамические параметры: концентрация метана, абсолютное давление, средняя скорость газа в участковых и магистральных трубопроводах, влажность и содержание пыли в газовом потоке. При оценке погрешностей результатов измерений используют следующие соотношения [3]:

$$\Delta(x) = \frac{\gamma_0 X_k}{100}; \quad (1)$$

$$\varphi_{i\delta}(x) = \frac{\Delta(x)}{x} 100; \quad (2)$$

$$\varphi_{i\delta}(x) = \frac{\Delta(x)}{X_k}, \quad (3)$$

где  $\Delta(x)$ ,  $\varphi_{om}(x)$ ,  $\varphi_{np}(x)$  – абсолютная, относительная и приведенная погрешности соответственно;  $\gamma_0$  – класс точности прибора;  $x$  – измеренная величина;  $X_k$  – предел измерений.

В соответствии с [4] величина среднеквадратической погрешности определяется как

$$G(x) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta x_i)^2}{n(n-1)}}, \quad (4)$$

где  $\Delta x_i$  – абсолютная погрешность отдельных измерений;  $n$  – число измерений.

Если измеряемая величина не подлежит непосредственным измерениям, то последние носят косвенный характер. Примером этому служит измерение геометрических параметров местных и распределенных отложений в участковых дегазационных трубопроводах.

Величина абсолютной погрешности в случае косвенных измерений будет определяться из выражения [4]

$$(\Delta f)^2 = \left( \frac{\partial f}{\partial a} \Delta a \right)^2 + \left( \frac{\partial f}{\partial b} \Delta b \right)^2 + \left( \frac{\partial f}{\partial c} \Delta c \right)^2 + \dots + \left( \frac{\partial f}{\partial z} \Delta z \right)^2, \quad (5)$$

где  $f(a, b, c, \dots, z)$  – косвенно измеряемая величина;  $a, b, c, \dots, z$  – величины, определяемые прямыми измерениями.

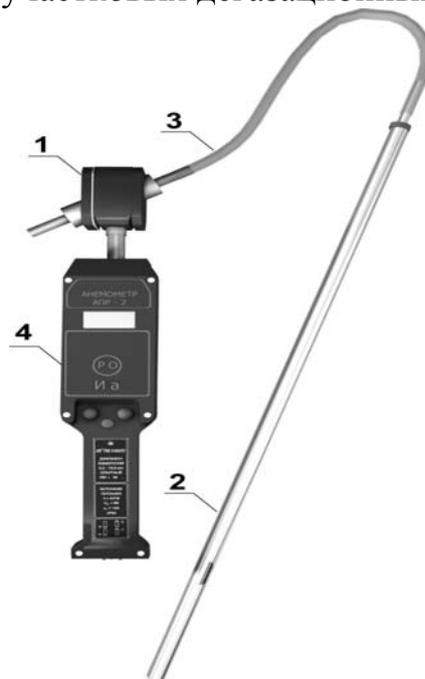
Для относительной погрешности получим:

$$(\varepsilon_f)^2 = \left( \frac{\partial(\ln f)}{\partial a} \Delta a \right)^2 + \left( \frac{\partial(\ln f)}{\partial b} \Delta b \right)^2 + \left( \frac{\partial(\ln f)}{\partial c} \Delta c \right)^2 + \dots + \left( \frac{\partial(\ln f)}{\partial z} \Delta z \right)^2. \quad (6)$$

В ИГТМ НАН Украины разработан аэродинамический преобразователь разности давлений ПРД-1 [5], который предназначен для измерения депрессии на вентиляционных сооружениях шахт, в дегазационных трубопроводах, вентиляционных каналах промышленных и непромышленных предприятий, в том числе опасных по газу и пыли (рис. 1).

ПРД-1 прошел метрологическую аттестацию в Днепропетровском государственном центре стандартизации, метрологии и сертификации (ДГЦСМС).

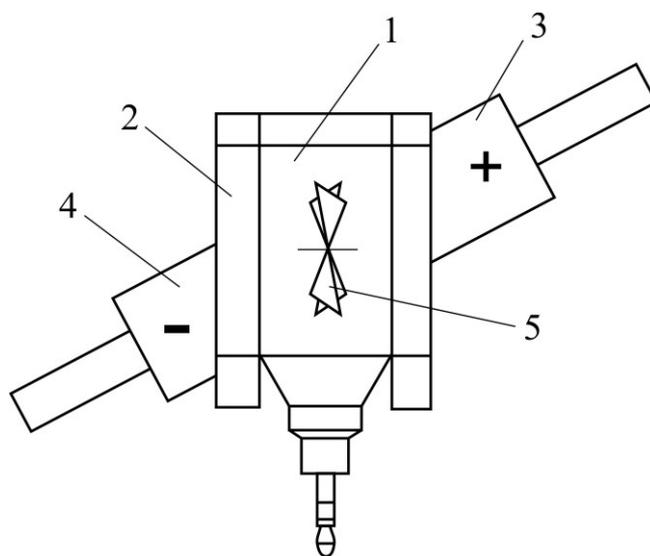
Данный прибор позволяет измерять давления в диапазоне от 20 до 10000 Па, что позволяет его использовать для измерения величины разрежения в устьях дегазационных скважин и в участковых дегазационных трубопроводах [5].



1 – первичный преобразователь, 2 – статический зонд, 3 – соединительная трубка; 4 – измерительный блок анемометра АПР-2.

Рис. 1 – Аэродинамический преобразователь разности давлений в комплекте с измерительным блоком анемометра АПР-2.

На рис. 2 представлен первичный преобразователя разности давлений.

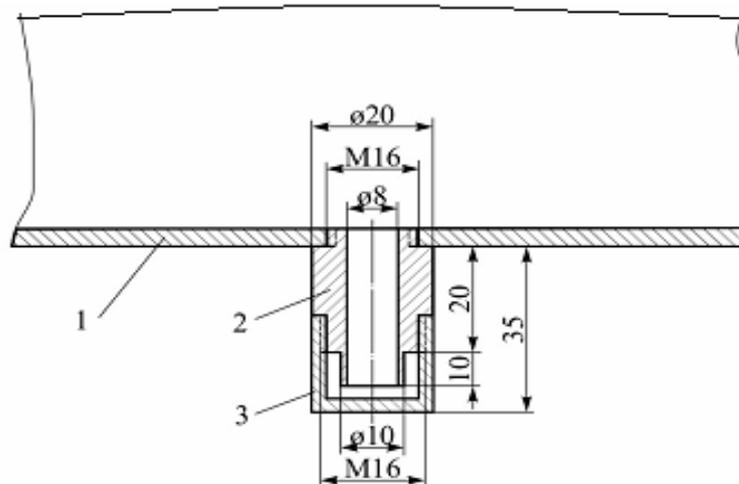


- 1 – первичный преобразователь скорости движения воздуха анемометра АПР-2;  
 2 – крышка; 3- форсунка высокого давления; 4 – форсунка низкого давления;  
 5 – крыльчатка.

Рис. 2 – Первичный преобразователь разности давлений.

Первичный преобразователь разности давлений (рис. 2) состоит из первичного преобразователя скорости движения воздуха анемометра АПР-2, герметично закрытого двумя крышками с форсунками высокого и низкого давления. Форсунка высокого давления имеет маркировку на крышке знаком "+", форсунка низкого давления – со знаком "-".

На рис. 2 представлено конструктивная схема устройства для подсоединения ПРД-1 к дегазационному трубопроводу



- 1 – дегазационный трубопровод; 2 – штуцер; 3 – защитный колпачок.

Рис. 3 – Устройство для подсоединения АПРД-1 к дегазационному трубопроводу.

К отечественным системам контроля аэрогазодинамических параметров можно отнести систему контроля параметров дегазационной сети шахты, в которой используется аппаратура «КРУГ» [6]. Система контроля включает в себя: вычислительный блок ВБ-03, датчик концентрации метана ДМС-034, датчик влажности ДВМ, стационарный датчик давления СДД-01, датчик темпера-

туры ДТМ, повторитель сигналов ПС-014, искробезопасный источник питания ZVD, повторитель сигналов ПС-02, преобразователь интерфейсов RSX, OPS-сервер Krug OPS. Вычислительный блок ВБ-03 имеет возможность работы в составе информационно-управляющей системы.

Технические средства рассматриваемой системы контроля разделяются на следующие уровни: полевой, контроллерный, передачи информации, питания, диспетчерский.

Технические средства полевого уровня связывают систему контроля с сетью дегазационных трубопроводов. Технические средства контроллерного уровня предназначены для преобразования сигналов исходящих от датчиков, блокировки промежуточных реле, представление полученных данных для диспетчерского уровня. Технические средства уровня передачи информации предназначены для осуществления обмена данными между техническими средствами диспетчерского уровня и контроллерного уровней по проводной линии связи. Технические средства уровня питания обеспечивают электрическое питание технических средств уровня передачи информации, контроллерного и полевого уровней. Технические средства диспетчерского уровня осуществляют прием информации на автоматизированное рабочее место оператора, где происходит ее обработка и отображение на соответствующих мнемосхемах, а также ее передачу контроллерному уровню путем использования технических средств передачи информации.

Система газоаналитическая многофункциональная «Микрон 1Р», предназначена для автоматического измерения параметров состояния промышленных и горно-технологических объектов [7]. Из основных задач выполняемых этой системой следует отметить: измерение концентрации метана, оксида углерода, диоксида азота, диоксида углерода, измерение скорости газового потока, обнаружение ранних признаков пожаров в выработке, контроль состояния технологического оборудования, контроль работы систем дегазации и газоотсоса, местная и телесигнализация о превышении значений контролируемых параметров заданных величин на подземных и наземных вычислительных устройствах, централизованное воздействие на локальные системы автоматического управления основным и вспомогательным оборудованием, формирование отчетов о работе технологического оборудования.

Рассматриваемая система базируется на пакетах прикладных программ, позволяющих осуществлять модернизацию систем контроля и управления.

Использование систем передачи информации позволяет передавать различные цифровые данные в шахтных измерительных, информационных и управляющих систем, автоматизированных системах оперативно-диспетчерского управления, а также системах автоматического управления и контроля в нормальных и аварийных ситуациях.

Мировыми лидерами в разработке газоаналитических систем и приборов оптического типа являются фирмы DRAGER (Германия) и RIKEN KEIKI (Япония). В частности на российском рынке продукция фирмы DRAGER представлена трассовыми газоанализаторами серий GDXL и GD200, а также контрольно-измерительной системой Polytron-Regard [8]. Газоанализаторы и контрольно-

но-измерительная система используются для контроля содержания газа в газопроводах высокого давления и основаны на использовании инфракрасных датчиков. Отличительной особенностью системы Polytron-Regard является ее универсальность, что позволяет ее адаптировать для работы в шахтных дегазационных трубопроводах.

Из существующих газоаналитических приборов оптического типа интерес представляют волоконно-оптические датчики [9], основными элементами которых являются сенсорные оптические ячейки и волоконно-оптический кабель. Принцип действия этих датчиков основан на поглощении воздухом характерных спектральных линий газов. Датчики могут объединяться в системы контроля и позволяют определять скорость, температуру, давление, влажность, запыленность и объемное содержание различных газов. В частности при определении мест образования водяных «пробок» в дегазационных трубопроводах и других технологических системах используются акустические датчики. По полученной величине акустического сигнала определяется структура и расходных характеристик газожидкостной среды [10].

К основным достоинствам волоконно-оптических датчиков и построенных на их базе систем контроля можно отнести: отсутствие взаимодействия измерительного элемента с окружающей средой, высокая чувствительность и широкий диапазон измерений, возможность объединения с системами сбора информации, пожарной сигнализацией и системами телевидения, искро- и пожаробезопасность системы, а также возможность работы в агрессивной среде.

Несмотря на свою универсальность широкого применения волоконно-оптические системы контроля не получили, что связано со сложностью соединений и разветвлений в системе, высокую стоимость и невозможностью подсоединения к системе контроля датчиков других типов.

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

- для повышения эффективности работы шахтной дегазационной системы необходимо использовать средства контроля и автоматизации адаптированные к условиям эксплуатации газопроводной сети;

- при планируемом использовании современных систем контроля и автоматизации дегазационных систем необходимо проведение сравнительного анализа ожидаемого экономического эффекта от внедрения этих систем и затрат на приобретение комплектующих материалов и оборудования

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бирюков С.В. Метрология: тексты лекций / С.В. Бирюков, А.И. Чередов. – Омск: ОмГТУ, 2000. – 110 с.
2. Карпов Е.Ф. Автоматизация и контроль дегазационных систем / Е.Ф. Карпов, А.В. Рязанов. – М.: Недра, 1983. – 190 с.
3. Новицкий П.В. Оценка погрешностей результатов измерений / П.В. Новицкий, И.А. Зограф. – Л.: Энергоатомиздат, 1991. – 304 с.
4. Савчук В.П. Обработка результатов измерений. Физическая лаборатория: учеб. пособие для студентов вузов / В.П. Савчук. – Одесса: ОНПУ, 2002. – 54 с.
5. Совершенствование вентиляции и дегазации угольных шахт/ А.Ф. Булат, Е.Л. Звягильский, Б.В. Бокий, В.В. Радченко, И.А. Яценко, И.А. Ефремов, О.С. Торопчин, Т.В. Бунько, В.Г. Красник, И.Е. Кокоулин. – Днепропетровск, 2005. – С. 133-143.
6. Аппаратура «КРУГ». Система контроля параметров дегазационной сети шахты: Руководство пользователя: ИГТ.041410.002-00.003 РП. – Екатеринбург, 2008. – [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://analitpriborc.ru/virtuemart/607.htm/> свободный. Загл. с экрана.

7. Руководство по оборудованию и эксплуатации системы газоаналитической шахтной многофункциональной «Микрон 1Р»: 4217.01.000.000 РЭ. – Екатеринбург, 1997-2009. – Т.1. – [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.twirpx.com/files/geologic/ventilation/> свободный. Загл. с экрана.

8. Системы контроля загазованности оптического типа / Р.М. Хамадиев, Д.Н. Федосеев, И.И. Лукица, О.Г. Зверев // Экспозиция Нефть Газ. – Казань: Логос, 2007. – № 11. – С. 43 – 45.

9. Берикашвили, В.Ш. Волоконно-оптические системы контроля атмосферы угольных шахт / В.Ш. Берикашвили, М.В. Хиврин. – М.: Радиотехника, 2001. – №5. – С. 21-27.

10. Королев А.В. Акустическая диагностика режимов течения двухфазного потока /А.В. Королев // Тр. одесского политехн. ун-та. – 2001. – Вып. 3 (15). – С. 40-42.

**УДК 622.411.332: 550.832.012**

Канд. техн. наук С.Ю. Макеев,  
инж. А.А. Каргаполов,  
канд. техн. наук С.Ю. Андреев  
(ИГТМ НАН Украины)

## **ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ФЛЮИДОСОДЕРЖАЩИХ УЧАСТКОВ В ГОРНОМ МАССИВЕ ПО ДАННЫМ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Использование первичных материалов угольного каротажа и тренд-анализ поверхности кровли основных горизонтов песчаников позволили повысить достоверность выявления газовых скоплений и флюидонасыщенных областей. Для исследований был выбран Кальмиуский рудник, который является естественным продолжением по падению полей шахт им. А.Ф. Засядько и им. Поченкова. На основе базы данных геолого-геофизических исследований построена 3D модель исследуемого участка.

## **PROGNOSTICATION OF AREAS IN A ROCK MASS CONTAINING FLUIDS, USING DATA OF GEOPHYSICAL RESEARCHES**

Use of primary materials of the coal logging and the trend - analysis of roof surface of basic horizons of sandstones made it possible to increase authenticity of exposure of gas accumulations and fluids saturated areas. For researches Kalmius mine was chosen which is natural continuation A-dipping the fields of mines named after A.F. Zaszjadko and Pochenkov. On the basis of these data geological and geophysical researches the 3D model of the analyzed area is developed.

Прогнозирование и обнаружение в углепородном массиве флюидосодержащих участков различной степени влаго- и газонасыщенности – одна из наиболее трудных и важных задач горной науки. Выявить их возможно двумя основными методами: разведочным бурением или геофизикой. Бурение имеет неоспоримое преимущество, состоящее в непосредственном изучении вещества и свойств горных пород. Однако, из-за высокой стоимости скважин применение данного метода не является целесообразным. Значительно меньшими затратами характеризуются методы разведочной геофизики, но их перспективность остается недостаточно освещенной. Таким образом, проблема сводится к отсутствию экономически эффективного и достоверного метода обнаружения коллекторов в угленосной толще.

Разведочное бурение на уголь не предусматривает исследования состава и морфологии пород-коллекторов [1], поэтому оно изначально дает лишь общее представление о гранулярных коллекторах. Остаются необнаруженными и