

УДК 622.831.3:681.583.3

В.И. Голинько (д-р техн.наук, проф.)

Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет»

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СРЕДСТВ КОНТРОЛЯ ВЗРЫВООПАСНОСТИ РУДНИЧНОЙ АТМОСФЕРЫ

Выполнен анализ существующих методов контроля содержания метана, пригодных для создания универсальных широкодиапазонных газоанализаторов. Обоснован метод с использованием двухкамерного термокаталитического датчика с разным температурным режимом чувствительных элементов.

Ключевые слова: рудничная атмосфера, метан, методы измерения, датчики, анализаторы.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Одной из наиболее актуальных проблем для горной промышленности является борьба с взрывами метана. Среди мероприятий, направленных на профилактику взрывов метана, важная роль отводится контролю его содержания в рудничной атмосфере.

Существующие анализаторы метана обеспечивает надежный контроль его содержания в основном в диапазоне объемных долей 0-2,5%. Однако в ряде случаев, например при пожарах и внезапных выбросах угля, породы и газа, когда существенно изменяется газовый состав рудничной атмосферы и в горных выработках образуются газовые смеси с высокой концентрацией метана, существующие анализаторы оказываются неработоспособными, что затрудняет принятие решений, направленных на спасение людей и ликвидацию аварии.

Анализ исследований и публикаций. В известных широкодиапазонных анализаторах метана одновременно использовались термокаталитический и термокондуктометрический методы измерения [1]. Они включали две мостовые схемы для измерения соответственно низких и высоких концентраций метана. Первая схема содержала каталитически активный и компенсационный элементы, которые контактировали с контролируемым газом. Компенсационный элемент первого моста являлся частью второй мостовой схемы, в которой он выполнял функции чувствительного элемента. Вторая мостовая схема содержала также элемент, защищенный от контролируемого газа, который в этом мосте является компенсационным. Анализаторы включают также элементы для коммутации напряжения питания обеих мостовых схем в зависимости от концентрации контролируемого газа.

В результате того, что датчики низкой и высокой концентрации метана постоянно включены в аппаратуре отсутствуют переходные процессы, связанные с разогревом датчиков. Исключение переходных процессов, связанных с разогревом чувствительных элементов повышает надежность системы газового контроля. Однако, одновременное применение двух датчиков усложняет конструкцию анализаторов, они имеют сравнительно большое энергопотребление, что ограничивает применение указанного принципа в переносных приборах индивидуального, группового пользования и в сигнализаторах метана, соединенных с головными светильниками.

Указанный недостаток устранен в других разработках путем одновременного использования сравнительного элемента термокаталитического датчика в датчике теплопроводности и поочередного включения датчиков. Так в одном из вариантов анализаторов [2] при повышении содержания горючего газа выше указанного уровня первый мост, содержащий каталитически активный элемент, отключается и включается второй мост, который работает на кондуктометрическом принципе. При этом компенсационный элемент второй мостовой схемы, отключенный и

холодный в начальном состоянии, начинает разогреваться, и измерение вторым мостом возможно только после окончания переходного процесса, связанного с разогревом компенсационного элемента. В это время измерения содержания метана не происходит, что снижает надежность газового контроля.

В последующих разработках аппаратуры газового контроля [3], в отличие от описанного ранее анализатора [2] с целью упрощения конструкции и снижения энергопотребления как датчик метана высоких концентраций используется только компенсационный чувствительный элемент термokatалитического датчика. Информационным параметром при этом является величина напряжения на сравнительном элементе при питании его от источника стабильного тока.

Использование сравнительного элемента термokatалитического датчика в качестве датчика теплопроводности в термокондуктометрическом сенсоре позволяет уменьшить энергопотребление, отсутствие компенсационного элемента в термокондуктометрическом датчике позволяет снизить длительность переходных процессов, связанных с его разогревом. Однако обоим рассмотренным решениям присущ ряд общих недостатков, которые приводят к сбоям в работе анализаторов и ограничивают их применение.

Постановка задачи. Целью настоящей публикации является обоснование методов контроля состава газовых смесей, позволяющих создать универсальные широкодиапазонные анализаторы метана с диапазоном измерения его объемной доли 0-100%.

Изложение материала и результаты.

Для обоснования метода контроля выполним анализ особенностей работы анализаторов при использовании сравнительного элемента термokatалитического датчика в качестве датчика теплопроводности. При этом рассмотрим два возможных варианта работы датчика при высоких концентрациях метана, а именно вариант когда каталитически активный элемент термokatалитического датчика не отключается и вариант согласно [2], когда при достижении порогового значения концентраций производится отключение каталитически активного элемента.

Так как при высоких концентрациях метана возможен перегрев каталитически активного элемента, приводящий к нарушению его работоспособности, первый вариант возможен при существенном ограничении диффузии контролируемой среды в реакционную камеру, например при применении датчиков с двойным диффузионным фильтром [4], или при использовании схемы включения со стабилизацией напряжения на рабочем элементе [5]. В любом случае, вследствие окисления метана на каталитически активном элементе, его концентрация в реакционной камере однокамерных датчиков будет существенно отличаться от концентрации метана в анализируемой среде. Связь между этими величинами при поступлении метана в камеру за счет диффузии обычно представляют в виде [4]

$$C_{i\epsilon} = \tilde{N}_{i\tilde{n}} \frac{\gamma_{\delta}}{\gamma_{\delta} + \gamma_{\gamma}}, \quad (1)$$

где $C_{i\epsilon}$, $\tilde{N}_{i\tilde{n}}$ - соответственно, объемная доля метана, в смеси и камере, %: γ_{δ} , γ_{γ} - соответственно, газодиффузионная проводимость фильтра и эффективная диффузионная проводимость рабочего элемента м³/с.

$$\Delta C_i = \tilde{N}_{i\tilde{n}} \left(1 - \frac{\gamma_{\delta}}{\gamma_{\delta} + \gamma_{\gamma}} \right) \quad (2)$$

Разница между концентрацией метана в смеси и в камере определяет величину потока метана в камеру и, следовательно, количество тепла, выделяющегося на рабочем элементе, прирост его температуры и величину выходного сигнала измерительного моста.

Следует отметить, что выражения (1) и (2) справедливы для случая, когда лимитирующим агентом в смеси газов, определяющим скорость реакции, является метан. При объемной доле метана свыше 9% лимитирующим компонентом становится кислород воздуха и количество тепла, выделяющегося на рабочем элементе, будет пропорционально потоку кислорода Q_k к поверхности этого элемента [4]. Величина ΔC_i в этом случае будет снижаться - от максимального значения при объемной доле метана 9% до нуля при 100% метана в смеси. Приняв, что величина ΔC_i в данном случае снижается линейно, при объемной доле метана свыше 9% выражение для определения ΔC_i примет вид

$$\Delta C_i = \frac{9(100 - C_{i\tilde{n}})}{91} \cdot \left(1 - \frac{\gamma_{\delta}}{\gamma_{\delta} + \gamma_{y}} \right). \quad (3)$$

В этом случае объемная доля метана в камере будет

$$C_{i\hat{e}} = \tilde{N}_{i\tilde{n}} - \frac{9(100 - C_{i\tilde{n}})}{91} \cdot \left(1 - \frac{\gamma_{\delta}}{\gamma_{\delta} + \gamma_{y}} \right). \quad (4)$$

Поток метана в камеру Q_i , окисляющийся на рабочем элементе обычно определяется как [4]

$$Q_i = \Delta C_i \gamma_{\delta}. \quad (5)$$

Для окисления Q_i расходуется удвоенное количество кислорода $Q_{\hat{e}}$.

$$Q_{\hat{e}} = 2Q_i. \quad (6)$$

В свою очередь поток кислорода в реакционную камеру зависит от разности концентраций кислорода в смеси и в камере $\Delta C_{\hat{e}}$ и диффузионной проводимости фильтра для кислорода $\gamma_{\delta\hat{e}}$

$$Q_{\hat{e}} = \Delta C_{\hat{e}} \gamma_{\delta\hat{e}}, \quad (7)$$

Из уравнений (5) - (7) следует

$$\Delta C_{\hat{e}} = 2\Delta C_i \frac{\gamma_{\delta}}{\gamma_{\delta\hat{e}}}. \quad (8)$$

Учитывая линейную зависимость проводимости фильтра от коэффициентов диффузии газов [6] выражение (8) можно представить в виде

$$\Delta C_{\hat{e}} = 2\Delta C_i \frac{D_i}{D_{\hat{e}}}, \quad (9)$$

где $D_i, D_{\hat{e}}$ – соответственно, коэффициенты диффузии метана и кислорода в воздухе, $\text{м}^2/\text{с}$.

Таким образом, подача в камеру кислорода, необходимого для окисления потока метана Q_i обеспечивается при разности концентраций кислорода в смеси и в камере $\Delta C_{\hat{e}}$, и, следовательно, объемная доля кислорода в камере $C_{\hat{e}\hat{e}}$ при объемной доле метана до 9% состави

$$C_{\hat{e}\hat{e}} = C_{\hat{e}\hat{n}} - \Delta C_{\hat{e}} = C_{\hat{e}\hat{n}} - 2C_{i\hat{n}} \left(1 - \frac{\gamma_{\hat{o}}}{\gamma_{\hat{o}} + \gamma_{\hat{y}}} \right) \frac{D_i}{D_{\hat{e}}}, \quad (10)$$

где $C_{\hat{e}\hat{n}}$ - объемная доля кислорода в смеси, %.

Соответственно в диапазоне более высоких концентраций метана

$$C_{\hat{e}\hat{e}} = C_{\hat{e}\hat{n}} - 2 \frac{9(100 - C_{i\hat{n}})}{91} \cdot \left(1 - \frac{\gamma_{\hat{o}}}{\gamma_{\hat{o}} + \gamma_{\hat{y}}} \right) \frac{D_i}{D_{\hat{e}}}. \quad (11)$$

В свою очередь содержание кислорода в рудничной атмосфере линейно уменьшается по мере поступления метана. Эту связь представляют в виде

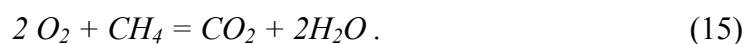
$$\tilde{N}_{\hat{e}c} = 0,21(100 - C_{ic}). \quad (12)$$

В таком случае выражения (10) и (11) можно представить в виде

$$C_{\hat{e}\hat{e}} = 0,21(100 - C_{i\hat{n}}) - 2C_{i\hat{n}} \left(1 - \frac{\gamma_{\hat{o}}}{\gamma_{\hat{o}} + \gamma_{\hat{y}}} \right) \frac{D_i}{D_{\hat{e}}}, \quad (13)$$

$$C_{\hat{e}\hat{e}} = 0,21(100 - C_{i\hat{n}}) \left(\frac{\gamma_{\hat{o}}}{\gamma_{\hat{o}} + \gamma_{\hat{y}}} \right) \frac{D_i}{D_{\hat{e}}}, \quad (14)$$

Окисление метана смеси на катализаторах глубокого окисления идет согласно известной реакции



Продукты окисления за счет разности их концентраций в камере и смеси удаляются из реакционной камеры путем диффузии. Аналогично (9) разность объ-

емной доли углекислого газа ΔC_{CO_2} и водяного пара $\Delta C_{\hat{a}i}$ в камере и в смеси при этом составит

$$\Delta C_{CO_2} = \Delta C_i \frac{D_i}{D_{CO_2}}; \quad \Delta C_{\hat{a}i} = 2\Delta C_i \frac{D_i}{D_{\hat{a}i}}, \quad (16)$$

где $D_{\hat{n}i}, D_{\hat{a}i}$ – соответственно, коэффициенты диффузии углекислого газа и водяного пара в воздухе, м²/с.

С учетом наличия в анализируемой смеси углекислого газа $C_{\hat{n}i,c}$ и водяного пара $C_{\hat{a}i,c}$ их объемные доли в камере $D_{\hat{n}i,\hat{e}}$ и $D_{\hat{a}i,\hat{e}}$ будут равны

$$C_{CO_2,\hat{e}} = C_{CO_2,\hat{n}} + \Delta C_i \frac{D_i}{D_{CO_2}}; \quad C_{\hat{a}i,\hat{e}} = C_{\hat{a}i,\hat{n}} + 2\Delta C_i \frac{D_i}{D_{\hat{a}i}}. \quad (17)$$

Как видно из полученных выражений состав газовой смеси в реакционной камере термokatалитического датчика существенно отличается от состава анализируемой смеси, причем с уменьшением диффузионной проводимости фильтра эти отличия увеличиваются.

Таблица 1- Состав анализируемой газовой смеси и смеси в реакционной камере

Наименование смеси	Объемная доля компонентов смеси, %				
	CH ₄	O ₂	CO ₂	H ₂ O	Остальные
Анализируемая смесь	5	20	0	0	75
Смесь в камере при $\gamma_{\hat{o}} = \gamma_{\hat{y}}$	2,5	15.5	3,5	5,1	73,4

Таблица 2 - Теплопроводность анализируемой смеси и смеси в реакционной камере

Наименование смеси	Коэффициент теплопроводности смеси $\lambda \cdot 10^3$ Вт/м·°С, при температуре термоэлемента, °С		
	400	320	210
Анализируемая смесь	40,667	37,646	33,431
Смесь в камере при $\gamma_{\hat{o}} = \gamma_{\hat{y}}$	40,362	37,119	32,729

Рассмотрим, как повлияют изменения газового состава в реакционной камере на результаты измерения датчиком теплопроводности, для случая $\gamma_{\hat{o}} = \gamma_{\hat{y}}$ и объемной доле метана в смеси 5 %, при которой в широкодиапазонных анализаторах обычно переходят от термokatалитического к термокондуктометрическому методу измерения. Состав анализируемой газовой смеси и смеси в реакционной камере, определенный для данного случая приведен в табл. 1. Результаты расчета теплопроводности смеси газов, для случая $\gamma_{\hat{o}} = \gamma_{\hat{y}}$ и объемной доле метана в смеси 5 %, выполненные с использованием выражений, заимствованных из [7] при различной

температуре нагрева чувствительного элемента датчика теплопроводности приведены в табл. 2.

Исходя из данных табл. 2 рассчитанное согласно [7] значение погрешности измерения, обусловленной несоответствием газового состава смеси в реакционной камере анализируемой смеси, при объемной доле метана 5% и температуре разогрева термоэлементов 400°C составляет 0,7%. Максимальное значение этой погрешности, соответствующее объемной доле метана 9%, составляет 1,26%, что в общем удовлетворяет предъявляемым требованиям к средствам контроля взрывоопасности. Однако опыт эксплуатации анализаторов метана и их исследования в лабораторных условиях [8, 9] показывают, что при наличии в рудничной атмосфере высокой концентрации метана, его высших гомологов, водорода и оксида углерода и температуре предварительного разогрева сравнительного элемента термokatалитического датчика 400°C наблюдается их интенсивное окисление на данном элементе, что приводит к провалам выходной характеристики измерительного моста. Кроме того, выполненные исследования [9] показали, что при такой температуре нагрева сравнительного элемента на его поверхности происходит накопление продуктов термической деструкции углеводородов, что приводит к изменению процессов теплообмена. Все это практически исключает возможность использования сравнительного элемента в качестве датчика теплопроводности при данном тепловом режиме.

Для исключения процессов карбонизации сравнительного элемента и окисления на нем горючих газов нами предложен способ измерения, заключающийся в использовании в термokatалитических датчиках различных тепловых режимов термоэлементов [10]. В этом случае рассчитанное значение погрешности измерения, обусловленной несоответствием газового состава смеси в реакционной камере анализируемой смеси, при объемной доле метана 5% и температуре разогрева сравнительного термоэлемента 320 и 210°C, соответственно составляет 1,45 и 2,1%, а максимальное значение этой погрешности при объемной доле метана 9% соответственно составляет 2,61 и 3,78%. Как видно, при использовании в качестве датчика теплопроводности сравнительного элемента термokatалитического датчика работающего при более низкой температуре разогрева погрешность измерения из-за различий газового состава существенно возрастают.

Следует также отметить, что при уменьшении газодиффузионной проводимости фильтра состав газа в камере в большей степени отличается от состава анализируемой смеси, что приводит к увеличению погрешности измерения. При большей газодиффузионной проводимости фильтра указанная погрешность уменьшается, однако в этом случае возможны существенные температурные перегрузки рабочего элемента термokatалитического датчика.

Указанные выше недостатки ограничивают возможность использования сравнительного элемента термokatалитического датчика в качестве датчика теплопроводности. Поэтому в аппаратуре газового контроля, при переходе с термokatалитического метода контроля на термокондуктометрический, каталитически активный элемент или отключают, или снижают его температуру до величины, при которой прекращается горение на нем метана. Рассмотрим второй вариант работы датчика при высоких концентрациях метана, когда при достижении порогового значения концентраций производится отключение каталитически активного элемента. Объемная доля метана, кислорода и других газов в реакционной камере в момент отключения каталитически активного элемента будет определяться согласно с выражениями (1), (13), (17).

После отключения каталитически активного элемента происходит изменение концентрации газов в камере вплоть до выравнивания газового состава в камере и анализируемой смеси. Скорость изменения объемной доли метана в этом случае будет

$$\frac{dC_{mk}}{dt} = \frac{\gamma_{\phi}}{V_p} (C_{mc} - C_{mk}), \quad (18)$$

где V_p – объем реакционной камеры, m^3 .

С учетом начальных условий решение уравнения имеет вид

$$C_{mk} = C_{mc} - (C_{mc} - C_{mk0}) \exp\left(-\frac{\gamma_{\phi}}{V_p} t\right), \quad (19)$$

где C_{mk0} – объемная доля метана в камере в момент отключения, %.

Из выражения (19) видно, что длительность переходного процесса определяется величиной отношения диффузионной проводимости фильтра к объему реакционной камеры. Так, например, объем реакционной камеры термокаталитических датчиков используемых в серийно выпускаемых анализаторах метана АТ1-1 и АТ3-1 составляет около $V_p = 4 \cdot 10^{-7} m^3$. Экспериментально определенная величина диффузионной проводимости металлокерамического фильтра термокаталитических датчиков для этих анализаторов составляет $\gamma_{\phi} = 10^{-7} m^3/c$ [4]. При таких значениях проводимости и объема постоянная времени составляет $\tau = 4c$ и можно считать, что за время 3τ концентрации метана в реакционной камере и анализируемой смеси практически выравниваются.

С учетом несколько меньшего значения коэффициента диффузии углекислого газа в сравнении с коэффициентом диффузии метана, можно считать, что в рассмотренных датчиках после выключения каталитически активного элемента переходной газодинамической процесс длится около 20 секунд. По истечении этого времени состав газовой смеси в камере и окружающей среде можно считать идентичным.

Отключение или изменение режима работы каталитически активного элемента датчика путем его шунтирования приводит к уменьшению суммарного тепловыделения от чувствительных элементов и, соответственно, к снижению средней температуры газа в камере и температуры сравнительного элемента. Тепло, выделяемое чувствительными элементами термокаталитического датчика P_{ϕ} , отводится от реакционной камеры в окружающую среду за счет наличия температурного напора Δt_{ϕ} путем теплопроводности воздуха и элементов крепления датчика, конвекции, теплопроводности токоподводящих проводников и излучения. Тепловой напор $\Delta t_{\phi} = t_c - t_{\phi}$ зависит от тепловыделения чувствительных элементов и условий теплообмена.

Основными формами переноса тепла от датчика в окружающую среду является теплопроводность и конвекция [6]. Процесс теплопередачи за счет теплопроводности газовой среды и конвекции обычно упрощают и рассматривают его как кондуктивную теплопередачу. В таком случае можно записать

$$P_{\phi} = \alpha_{\kappa} F_{\kappa} \Delta t_{\phi} + \alpha_{\phi} F_{\phi} \Delta t_{\phi} = (\alpha_{\kappa} F_{\kappa} + \alpha_{\phi} F_{\phi}) \Delta t_{\phi}, \quad (20)$$

где $\alpha_{\kappa}, \alpha_{\phi}$ – соответственно, коэффициенты теплопередачи элементов крепления и фильтра, $Вт/(m^2 \cdot ^\circ C)$; F_{κ}, F_{ϕ} – соответственно, площадь контакта основания датчика с элементами крепления и площадь фильтра, m^2 .

Как видно из (20) тепловой напор в данном случае линейно связан с мощностью, выделяемой в термоэлементах, которая в свою очередь определяется мощностью выделяемой при прохождении электрического тока и мощностью выделяемой на активном элементе вследствие окисления метана. При отключении активного элемента эта мощность и, следовательно, тепловой напор Δt_o , снижаются более чем в два раза.

Тепловой напор в анализаторах метана находится в пределах 10-20 °С. В таком случае при отключении активного элемента величина Δt_k может составлять более 10 °С и на такую же величину может снизиться температура сравнительного элемента. Очевидно, что в данном случае измерения датчиком теплопроводности возможны только после окончания переходного теплового процесса, который в анализаторах метана обычно длится десятки минут.

Исключить переходные тепловые и газодинамических процессы при отключении или шунтировании каталитически активного элемента в термокаталитических датчиках газоанализаторов можно при отдельной подаче анализируемой смеси к чувствительным элементам датчиков, т.е. при размещении чувствительных элементов под отдельными газодиффузионными фильтрами. В предложенных двухкамерных термокаталитических датчиках [11] с целью исключения сбоев в работе анализаторов при высоких концентрациях метана, вызванных окислением на сравнительном элементе горючих газов, газодиффузионное сопротивление фильтра камеры со сравнительным элементом выбиралось на несколько порядков большим, чем сопротивление фильтра камеры с рабочим элементом. В нашем случае при использовании сравнительного элемента термокаталитического датчика в качестве датчика теплопроводности, газодиффузионное сопротивление фильтров камер следует выбирать одинаковым, а для исключения окисления горючих газов на сравнительном элементе и его карбонизации, использовать предложенный нами способ измерения, отличающийся выбором различных тепловых режимов термоэлементов [10]. Обеспечить разные тепловые режимы чувствительных элементов можно различными способами, например, выполнением термоэлементов с разным сопротивлением или разными размерами.

Температуру разогрева сравнительного элемента термокаталитического датчика, который используется в качестве датчика теплопроводности, следует выбирать в диапазоне 240 - 250 °С. Это позволяет исключить окисление на нем высших гомологов метана, водорода и оксида углерода, которые могут присутствовать в рудничном газе, а также предотвратить накопление продуктов термической деструкции углеводородов на его поверхности [9].

При питании измерительного моста с термокаталитическим датчиком от источника стабильного тока и использовании его сравнительного элемента в качестве датчика теплопроводности, объемная доля метана определяется по величине напряжения на данном элементе. В свою очередь при таком режиме питания величина этого напряжения зависит как от теплопроводности смеси, так и от ее температуры [11]. Поэтому в данном случае обязательно наличие в анализаторе датчика температуры и осуществление коррекции результатов измерения исходя из его показаний.

Выводы и направление дальнейших исследований

Изложенное выше позволяет сделать вывод, что при создании широкодиапазонных универсальных анализаторов метана следует ориентироваться на использование двухкамерных термокаталитических датчиков с различным температурным режимом чувствительных элементов. Размещение чувствительных элементов под отдельными фильтрами позволяет полностью исключить переходные температурные и газодинамические процессы при переходе анализатора в режим измерения

теплопроводности и в то же время при этом обеспечивается идентичность газового состава в камере со сравнительным элементом термokatалитического датчика и в окружающей среде независимо от режимов работы каталитически активного элемента. Кроме того, при существенном ограничении подачи анализируемой среды в реакционную камеру с каталитически активным элементом этот элемент может не отключаться во всем диапазоне возможных концентраций метана.

Список литературы

1. Система контролю вмісту горючого газу в шахтній атмосфері: пат. України 61611А, МК G01N25/22, E21F17/18 / В.В. Білоножко, В.П. Білоножко, В.І. Голинько та ін. – Опубл. 17.11.03.; Бюл. №11.
2. Пат. 2475733 Франція, МПК G01 N 27/16. – Опубл. "Изобретения в СССР и за рубежом" № 1, 1982.
3. Аналізатор горючих газів: пат. 79969 Україна, МПК G01N 25/22, E21 F17/18 / О.К. Котляров, В.І. Голинько, О.В. Білоножко та ін. – Опубл. 10.08.07.; Бюл. №12.
4. Голинько В.И. Контроль взрывоопасности горных выработок шахт / В.И. Голинько, А.К. Котляров, В.В. Белоножко. – Д.: Наука и образование, 2004. – 207 с.
5. Голинько В.И. Обоснование мостовой измерительной схемы термokatалитических газоанализаторов / В.И. Голинько, В.И. Романенко, В.Ю. Фрундин // Сб. науч. тр. НГУ. – 2003. – №17. – Т. 2. – С. 352-357.
6. Карпов Е.Ф. Автоматическая газовая защита и контроль рудничной атмосферы / Е.Ф. Карпов, И.Э. Биренберг, Б.И. Басовский. – М.: Недра, 1984. – 285 с.
7. Котляров А.К. Теоретическая оценка погрешностей термокондуктометрических анализаторов метана от неизмеряемых компонентов рудничной атмосферы / А.К. Котляров, В.Е. Фрундин // Гірничая електромеханіка та автоматика: наук.-техн. зб. – 2006. – Вип. 77. – С. 87-93.
8. Голинько В.И. Исследование работоспособности термokatалитических датчиков метана после их длительной эксплуатации / В.И. Голинько, А.В. Белоножко // Науковий вісник НГУ. – 2006. – №10. – С. 72-75.
9. Голинько В.И. Исследование процессов накопления продуктов термической деструкции углеводородов на поверхности термоэлементов / В.И. Голинько, А.В. Белоножко // Науковий вісник НГУ. – 2008. – №7. – С. 60-65.
10. Голинько В.И. Разработка методов контроля метана, обеспечивающих работоспособность анализаторов при аварийных загазованиях горных выработок шахт / В.И. Голинько, А.К. Котляров, А.В. Белоножко // Матер. міжн. конф. «Форум гірників-2008». – Д.: Національний гірничий університет, 2008. – С. 33-43.
11. Голинько В.И. Совершенствование термokatалитического метода контроля содержания метана в рудничной атмосфере / В.И. Голинько, А.В. Белоножко // Гірничая електромеханіка та автоматика: Наук.-техн. зб. – 2006. – Вип. 77. – С. 81-87.

Надійшла до редколегії 05.04.2012

В. І. Голинько

Національний гірничий університет

ВДОСКОНАЛЕННЯ ЗАСОБІВ КОНТРОЛЮ ВИБУХОНЕБЕЗПЕКИ РУДНИКОВОЇ АТМОСФЕРИ

Виконано аналіз існуючих методів контролю вмісту метану, придатних для створення універсальних широкодіапазонних газоаналізаторів. Обґрунтований метод з використанням двокамерного термokatалітичного датчика з різним температурним режимом чутливих елементів.

Ключевые слова: рудникова атмосфера, метан, методи вимірювання, датчики, аналізатори.

V.I. Golyanko

National Mining University

PERFECTION OF CONTROL OF EXPLOSIVENESS OF MINE ATMOSPHERE

The analysis of existent methods of controlling methane content suitable for creation universal gas analyzers is performed. A method of using two chamber sensor with different temperature mode is proposed.

Keywords: mine atmosphere, methane, measuring methods, sensors, analyzers.