

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ УКРАИНЫ
ГОСУДАРСТВЕННАЯ ГОРНАЯ АКАДЕМИЯ УКРАИНЫ

На правах рукописи

ПОЛЯКОВ Евгений Владимирович

УДК 622.331.322

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОЧНОГО МЕТОДА И РАЗРАБОТКА РАСХОДОМЕРА
МЕТАНА ДЛЯ ПРОГНОЗА ВЫБРОСОПАСНОСТИ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ

Специальность 05.26.01 - "Охрана труда и
пожарная безопасность"

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

Диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Днепропетровск - 1994

11830177
Работа выполнена в Государственной горной академии
Украины

Научный руководитель - кандидат технических наук,
старший научный сотрудник
Мирошник Г.А.

Официальные оппоненты - доктор технических наук, старший
научный сотрудник Мьякенький В.И.
кандидат технических наук,
старший научный сотрудник
Гингольд В.М.

Ведущее предприятие - научно-исследовательский институт
по безопасности работ в горной
промышленности МакНИИ.

Защита диссертации состоится "21" июня 1994 г.
в 14⁰⁰ час. на заседании специализированного совета Д.068.03.02
при Государственной горной академии Украины по адресу: 320600,
г. Днепропетровск-27, пр.К.Маркса, 19, ГГА Украины.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке академии.

Автореферат разослан "18" мая 1994 г.

Ученый секретарь
специализированного совета,
кандидат технических наук,
доцент

В.Т.Заика

ЛНБ України ім.В.Стефаника



00777492 (-)

ЛНБ ім. В. Стефаника
Дніпропетровськ

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. В настоящее время в Украине эксплуатируется 100 шахт (или 35,5 % от общего количества) разработывающих пласты, опасные по внезапным выбросам угля и газа. Безопасность ведения горных работ на этих пластах определяется достоверностью результатов текущего прогноза выбросоопасности. Широко применяемым на практике является метод прогноза выбросоопасных зон по динамике начальной скорости газовыделения. Однако использование для целей прогноза серийно выпускаемого с 1970 г. расходомера ПГ-2МА снижает достоверность прогноза из-за несовершенства данного прибора по ряду показателей - информативности, точности, большого внутреннего сопротивления, невозможности измерения объема выделившегося газа. Отсутствие функции измерения объема газа не позволяет внедрить наиболее перспективный метод контроля эффективности проводимых противовыбросных мероприятий, основанный на измерении остаточной газоносности угольного пласта и позволяющий диспетчеризировать этот контроль, используя показания датчиков системы автоматического контроля метана.

Применяемые в настоящее время в рудничной аэродинамике методы контроля подвижности газовых сред не позволяют опираться на их базе расходомер-газосчетчик, пригодный для целей ведения текущего прогноза выбросоопасности. Поэтому исследование и физическое обоснование метода измерения и разработка на его основе прибора контроля малых расходов и объема газа, предназначенного для использования в шахтных условиях, является актуальной технической задачей.

Диссертационная работа выполнена в рамках НИР кафедры АСТ ГТАУ в соответствии с планом НИР и ОКР Минуглепрома СССР на 1986-1995 гг., позиция плана 014010 "Создать и внедрить методы и технические средства прогноза и предотвращения внезапных выбросов угля, породы и газа, взрывов газа и пыли в угольных шахтах и использования каптируемого газа", а также в соответствии с планом работ Государственного комитета Украины по угольной промышленности.

Целью работы является разработка средств контроля расхода и объема газа для прогноза выбросоопасности угольных пластов,

использующих меточный метод измерения.

Научная задача работы состоит в исследовании физических закономерностей процессов формирования, релаксации и регистрации тепловых неоднородностей в движущемся потоке газа.

Идея работы заключается в использовании физических закономерностей распространения тепловых неоднородностей в газовом потоке для разработки метода и построения средств контроля выхлопной опасности угольных пластов.

Защищаемые научные положения и результаты. Их новизна. Положения.

1. Скорость распространения теплового фронта метки в газовом потоке так же определяется скоростью его механического переноса, тепловой диффузией и расширением газа. Влияние тепловой диффузии проявляется при скоростях потока около нескольких сантиметров в секунду, с увеличением скорости потока для этой составляющей уменьшается.

2. Градуировочная характеристика меточного датчика имеет вид возрастающей зависимости с нелинейностью, определяемой теплоинерционными свойствами регистратора меток. На теплоинерционные свойства регистратора оказывают влияние теплопроводность, теплоемкость и теплопроводность газа. Исключить влияние инерционности регистратора на градуировочную характеристику датчика возможно введением компенсации его временных задержек, величина которых для разных газов различна.

Результаты.

1. Теоретически обоснованы физические закономерности процессов переноса тепловых неоднородностей газовым потоком и их взаимодействие с термочувствительными элементами для ранее не использовавшегося в рудничной аэрогазодинамике меточного метода измерения расхода газа.

2. Предложен и обоснован метод расчета основных конструктивных параметров меточного датчика в зависимости от требуемого диапазона измерения расхода газа.

3. Получены зависимости, определяющие вид градуировочной характеристики меточного датчика для газов с различными теплофизическими характеристиками.

Обоснованность и достоверность выдвигаемых научных положений, полученных результатов и выводов подтверждается исполь-

вованием фундаментальных положений физики из области теплообмена в газах, апробированных положений теории аэродинамики, обоснованностью принятых допущений при математическом описании физических процессов, непротиворечивостью и сходимостью аналитических выводов с данными многочисленных экспериментов в натурных условиях и на лабораторных установках МакНИИ г. Макеевка, ДО НИИ горноспасательного дела и ГТАУ, г. Днепропетровск.

Научное значение работы состоит в установлении закономерностей формирования, распространения и релаксации тепловых неоднородностей в движущемся газовом потоке для различных скоростей его движения.

Практическая значимость работы заключается в том, что разработанный расходомер-газосчетчик позволяет повысить достоверность и точность прогноза выбросоопасных зон угольных пластов, реализовать новые, менее трудоемкие и более достоверные методики контроля эффективности противовыбросных мероприятий, основанные на измерении объема выделяющегося газа.

Реализация выводов и рекомендаций работы. Результаты работы реализованы в экспериментальном образце измерителя расхода и объема газа, утвержденном Техническим заданием, комплекте конструкторской документации, опытных образцах приборов.

Апробация работы. Основные изложения диссертационной работы доложены и обсуждены на научно-технических конференциях: "Проблемы безопасной разработки калийных месторождений" (Минск 1990 г.), "Управление вентиляцией и газодинамическими явлениями в шахтах" (Новосибирск 1991 г.); конференции молодых ученых "Техника и технология горного производства" (Днепропетровск 1990 г.), на заседании горной секции Ученого совета МакНИИ (Макеевка 1988 г.), на заседаниях кафедры А0Т ГТАУ (1988-1993 гг.)

Публикации. По результатам выполненных исследований опубликовано 10 печатных работ, в том числе 5 авторских свидетельств.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав и заключения, изложенных на 165 страницах машинописного текста, содержит 25 рисунков, библиографический список из 107 наименований и 5 приложений.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Научные основы прогнозирования выбросоопасных зон угольных пластов разработаны ведущими в области безопасности работ в горной промышленности институтами: МакГМИ, ВостНИИ, ДонУГИ, ИГД им. А.А.Скочинского, ДПИ, ФТИ АН Украины, ГТАУ.

Разработанный МакНИИ и широко применяемый в настоящее время на шахтах метод ведения текущего прогноза по динамике начальной скорости газовыделения основан на ведении контроля за расходом выделяющегося газа на различных интервалах разведочного шпура. Кроме того, разработаны методики определения природной газоносности угольного пласта, основанные на измерении объема выделяющегося непосредственно при бурении разведочных скважин газа, позволяющие уменьшить трудоемкость и повысить достоверность контроля эффективности проводимых противовыбросных мероприятий.

Имеющееся в настоящее время средство контроля, разработанное для шахтных условий - дроссельный расходомер ПГ-2МА в силу присущих ему недостатков (большое внутреннее аэродинамическое сопротивление и высокая погрешность), снижает достоверность используемых на различных стадиях прогноза методик и не позволяет измерять объем выделившегося газа. Применение других, серийно выпускаемых промышленностью расходомеров и газосчетчиков невозможно из-за тяжелых условий их эксплуатации - повышенной влажности, запыленности, перепадов давления и температуры, химически агрессивного характера измеряемых потоков газа, а также невозможности измерения микрорасходов газа в широком диапазоне (1:60).

Анализ используемых в рудничной аэродинамике методов контроля скоростей (расходов) газовой среды показывает их непригодность для решения задачи обеспечения измерения микрорасходов газа в диапазоне от десятых долей до десятков литров в минуту. Исследования других методов контроля выявили, что наиболее перспективным и удовлетворяющим всем выдвинутым требованиям является меточный метод измерения с использованием тепловых меток.

Исходя из изложенного, в работе ставятся следующие задачи исследования:

- провести теоретические исследования меточного метода из-

мерения расхода газа с целью установления зависимости диапазона измерения расхода газа от конструктивных параметров датчика и вида его градуировочной характеристики;

— провести экспериментальные исследования меточных датчиков по определению влияния состава газа, его запыленности, а также компоновки конструктивных элементов канала пропускания газа на диапазон и погрешность измерения;

— разработать структурные и принципиальные схемы формирования и преобразования сигналов меточного датчика;

— разработать расходомер-газосчетчик метана, провести его лабораторные и шахтные испытания, разработать методику его применения в производственных условиях.

Для решения поставленных задач были проведены теоретические исследования: поведения тепловых неоднородностей (меток) в газовом потоке при различных скоростях его движения в меточном датчике. Физическая модель рассматриваемого датчика представляла собой отрезок трубы с внутренним диаметром D , в которой на расстоянии l_0 друг от друга размещены тонкие термочувствительные проволоки — генерирующая и регистрирующая тепловые метки (рисунк 1).

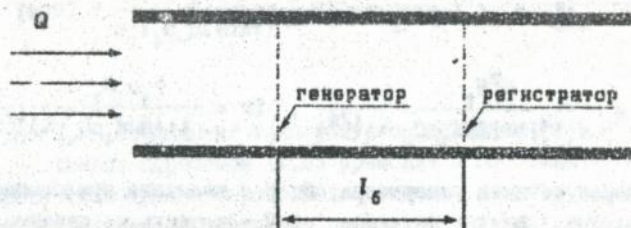


Рис.1 Модель меточного датчика.

Полученные в ходе исследований закономерности позволяют выбрать основные конструктивные параметры меточного датчика — диаметр внутреннего канала (1) и величину базового расстояния (2), если режим движения газа в нем ламинарный.

$$D = \frac{4Q_{\max}}{2300v\eta k} \quad (1)$$

где: D - внутренний диаметр датчика, м; Q_{\max} - максимальный секундный расход газа через датчик, м³/с; v - кинематический коэффициент вязкости газа, м²/с; k - коэффициент поля скоростей.

$$l_0 = \frac{4Q_{\min}}{k\eta D^2} T_0 \quad (2)$$

где: l_0 - расстояние между генерирующим и регистрирующим метку элемент ми, м; Q_{\min} - минимальный секундный расход газа через датчик, м³/с; T_0 - время существования метки, с.

Зависимости, связывающие распределение температур в генерирующем метку элементе в период действия запускающего импульса (3) и после него (4) с амплитудой и длительностью этого импульса позволяют выбрать его параметры, исходя из требуемого диапазона измерения, геометрических размеров (длины нити и ее диаметра) и допустимой температуры нагрева генератора.

$$t = B \cdot [1 - \exp(\tau/T\tau)] \quad (3)$$

$$t' = B \cdot [1 - \exp(\tau_n/T\tau)] \cdot \exp(\tau/T\tau) \quad (4)$$

где:

$$B = \frac{U^2 S_1}{\sigma_1 l_1^2 [\lambda + (2\pi d_1 \rho C_v u \lambda)^{1/2}]}, \quad T\tau = \frac{c_1 \rho_1 S_1}{\lambda + (2\pi d_1 \rho C_v u \lambda)^{1/2}}$$

t - температура нити генератора, К; U - величина приложенного напряжения, В; l_1 - ее длина, м; S_1 - площадь ее сечения, м²; c_1 - удельная теплоемкость материала нити генератора, Дж/(кг·К); ρ_1 - плотность материала нити генератора, кг/м³; σ_1 - удельное сопротивление нити генератора, Ом·м; u - скорость движения потока газа внутри датчика, м/с; λ - коэффициент теплопроводности газа, Вт/(м·К); ρ - его плотность кг/м³.

Полученные зависимости геометрических размеров (протяжен-

ность вдоль оси датчика относительно генератора) тепловой метки для малых (5) и больших (6) скоростей движения газа

$$\chi = (v+D)\tau + \frac{D_1}{A} [\exp(-\tau/T_r) - 1], \quad (5)$$

$$\chi^2 = v\tau + D/T_r [1 - \exp(-\tau/T_r)] \cdot [1 - \exp(-\tau/T_r)], \quad (6)$$

где: $D_1 = U^2 S_1 / (T_n \sigma_1 I_1 C_p \rho S_{дат})$, $A = \frac{4[\lambda + (2\pi d_1 \rho C_v \omega)^{1/2}]}{c_1 \pi d_1^2 \rho_1}$,

$S_{дат}$ - площадь сечения датчика, m^2 ; C_p - теплоемкость газа при постоянном давлении, Дж/(кг·К); T_n - температура потока, К;

позволяют рассчитать величину смещения к регистратору оси фиксации метки (7) и закономерность изменения температуры газа на оси регистратора (8).

$$\xi = v\tau_n + 0,5D[\tau_n - T_r \exp(-\tau_n/T_r)] \quad (7)$$

$$t(l_0, \tau) = \frac{U^2 S_1 \tau_n}{\sigma_1 I_1 C_p \rho_1 (\pi \tau)^{1/2}} \exp\left[-\frac{(v\tau + v\tau_n + 0,5D[\tau_n - T_r \exp(-\tau_n/T_r)] - l_0)^2}{4a\tau}\right] \quad (8)$$

где: a - коэффициент температуропроводности газа, m^2/s .

Анализ выражений (7,8) приводит к необходимости раздельного рассмотрения переходных процессов нагрева и охлаждения регистратора для различных скоростей движения газа.

При рассмотрении случая реакции регистратора на тепловую метку при малых скоростях движения газа установлена прямая зависимость между временем задержек $\Delta\tau_3$, равном разности между временем достижения максимальной температуры регистратором и временем появления максимальной температуры газа на оси регистратора, и постоянной времени регистратора T_r (9), а также определена область применения полученных закономерностей.

$$\Delta\tau_3 = \tau_p = \frac{c_2 \rho_2 S_2}{\lambda + (2\kappa d_2 \rho_2 c_2 \nu \lambda)^{1/2}}, \quad (9)$$

где: c_2 - удельная теплоемкость материала нити регистратора, Дж/(кг·К); ρ_2 - ее плотность, кг/м³; d_2 - ее диаметр, м; S_2 - площадь сечения, м².

При замене зависимости (3) на параболу, описываемую уравнением (10)

$$\varphi(\tau) = -K(\tau - \tau_M)^2 + W, \quad (10)$$

где: K - коэффициент пропорциональности, W - амплитудное значение $i(I_0, \tau)$; τ_M - время достижения амплитудного значения;

по полученной зависимости (9) можно вычислить $\Delta\tau_3$ с погрешностью не превышающей 10 % в диапазоне скоростей для которых $Re < 130-160$.

При рассмотрении переходных процессов регистратора для средних и больших скоростей потока время задержек может быть рассчитано по формуле (11).

$$\Delta\tau_3 = \frac{\tau_r \tau_p}{\tau_r - \tau_p} \cdot \ln \left(\frac{(\tau_r - \tau_p) \cdot C_2}{\tau_p^2} \right), \quad (11)$$

где: $C_2 = \frac{1}{[1 - \exp(-\tau_M/\tau_r)]} \left(\tau_r + e^{-\tau_M/\tau_r} \left[\frac{\tau_r \tau_p}{\tau_r - \tau_p} - \tau_p \right] - \frac{\tau_r \tau_p}{\tau_r - \tau_p} \right)$,

В обоих случаях (для малых и больших скоростей) существует зависимость величины времени задержек от теплофизических параметров газа, особенно от коэффициента его теплопроводности.

Полученные в ходе теоретических исследований закономерности формирования и релаксации тепловой метки и реакции на нее регистратора позволяют по формулам (12), для малых скоростей, и (13), для больших скоростей, рассчитать скоростную характеристику

Длину меточного датчика - зависимость времени перемещения метки $\tau_{\text{тр}}$ от скорости потока газа в нем.

$$\tau_{\text{тр}} = \frac{-a + [a^2 + v^2 (\xi - l_0)^2]^{1/2}}{v^2} + \frac{c_2 \rho_2 S_2}{\lambda + (2k d_2 \rho C_v \lambda)^{1/2}} \quad (12)$$

$$\tau_{\text{тр}}^I = \frac{l_0}{v} + \frac{T_r T_p}{T_r - T_p} \cdot \ln \left(\frac{(T_r - T_p) \cdot C_2}{T_p^2} \right) \quad (13)$$

Однако получаемая таким образом величина - транспортное время находится в обратной зависимости от скорости движения газа и неудобна для дальнейшего использования в измерительных устройствах в силу нелинейного характера своего изменения. Более целесообразно использование в измерительных устройствах величины обратной транспортному времени - частоты электрических импульсов.

Для проверки полученных закономерностей были разработаны:

- принципиальные схемы формирования и преобразования сигналов меточного датчика, позволяющие варьировать параметры тепловой метки, осуществлять преобразование транспортного времени в частоту и компенсировать временные задержки в работе регистратора;

- трубчатая конструкция датчика, позволяющая изменять компоновку конструктивных элементов и расстояние между генератором и регистратором.

Исследование градуировочной характеристики датчика, ее общего вида и зависимости от параметров датчика и электрической схемы формирования и регистрации сигналов позволили осуществить выбор величины базового расстояния и параметров выпускающего импульса, при которых в требуемом диапазоне погрешность измерения не выходит за рамки допустимой. Нелинейность начального и конечного участков характеристики, представленной на рисунке 2, и описываемых уравнениями (14) и (15),

$$f1 = 1/\tau_{\text{тр}} \quad (14)$$

$$f2 = 1/\tau_{\text{тр}}^I \quad (15)$$

накладывает ограничение на возможность их использования для целей измерения.

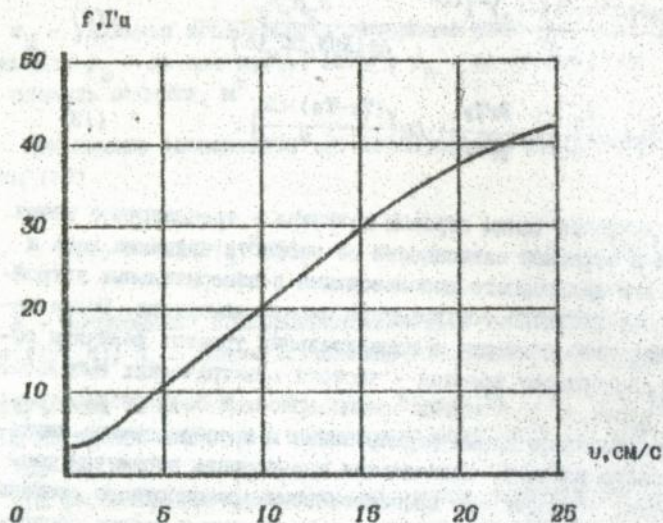


Рис.2. Расчетная градуировочная характеристика меточного датчика для воздуха при $l_6 = 5$ мм.

Нелинейность конечного участка может быть устранена введением компенсации времени задержек регистратора, вычисляемого по формуле (11) при подстановке в нее максимального значения скорости движения потока газа.

При исследовании влияния неизмеряемых параметров газового потока на вид градуировочной характеристики датчика изменялся химический состав газа и содержание в нем угольной пыли. Было установлено, что наличие угольной пыли в потоке газа и оседание ее на термочувствительных элементах генератора и регистратора тепловых меток не приводит к изменению вида градуировочной характеристики датчика. Химический состав потока газа влияет на вид градуировочной характеристики и для каждого газа она индивидуальна из-за различной величины времени задержек регистратора.

При линеаризации градуировочной характеристики датчика для воздуха путем введения компенсации времени задержек регистратора (стало 3 мс) получены практически совпадающие линейные характеристики для газов, имеющих близкие значения коэффициентов теплопроводности - воздуха, азота, окиси углерода (рис. 3). Для более теплопроводных газов - метан и водород - получены нелинейные характеристики с возрастающей крутизной, а для менее теплопроводного углекислого газа - нелинейная с убывающей крутизной.

Разработаны электронные схемы преобразования сигналов меточного датчика, в частности: регулирования мощности импульса, подаваемого на генератор меток с целью стабилизации амплитуды

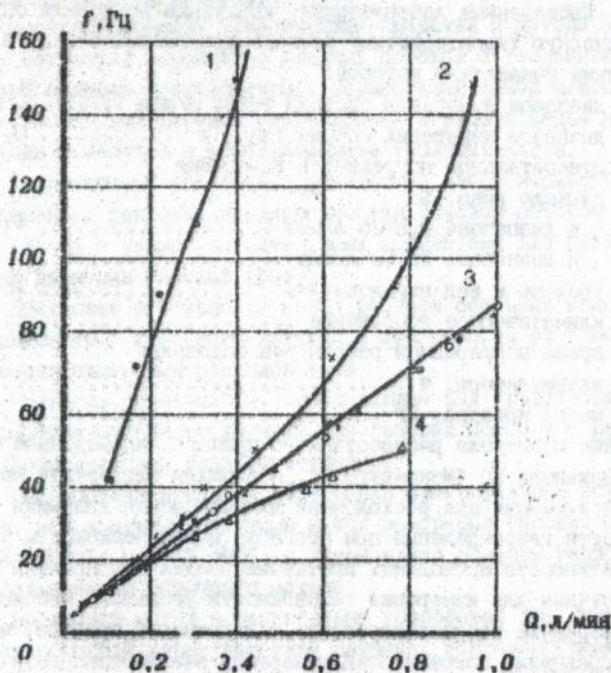


Рис. 3. Градуировочные характеристики меточного датчика для различных газов

1 - водорода; 2 - метана; 3 - воздуха, азота, окиси углерода; 4 - углекислого газа.

сигнала регистрируемой метки [7], преобразования времени транспортирования метки в частотный сигнал [10], линеаризации градуировочной характеристики [8], автономный источник питания для прибора с меточным датчиком, имеющим импульсный характер энергопотребления [9].

Проведенные теоретические и экспериментальные исследования позволили разработать расходомер-газосчетчик для измерения расхода и объема выделяющегося из разведочных шпуров газа, предназначенный для эксплуатации в шахтных условиях.

Проведенные лабораторные испытания позволили определить техническую характеристику расходомера-газосчетчика РМ. УХЛ.5, основные показатели которой:

диапазон измерения расхода газа, л/мин	0,8-50
диапазон измерения объема газа, л	0,1-999,9
относительная погрешность измерения расхода газа, %:	
в диапазоне 0,8-25 л/мин	$\pm(5+10/Q)$
в диапазоне 25-50 л/мин	± 10
уровень и вид взрывозащиты	Р0, Иа, С
климатическое исполнение	УХЛ.5
время непрерывной работы без подзаряда аккумулятора, ч	5
масса прибора, кг	1,5

Шахтные испытания разработанного прибора, проведенные на шахте им. Баженова ПО "Макеевуголь", позволили отработать методику его применения как расходомера для измерения динамики начальной скорости газовыделения при прогнозе выбросоопасности и контроле эффективности проводимых противовыбросных мероприятий и как газосчетчика для измерения газоносности угольного массива. Была подтверждена работоспособность и надежность прибора, а проведенные сравнения погрешностей измерения разработанного и серийно выпускаемого прибора ПГ-2МА выявили, что погрешность последнего в ряде случаев значительно выше, особенно при измерении малых расходов газа, что обусловлено его большим сопротивлением потоку газа.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе дано решение актуальной технической задачи разработки средств контроля расхода и объема метана, выделяющегося из разведочных шпуров и скважин при прогнозе выбороопасности угольных пластов, проведены исследования меточного метода измерения расхода газа, разработаны структурные и принципиальные схемы преобразования сигналов меточного датчика и прибора, предназначенного для эксплуатации в шахтных условиях.

Основные научные и практические результаты, полученные в работе, сводятся к следующему:

1. Проанализированы существующие средства и методы контроля малых скоростей (расходов) газовых потоков и тенденции развития этой области расходомерии. Осуществлен выбор наиболее перспективного для решения поставленных в работе задач меточного метода измерения с использованием тепловых меток.

2. Теоретически обоснованы физические закономерности процессов переноса тепловых неоднородностей газовым потоком и взаимодействия их с термочувствительными элементами для различных скоростей движения газовой среды.

3. Предложен и обоснован метод расчета основных конструктивных параметров меточного датчика в зависимости от требуемого диапазона измерения расходов газа.

4. Получены зависимости, определяющие вид градуировочной характеристики меточного датчика, для газовых потоков с различными теплофизическими характеристиками.

5. Разработаны принципы построения измерительных устройств приборов, использующих меточный метод измерения газовых потоков (а.с. № 1582014 и № 1719905), и установлена область рационального использования меточного метода.

6. Предложен метод и разработано устройство для линеаризации градуировочной характеристики датчика, компенсирующее влияние теплоинерционных свойств регистратора (а.с. № 1720021).

7. На основании анализа особенностей функционирования различных типов меточных датчиков произведен выбор режима работы и разработаны структурная и принципиальная электрические схемы

расходомера-газосчетчика. Создан экспериментальный образец прибора, проведены лабораторные испытания по определению его технических характеристик, испытания на искробезопасность, а также шахтные испытания на шахте им.Баженова ПО "Макеевуголь".

8. Разработаны методики применения прибора как расходомера для различных стадий текущего прогноза и контроля эффективности проводимых противовыбросных мероприятий и как газосчетчика при измерении газоносности угольного пласта.

9. Разработано и утверждено в установленном порядке Техническое задание на прибор, разработан комплект конструкторской документации и выпущены опытные образцы приборов.

Применение разработанного прибора позволит повысить достоверность данных, полученных на различных стадиях текущего прогноза выбросоопасности и внедрить в производство менее трудоемкий и поддающийся диспетчерскому учету способ контроля эффективности противовыбросных мероприятий, основанный на измерении остаточной газоносности краевой части угольного пласта, что обеспечит более высокий уровень безопасности ведения горных работ.

Основные положения диссертации изложены в следующих работах:

1. Контроль малых скоростей воздуха и расходов газа в горных выработках калийных рудников техникой меточного метода/ Бойко В.А., Мирошник Г.А., Марченко В.Г., Поляков Е.В.// Проблемы безопасной разработки калийных месторождений.- Минск, БелНИИТИ.- 1990.- С. 145-146.

2. Мирошник Г.А., Поляков Е.В., Марченко В.Г. Применение меточного метода измерения в приборах контроля скорости и расхода газа в горных выработках// Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых.- 1992.- № 5.- С. 92-97.

3. О результатах испытаний расходомера-газосчетчика для прогноза выбросоопасности/ Мирошник Г.А., Поляков Е.В., Бойко Я.Н., Овчаренко В.Л.// Информационное письмо ЦЕНТИ Минуглепрома СССР.- Донецк.- 1989.

4. Меточный расходомер-газосчетчик метана/ Ольховиченко А.Е., Мирошник Г.А., Поляков Е.В., Овчаренко В.Л., Бойко Я.Н.//

Безопасность труда в промышленности. - 1991. - № 11. - С. 45-47.

5. Поляков Е.В. Прибор для контроля расходов и объема газа, выделяющегося при бурении разведочных шпуров// Техника и технология горного производства, - Днепропетровск, ИТМ АН УССР. - 1990. - С. 59-60.

6. А.с. 1582014 СССР, МКГ С 01 Р 1/6. Устройство для измерения расхода газа/ В.А.Бойко, Г.А.Мирошник, В.Е.Фрундин, Е.В.Поляков (СССР). - № 4441309/31-10; Заявл. 20.06.88; Опубл. 30.07.90, Бюл. № 28.

7. А.с. 1719905 СССР, МКГ С 01 Р 1/68. Устройство для измерения расхода газа меточным методом/ В.А.Бойко, Г.А.Мирошник, В.Е.Фрундин, Е.В.Поляков, А.Е.Ольховиченко, В.Л.Овчаренко, Я.Н.Бойко (СССР). - № 4701836/10; Заявл. 05.06.89; Опубл. 15.03.92. Бюл. № 10.

8. А.с. 172002. СССР, МКГ С 01 Р 5/18. Меточный датчик скорости потока газа/ В.А.Бойко, Г.А.Мирошник, В.Е.Фрундин, В.Г.Марченко, Е.В.Поляков (СССР). - № 4701835/10; Заявл. 05.06.89; Опубл. 15.03.92, Бюл. № 10.

9. А.с. 1725337 СССР, МКГ Н 02 М 3/335. Источник питания для меточного измерителя скорости потока газа/ В.А.Бойко, Г.А.Мирошник, В.Е.Фрундин, Е.В.Поляков, В.Г.Марченко, И.В.Брик, Л.А.Фруман, Л.Г.Овсейко (СССР). - № 4762583/07; Заявл. 27.11.89; Опубл. 07.04.92. Бюл. № 13.

10. А.с. 1780017 СССР, МКГ С 01 Р 5/12. Устройство для измерения скорости потока газа/ В.А.Бойко, Г.А.Мирошник, В.Е.Фрундин, В.Г.Марченко, Е.В.Поляков, И.В.Брик, Л.А.Фруман, Л.Г.Овсейко (СССР). - № 4775630/10; Заявл. 27.11.89; Опубл. 07.12.92. Бюл. № 45.

Личный вклад автора в опубликованных в соавторстве работах:

[1] - осуществлен расчет времени существования тепловой метки, [2,4] - разработаны структурные схемы прибора, [] - разработана методика эксперимента и проанализированы полученные результаты, [6,7,8,9,10] - разработаны существенные признаки новых технических решений.

Подписано в печать 03.05.94 формат 60x84
Заказ 124 , тираж 100, ДТИ ротاپринт.

ЛНБ им. В. Стефаника

457291

AB 30.173