

DOI: 10.24000/0409-2961-2023-1-23-29

УДК 622.235:551.508.59:681.121:622.831.322

© К.М. Абрамсон, Я.Ж. Байсагов, Д.И. Божко, 2023

Шахтные испытания расходомера газа CoalAwakeningBeast для текущего прогноза выбросоопасности



К.М. Абрамсон,
руководитель



Я.Ж. Байсагов,
вед. инженер



Д.И. Божко,
канд. техн. наук,
зам. гл. редактора,
bozhko@safety.ru

НТПК «Микроклим», Караганда,
Республика Казахстан

ЗАО НТЦ ПБ,
Москва, Россия

Рассмотрены результаты создания цифровизованного расходомера метана, предназначенного для текущего прогноза выбросоопасности в угольных шахтах по скорости начального газовыделения из контрольных шпуров. Разработанный прибор основан на термоанемометрическом принципе измерения с процессорной обработкой информации. Проходной диаметр датчика расхода составляет

14 мм, поэтому его не засоряют пыль, штыб и вода из шпура. Цифровая обработка измерительного сигнала, последующее накопление и представление полученной расходомером измерительной информации значительно повышают точность текущего прогноза выбросоопасности. Создано и аттестовано метрологическое обеспечение расходомера, получен сертификат соответствия техническим регламентам Евразийского экономического союза, подтверждающий взрывозащищенное исполнение прибора. На трех выбросоопасных шахтах Карагандинского угольного бассейна проведены промышленные испытания опытных образцов расходомера, по результатам которых он рекомендован для выполнения прогноза.

Ключевые слова: прогноз, выбросоопасность, скорость газовыделения, микропроцессор, термоанемометр, метрологическое обеспечение, искробезопасность, шахтные испытания.

Для цитирования: Абрамсон К.М., Байсагов Я.Ж., Божко Д.И. Шахтные испытания расходомера газа CoalAwakeningBeast для текущего прогноза выбросоопасности // Безопасность труда в промышленности. 2023. № 1. С. 23–29. DOI: 10.24000/0409-2961-2023-1-23-29

Mine Testing of the CoalAwakeningBeast Gas Flow Meter for the Current Outburst Hazard Forecast

K.M. Abramson, Chairman, **Ya.Zh. Baysagov**, Lead Engineer (NTPK Microclim, Karaganda, Republic of Kazakhstan), **D.I. Bozhko**, Cand. Sci. (Eng.), Deputy Editor in Chief (STC «Industrial Safety» CJSC, Moscow, Russia)

Abstract. In the mines developing coal seams that are dangerous and threatened by the sudden outbursts, the current forecast of outburst hazard of coal seams is carried out. It is based on the estimate of initial outgassing from freshly drilled control holes.

At present, gas flow measurement is conducted using mechanical pressure meters PG2-MA and IG-1. Assessment from the readings is approximate. This leads to false results. An erroneous «not dangerous» prediction can lead to obtaining a sudden release. A false «dangerous» forecast forces the implementation of technically unjustified and costly blowout preventive measures.

The modern mine methane flowmeter CoalAwakeningBeast was developed based on the hot-wire measurement principle and with electronic information processing. The device has a flow sensor passage section increased by orders of magnitude, not clogged with dust, dust coal and water. The hot-wire sensor works stably even in the presence of dust. Digital processing of the measurement signal, as well as the accumulation and presentation of reliable information obtained by the mine flowmeter, significantly increase the accuracy of the current outburst hazard forecast. The conditions are being created for a significant reduction in the danger of working in the deep coal mines.

Metrological software for electronic flowmeters was created and certified, including a reference installation and a method for checking the device with clean air (instead of methane). This makes the technological processes of adjustment and verification in the plant safe. The device is produced in an explosion-proof version. Mine tests confirmed its advantages in difficult conditions of outburst and especially outburst coal seams. It is recommended to use this flow meter in the mines instead of pressure meters.

Keywords: forecast, outburst hazard, outgassing rate, microprocessor, hot-wire anemometer, metrological support, intrinsic safety, mine tests.

For citation: Abramson K.M., Baysagov Ya.Zh., Bozhko D.I. Mine Testing of the CoalAwakeningBeast Gas Flow Meter for the Current Outburst Hazard Forecast. *Bezopasnost Truda v Promyshlennosti = Occupational Safety in Industry*. 2023. № 1. pp. 23–29. (In Russ.). DOI: 10.24000/0409-2961-2023-1-23-29

Введение

В последние десятилетия разработан и реализуется ряд эффективных мер, направленных на борьбу с газодинамическими явлениями в угольных

шахтах, однако внезапные выбросы угля и газа все еще часто становятся причиной крупных аварий с тяжелыми последствиями. Противовыбросные мероприятия весьма затратны и отнимают много

времени, поэтому они проводятся в тех случаях, когда выявлена реальная угроза возникновения внезапного выброса.

На угольных шахтах Российской Федерации, Республики Казахстан и Украины широко используется разработанный около 50 лет назад метод текущего прогноза выбросоопасности по скорости начального метановыделения из контрольных шпуров. Однако у применяемых для измерения дебита метана из шпуров средств контроля — напорометров ИГ1, ПГ2МА и МИГ-Ц1 на базе капилляров, имеется принципиальный недостаток: отверстия капилляров диаметром 1–3 мм часто забиваются пылью, штыбом и водой из шпуров, что приводит к искажению результатов прогноза. Кроме того, высокое аэродинамическое сопротивление капилляра влияет на физическую картину истечения метана из контрольного шпура, снижая достоверность прогноза.

Специалистами в области внезапных выбросов поставлена задача создать шахтный расходомер метана с большим сечением измерительного канала, не препятствующим свободному потоку газа в ходе прогноза [1]. Для сбора, хранения и обработки получаемой таким прибором информации целесообразно использовать в конструкции расходомера современные микропроцессоры. Очевидно, что в этом случае прибор должен иметь взрывозащищенное исполнение, желательно с видом взрывозащиты «Искробезопасная электрическая цепь» [2]. Так как расходомер предназначен для измерений в области промышленной безопасности и охраны труда, в соответствии с федеральным законодательством должно быть разработано его метрологическое обеспечение [3]. Использование метана для настройки и поверки прибора в процессе изготовления и эксплуатации недопустимо. Также важны требования эргономики в части ограничения массы и габаритов расходомера, поскольку намечается его применение в различных, в том числе удаленных горных выработках угольных шахт.

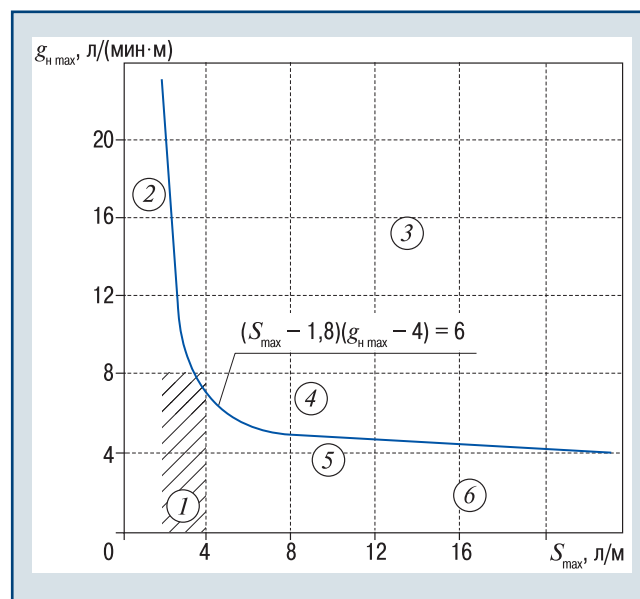
В статье изложены результаты выполненного в Караганде ряда опытно-конструкторских работ, итогом которых стало создание гаммы шахтных расходомеров метана [4–6], включая прибор CoalAwakeningBeast (от англ. «Зверь, пробуждающийся в угле», далее — САВ). Как показала серия стендовых и шахтных испытаний, этот прибор полностью соответствует всем перечисленным требованиям.

Прогноз выбросоопасности по начальной скорости газовыделения

При выполнении горных работ на угольных пластах, отнесенных к выбросоопасным, нормативами предусматривается применение «текущего метода прогноза по начальной скорости газовыделения» [7, 8]. Наиболее отработанным и общепризнанным является эталонное активное зондирование близлежащего массива с провоцированием отклика

на внедрение ограниченной разведочной микровыработки путем проведения пошагового бурения передового контрольного шпура в потенциально опасную пачку угля на глубину области возмущающего влияния забоя до 5,5 м. Безопасность бурения обеспечивается за счет небольшого диаметра шпура (42 мм) и запирающего действия буровой штанги из витой стали [1].

Во всех точках прогноза предварительно проводится забуривание на глубину 0,5 м. Затем для каждого этапа прогноза шпур углубляется на 1 м вплоть до 5,5 м с параллельной оценкой в качестве второго маркера выбросоопасности (а именно количества бурового штыба (S_i , л/м), набираемого в мерное ведро на каждом интервале бурения с учетом режима внедрения сверла) свойств штыба, с измерением и регистрацией на каждом интервале величин начального газовыделения (расхода газа g_2 , л/мин) в пределах до 2 мин после окончания бурения. По утвержденным нормативами формуле и графику для оперативной оценки выбросоопасности (рис. 1, здесь ось X : i -й объем угольного штыба при бурении i -го погонного метра шпура, л/м; ось Y : дебит метана, полученного при бурении i -го погонного метра шпура, л/м; 1 — прогноз «неопасно»; 2 — «опасно по суфлярам» с продолжением работ в забое; 3 — «опасно по внезапным выбросам»; 4 — «опасно по внезапным выдавливаниям»; 5 — «опасно по горным ударам»; 6 — «опасно по внезапным высыпаниям угля») выполняется расчет показателя выбросоопасности по g_2 и S_i на каждом метровом углублении контрольного шпура. По итогам вычислений получают обоснованное заключение. Если результат лежит в области 2, 3, 4, 5 или 6 (см. рис. 1), то требуются немедленный вывод



▲ Рис. 1. «Решающие правила» (зоны) для получения результатов прогноза
 ▲ Fig. 1. «Decisive rules» (zones) for obtaining the results of the forecast

людей и проведение противовыбросных мероприятий. Затем повторным прогнозом проверяется их эффективность.

Условия, методика и результаты шахтных испытаний прибора CoalAwakeningBeast

Испытания работоспособности САВ с термоанемометрическим датчиком типа ТАИРГ и электронно-цифровым преобразованием, запоминанием и обработкой информации об условиях (место, глубина бурения шпура, номер забоя) и результатах измерения проводились с марта по май 2021 г. в проходческих забоях выбросоопасных и особо выбросоопасных пластов трех шахт угольного департамента АО «АрселорМиттал Темиртау»: им. Т. Кузембаева, «Саранская» и им. В.И. Ленина.

Одновременно выполнялся анализ сходимости результатов измерения g_2 с показаниями индикатора газовыделения ИГ1. Принцип действия этого средства прогноза, применяемого в настоящее время в Карагандинском бассейне и на шахтах Кузбасса, заключается в измерении перепада давления на сменном капилляре диаметром 1–3 мм (напоромер НМП52).

Ниже приведены итоги шахтных испытаний работоспособности прибора САВ в сопоставлении с результатами работы ИГ1.

Расположение контрольного шпура выбиралось в наиболее мягкой и рыхлой прослойке пласта угля. Бурение выполняли ручным электроинструментом

сначала до отметки 0,5 м, а затем пятью циклами шпур углубляли каждый раз на 1 м вплоть до отметки 5,5 м. В каждом цикле прогноза в шпуре размещался герметизатор с головным перфорированным участком длиной 1 м. Далее ручным насосом в манжете закачивался воздух до герметичного состояния шпура, и по очереди проводилось присоединение шланга от герметизатора на вход одного из приборов — ИГ1 или САВ с фиксацией измеренных значений S_i , л/м, и g_i , л/мин.

На рис. 2 приведены в сопоставлении данные приборов ИГ1 и САВ, полученные в ходе сравнительных испытаний на шахте «Саранская».

В протоколе для ИГ1 вручную фиксировались следующие данные: время бурения, конкретный интервал углубления, количество штыба S , номер используемого капилляра, одномоментное показание по шкале давлений прибора с визуальным переходом и аппроксимацией «на глазок» по индивидуальной таблице на корпусе напоромера между ближайшими значениями расхода газа для используемого капилляра, а также с записью результирующего значения начального газовыделения на каждом интервале по глубине шпура g_i , л/(мин·м), где $i = 1, 2, \dots, 5$. Объем выделившегося при бурении штыба S_i , л/м, определялся мерным ведром по окончании очередного цикла углубления контрольного шпура на 1 м.

После переключения шланга от герметизатора с ИГ1 на вход прибора САВ включалось его электро-

Испытание расходомера газа шахтного переносного «CoalAwakeningBest»	
Шахта: Саранская	Дата: 16.04.2021 г.
Забой: Вентиляционный штрек 41К7-В	
Контрольный шпур № 1	
1 инт. (0,5–1,5 м) $T_{\text{бур}}$ (11:45–11:47)	$S_1 = 2,5$ л/м
Прибор НМП-52:	Прибор Coal: $g_1 = 18,5$ л/(мин·м)
3 кап. $g_1 = 0,2$ (11,6 л/(мин·м))	$T_{\text{зам}} - 11:53$
$T_{\text{зам}} - 11:54$	
2 инт. (1,5–2,5 м) $T_{\text{бур}}$ (11:56–11:58)	$S_2 = 2,4$ л/м
Прибор НМП-52:	Прибор Coal: $g_2 = 17,6$ л/(мин·м)
3 кап. $g_2 = 0,3$ (14,2 л/(мин·м))	$T_{\text{зам}} - 12:01$
$T_{\text{зам}} - 12:02$	
3 инт. (2,5–3,5 м) $T_{\text{бур}}$ (12:06–12:08)	$S_3 = 2,5$ л/м
Прибор НМП-52:	Прибор Coal: $g_3 = 8,5$ л/(мин·м)
3 кап. $g_3 = 0,1$ (8,1 л/(мин·м))	$T_{\text{зам}} - 12:13$
$T_{\text{зам}} - 12:14$	
4 инт. (3,5–4,5 м) $T_{\text{бур}}$ (12:16–12:19)	$S_4 = 4,0$ л/м
Прибор НМП-52:	Прибор Coal: $g_4 = 0,2$ л/(мин·м)
1 кап. $g_4 = 0,5$ (1,2 л/(мин·м))	$T_{\text{зам}} - 12:21$
$T_{\text{зам}} - 12:23$	
5 инт. (4,5–5,5 м) $T_{\text{бур}}$ (12:24–12:28)	$S_5 = 2,8$ л/м
Прибор НМП-52:	Прибор Coal: $g_5 = 0,2$ л/(мин·м)
1 кап. $g_5 = 0,1$ (0,4 л/(мин·м))	$T_{\text{зам}} - 12:32$
$T_{\text{зам}} - 12:33$	

Испытание расходомера газа шахтного переносного «CoalAwakeningBest»	
Шахта: Саранская	Дата: 16.04.2021 г.
Забой: Вентиляционный штрек 41К7-В	
Контрольный шпур № 2	
1 инт. (0,5–1,5 м) $T_{\text{бур}}$ (12:46–12:48)	$S_1 = 2,5$ л/м
Прибор НМП-52:	Прибор Coal: $g_1 = 19,0$ л/(мин·м)
3 кап. $g_1 = 0,2$ (11,4 л/(мин·м))	$T_{\text{зам}} - 12:52$
$T_{\text{зам}} - 11:53$	
2 инт. (1,5–2,5 м) $T_{\text{бур}}$ (12:54–12:56)	$S_2 = 2,4$ л/м
Прибор НМП-52:	Прибор Coal: $g_2 = 60,5$ л/(мин·м)
3 кап. $g_2 = 1,4$ (31,8 л/(мин·м))	$T_{\text{зам}} - 12:58$
$T_{\text{зам}} - 12:59$	
3 инт. (2,5–3,5 м) $T_{\text{бур}}$ (13:01–13:03)	$S_3 = 2,2$ л/м
Прибор НМП-52:	Прибор Coal: $g_3 = 26,0$ л/(мин·м)
3 кап. $g_3 = 1,3$ (29,8 л/(мин·м))	$T_{\text{зам}} - 13:06$
$T_{\text{зам}} - 13:08$	
4 инт. (3,5–4,5 м) $T_{\text{бур}}$ (13:10–13:12)	$S_4 =$ Вода в шпуре, нет возможности для замера
Прибор НМП-52:	Прибор Coal: $g_4 =$
1 кап. $g_4 =$	$T_{\text{зам}} -$
$T_{\text{зам}} -$	
5 инт. (4,5–5,5 м) $T_{\text{бур}}$ ()	$S_5 =$
Прибор НМП-52:	Прибор Coal: $g_5 =$
1 кап. $g_5 =$	$T_{\text{зам}} -$
$T_{\text{зам}} -$	

▲ Рис. 2. Протокольные результаты сравнительных испытаний прибора САВ и напоромера ИГ1

▲ Fig. 2. Protocol results of comparative tests of the CoalAwakeningBeast device and the IG1 pressure gauge

питание, с помощью клавиатуры вводились данные по конкретному замеру (номер забоя и место бурения (перебором клеток в таблице), текущая глубина шпура и количество штыба при бурении каждого интервала S). Нажатием кнопки ОК (начало или окончание измерения) на САВ автоматически фиксировалось время бурения, на дисплее с частотой 10 Гц выводились значения текущих измерений по расходу g , л/мин, и температуре струи газа T , °С, во временном интервале t , ограничиваемом повторным нажатием кнопки ОК с остановкой цикла измерения и последующим выводом на дисплей САВ результатов автоматизированной обработки информации его микропроцессором.

Результаты измерения g и T , полученные прибором САВ, отображаются на сменяемых экранах дисплея (сразу или в любое другое время) нажатиями кнопки ECS.

На рис. 3 приведены сведения, полученные в ходе прогноза. На левом экране (рис. 3, а, з) показаны общие данные о выполненном измерении. На среднем (рис. 3, б, д) — таблица результатов измерений среднего значения расхода газа g и температуры T , среднеквадратического отклонения от среднего значения, максимального и минимального значений этих параметров, что дает ценную расширенную информацию о выбросоопасных свойствах угольного массива и газа, из которых только количество штыба S , вносилось вручную оператором в протокол испытаний, а также заключение на основе результата расчета по формуле оценки выбросоопасности, установленной нормативным документом.

На правом экране (рис. 3, в, е) после нажатия кнопки ОК на дисплее отображается динамика ре-

зультатов измерения в виде графиков расхода и температуры во времени в диапазоне t .

Полученный единичный результат величины начального газовыделения g_2 от напоромера ИГ1 в протоколе испытаний сравнивался не с расширенными данными от прибора САВ, а со средним значением g за цикл t . Установлены отдельные совпадения величин расхода газа у ИГ1 с аналогичными показателями на графике, построенном САВ.

Комиссия по испытаниям САВ в Карагандинском бассейне подготовила протоколы со следующими выводами и предложениями.

«В целом за время проведенных испытаний расходомера газа шахтного переносного «CoalAwakeningBest» установлено, что прибор является работоспособным в подземных шахтных условиях на разных — угрожаемых и особо выбросоопасных пластах Карагандинского бассейна (К7, К13, Д6). При проведении измерений на рабочий элемент прибора было воздействие высокой начальной скорости газовыделения из контрольных шпуров и воды, собиравшейся в контрольных шпурах при их бурении и находящейся под значительным давлением. Электронный блок прибора (микропроцессор, экран с цифровой индикацией и др.) показал устойчивую и бесперебойную работу, также не было отказов системы энергопитания прибора. Расходомер газа шахтный переносной CoalAwakeningBest обладает достаточной механической прочностью и сравнительно небольшими габаритами и весом».

По результатам 50 шахтных сравнительных экспериментов специалисты шахт выдали положительное заключение о работоспособности САВ. В



▲ Рис. 3. Три экранные формы САВ

▲ Fig. 3. Three CoalAwakeningBeast screen forms

конструкции САВ в качестве датчика скорости газа используется специально разработанный термоанемометр с диаметром проходного сечения 14 мм и двумя терморезисторами диаметром примерно 1,5 мм внутри, поэтому датчик и прибор не создают дополнительного аэродинамического сопротивления, не искажают движения газа в потоке и не забиваются штыбом.

Производственниками рекомендовано использовать САВ для прогноза выбросоопасности угольных пластов.

Прибор САВ автоматически выводит значения расхода газа при давлении 95 кПа и температуре 20 °С во всем диапазоне измерений от 0 до 20 л/мин. Отсчет результатов выполняется с частотой 10 Гц в течение задаваемого интервала времени до 100 с после бурения шпура. В ходе прогноза фиксируется несколько сотен измеренных значений расхода метана и температуры потока, привязанных к реальной временной шкале.

Дополнительно вычисляются и запоминаются среднее значение расхода газа и среднеквадратическое отклонение от среднего значения расхода (аналогичные вычисления ведутся и в отношении температуры потока газа) с привязкой к номеру измерения, времени измерения и данным, введенным вручную (наименование забоя и место бурения контрольного шпура по таблице груди забоя («шахматке») с номерами клеток по горизонтали и по вертикали), с представлением всех результатов измерений на дисплее в виде таблицы и графика на временной диаграмме конкретного измерения. Эти сведения сохраняются в виде диаграммы в памяти прибора для конкретного измерения, выводятся на дисплей и могут передаваться на серверы (компьютеры) многофункциональной системы безопасности шахты.

В ходе настройки при изготовлении и поверке САВ применялась созданная разработчиками и аттестованная Госстандартом России методика [9], что исключило необходимость использования взрывоопасного газа в заводских условиях.

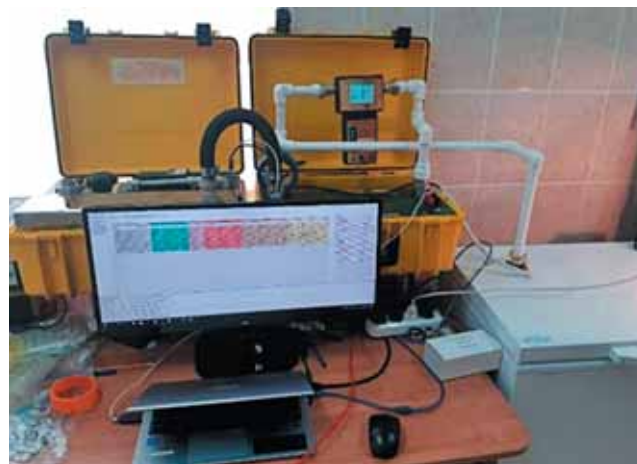
Проверенные в ходе шахтных испытаний технические и программные решения прибора САВ существенно увеличивают достоверность получения и использования маркеров выбросоопасности, а автоматизация и объективизация (за счет цифровизации) экспериментальных данных при получении и обработке параметров температуры и расхода метана из свежепробуренных контрольных шпуров обеспечивают существенные преимущества САВ по сравнению с применяемыми до настоящего времени напоромерами в подготовительных забоях на выбросоопасных пластах шахт Республики Казахстан и Российской Федерации.

Федеральным законом [2] установлены обязательные метрологические требования ко всем средствам, используемым для измерений в области

охраны труда и промышленной безопасности. Датчик расхода газа термоанемометра САВ признан средством измерения и внесен в государственные реестры средств измерений Казахстана и России, создано и аттестовано его метрологическое обеспечение. Вместе с тем напоромеры ИГ1, ПГ2МА и МИГ-Ц1 к измерительным приборам не относятся.

В ходе шахтных испытаний практически подтверждено достижение заданных функциональных, конструктивных и метрологических свойств САВ. Прибор имеет сертификат соответствия техническим регламентам Евразийского экономического союза по безопасности от 28 декабря 2019 г. № ЕАЭС RU C-KZ.MG07.A.00119/19 с маркировкой взрывозащиты PO Ex ia Ma X.

При выполнении научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по прибору САВ разработчики создали специальное метрологическое обеспечение, в том числе высокопроизводительную установку поверочную расходомерную и температурную непрерывного действия автоматизированную (УПРТНА) на базе критических сопел (рис. 4). Во время создания прототипа — прибора ТАИРГ [10], подготовлены методики [9, 11], которые зарегистрированы Госстандартом СССР, признаны действующими в Российской Федерации и Республике Казахстан и используются для метрологического обеспечения САВ.



▲ Рис. 4. Установка поверочная

▲ Fig. 4. Verification installation

Заключение

В результате выполненной опытно-конструкторской работы создан современный расходомер метана CoalAwakeningBeast, предназначенный для текущего прогноза выбросоопасности угольных пластов. В приборе используется микропроцессор для обработки, хранения и представления результатов прогноза. Получен сертификат соответствия техническим регламентам Евразийского экономического союза по безопасности с маркировкой взрывозащиты PO Ex ia Ma X. Раз-

работана и утверждена в установленном порядке методика [9], что исключило применение метана для настройки и поверки расходомера в условиях предприятия-изготовителя на созданной поверочной установке.

Проведены шахтные испытания прибора CoalAwakeningBeast на трех опасных по внезапным выбросам угольных шахтах Карагандинского угольного бассейна, подтвердившие функциональные возможности и преимущества устройства.

Благодаря большому диаметру (14 мм) проходного сечения датчика расхода прибор не искажает поток газа из контрольного шпура, не забивается пылью и штыбом, как используемые в настоящее время для прогноза выбросоопасности напоромеры ИГ1, ПГ2МА и МИГ-Ц1.

Функциональные возможности и метрологические характеристики расходомера CoalAwakeningBeast позволяют в дальнейшем получить новые знания о закономерностях процессов метановыделения, связанных с внезапными выбросами угля и газа. Тем самым будет обеспечена достоверная фактологическая основа для дальнейшего совершенствования действующих методик прогноза газодинамических явлений в шахтах.

Список литературы

1. *Безопасность труда в угольных шахтах*: практ. рук./ под ред. А.А. Мясникова. М.: Недра, 1992. С. 96–123.
2. *Об обеспечении единства измерений* (с изм. на 11 июня 2021 г.) (редакция, действующая с 28 дек. 2021 г.): федер. закон от 18 июня 2008 г. № 102-ФЗ. URL: <https://docs.cntd.ru/document/902107146> (дата обращения: 01.12.2022).
3. *ГОСТ 30852.10—2002* (МЭК 60079-11:1999). Электрооборудование взрывозащищенное. Часть 11. Искробезопасная электрическая цепь i. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200103397> (дата обращения: 01.12.2022).
4. *Абрамсон К.М., Байсагов Я.Ж., Греков А.А.* Реализация функциональных и метрологических требований к шахтному портативному измерителю маркеров выбросоопасности и пожароопасности для угольных шахт // *Метрология*. 2018. № 3. С. 18–25.
5. *Прибор оперативной информации для предотвращения шахтных аварий*/ К.М. Абрамсон, Я.Ж. Байсагов, А.А. Греков и др. // *Безопасность труда в промышленности*. 2019. № 8. С. 72–77. DOI: 10.24000/0409-2961-2019-8-72-77
6. *Обеспечение взрывобезопасности шахтного расходомера метана при эксплуатации, а также при первичной и периодической поверках*/ К.М. Абрамсон, Я.Ж. Байсагов, Д.И. Божко, И.А. Монахов // *Безопасность труда в промышленности*. 2021. № 3. С. 41–47. DOI: 10.24000/0409-2961-2021-3-41-47
7. *Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Инструкция по прогнозу динамических явлений и мониторингу массива горных пород при отработке угольных месторождений»* (отменен с 01.01.2021 на основании постановления Правительства Российской Федерации от 06.08.2020 № 1192): приказ Рос-

технадзора от 15 авг. 2016 г. № 339. URL: <http://docs.cntd.ru/document/420376922> (дата обращения: 01.12.2022).

8. *Методические рекомендации по безопасному ведению горных работ на пластах, опасных по внезапным выбросам угля и газа*: приказ Комитета по государственному контролю за чрезвычайными ситуациями и промышленной безопасностью Республики Казахстан от 28 авг. 2012 г. № 48. URL: https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=31267788#pos=0;0 (дата обращения: 01.12.2022).

9. *МИ 1728—87* ГСИ*. Методика пересчета градуировочной характеристики «расход воздуха — расход метана» шахтного переносного расходомера ТАИРГ. URL: <http://docs.cntd.ru/document/471831485> (дата обращения: 01.12.2022).

10. *ГПСИ 11594—88*. Расходомеры газа шахтные переносные ТАИРГ. URL: <http://www.kip-guide.ru/info/11594-88> (дата обращения: 01.12.2022).

11. *МИ 1727—87 ГСИ*. Расходомеры шахтные переносные. Методика поверки. Казань—Караганда, 1987. 13 с.

References

1. Myasnikov A.A. Occupational safety in the coal mines: Practical guide. Moscow: Nedra, 1992. pp. 96–123. (In Russ.).
2. On ensuring the uniformity of measurements (as amended on June 11, 2021) (edition effective from December 28, 2021): Federal Law of June 18, 2008 № 102-FZ. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/902107146> (accessed: December 1, 2022). (In Russ.).
3. GOST 30852.10—2002 (IEC 60079-11:1999). Electrical apparatus for explosive atmospheres. Part 11. Intrinsic safety i. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/1200103397> (accessed: December 1, 2022). (In Russ.).
4. Abramson K.M., Baysagov Ya.Zh., Grekov A.A. Implementation of functional and metrological requirements for a portable mine meter of markers of the outburst and fire hazard for coal mines. *Metrologiya = Metrology*. 2018. № 3. pp. 18–25. (In Russ.).
5. Abramson K.M., Baysagov Ya.Zh., Grekov A.A., Drizhd N.A., Bozhko D.I. Operative Information Instrument for Mine Accidents Prevention. *Bezopasnost truda v promyshlennosti = Occupational Safety in Industry*. 2019. № 8. pp. 72–77. (In Russ.). DOI: 10.24000/0409-2961-2019-8-72-77
6. Abramson K.M., Baysagov Ya.Zh., Bozhko D.I., Monakhov I.A. Ensuring Explosion Safety of the Mine Methane Flow Meter during Operation, as well as at Primary and Periodic Calibration. *Bezopasnost truda v promyshlennosti = Occupational Safety in Industry*. 2021. № 3. pp. 41–47. (In Russ.). DOI: 10.24000/0409-2961-2021-3-41-47
7. On the approval of the Federal norms and regulations in the field of industrial safety «Instructions for predicting dynamic phenomena and monitoring the rock mass when developing coal deposits» (canceled from 01.01.2021 based on the Decree of the Government of the Russian Federation dated 06.08.2020 № 1192): Rostechnadzor order dated August 15, 2016 № 339. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/420376922> (accessed: December 1, 2022). (In Russ.).
8. Guidelines for safe conducting of mining works on the seams hazardous on sudden coal and gas outburst: order of the Committee on the state control over emergency situations

and industrial safety of the Republic of Kazakhstan dated August 28, 2012, № 48. Available at: https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=31267788#pos=0;0 (accessed: December 1, 2022). (In Russ.).

9. MI 1728—87* GSI. Methodology for recalculation of the calibration characteristic «air consumption — methane consumption» of the mine portable flow meter TAIRG. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/471831485> (accessed: December 1, 2022). (In Russ.).

10. GRSI 11594—88. Mine portable gas flowmeters TAIRG. Available at: <http://www.kip-guide.ru/info/11594-88> (accessed: December 1, 2022). (In Russ.).

11. MI 1727—87 GSI. Mine portable flowmeters. Verification method. Kazan—Karaganda, 1987. 13 p. (In Russ.).

E-mail: bozhko@safety.ru

Материал поступил в редакцию/ Received 19.12.2022

После рецензирования/ Revised 11.01.2023

Принят к публикации/ Accepted 16.01.2023

По страницам научно-технических журналов

январь 2023 г.

Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (научно-аналитический журнал)

Тумановский А.А., Теплякова Т.Д., Чешко И.Д. Дефлаграционное горение (взрывы) топливно-газовоздушных смесей — новая специализация пожарно-технических экспертов. — 2022. — № 3. — С. 42–49.

Представлена информация о новой экспертной специализации «Дефлаграционное горение (взрывы) топливно-газовоздушных смесей» по специальности «Судебная пожаротехническая экспертиза». Описаны этапы обучения по данной специализации и их содержание. Подготовленные методические материалы рекомендуется применять при исследовании пожаров и взрывов, вызванных дефлаграционным горением (взрывом) топливно-воздушных смесей в судебно-экспертных учреждениях МЧС России и других ведомствах.

Волошенко А.А., Андреев А.О., Козлов А.А. Расчетная модель и информационный комплекс оценки опасности от пожаров в зданиях, сооружениях. — 2022. — № 3. — С. 68–75.

Разработан программный продукт для ЭВМ «Оценка риска причинения вреда от воздействия теплового потока» для приложения Microsoft Windows на языке программирования Delphi 7. Применение программного продукта направлено на повышение надежности, оперативности, обоснованности, оптимальности, вариативности и эффективности принятия управленческого решения.

Наумов В.Н., Буйневич М.В., Стрелец А.Д. Анализ применимости процессного подхода, основанного на графовой аналитике, к исследованию организационных систем. — 2022. — № 3. — С. 89–101.

Проанализированы возможности использования процессного подхода к исследованию организационных систем. Указано, что он не является альтернативой функционального подхода, а улучшает возможности описания, анализа и преобразования организационных систем. Рассмотрена возможность использования методов и инструментов графовой аналитики для исследования бизнес-процессов, интеграции с методами «process-mining».

Куватов В.И., Колеров Д.А. Алгоритм интеллектуальной поддержки принятия решений при прогнозировании ущерба от пожаров. — 2022. — № 3. — С. 119–127.

Представлена модель, позволяющая поделить все поднадзорные объекты на кластеры, различающиеся по величине ущерба от пожара. Ущерб от пожара определяется по величине материального ущерба, по количеству погибших и травмированных. В отличие от классических моделей данная модель позволяет учитывать особенности реальных пожаров и за счет этого повышать адекватность результатов кластеризации. Показано, что на этапе профилактики такое деление дает возможность подразделениям государственного пожарного надзора обратить особое внимание на наиболее опасные в пожарном отношении объекты, а руководителю тушения пожара в ходе тушения правильно определить необходимое количество сил и средств и выбрать наиболее подходящий способ тушения.

Актуальные вопросы пожарной безопасности

(сетевой научный журнал)

О проектировании эвакуационных выходов в зданиях коридорного типа/ Е.Н. Барановская, П.А. Леончук, С.А. Зуев, В.Г. Шамонин. — 2022. — № 3 (13). — С. 6–16.

Предложен численный вариант решения с помощью метода локальных вариаций. Рассмотрены вопросы об оптимальном расположении эвакуационных выходов (ЭВ) на продольных сторонах коридора с заданной длиной и шириной. Тестовые варианты для малого числа ЭВ (с известным решением) подтвердили правильность выбранного алгоритма и расчета с помощью созданной программы на языке Турбо-Паскаль-7. Показано, что для последующего использования этого метода необходимо его дальнейшее тестирование для коридоров различной конфигурации и большего числа эвакуационных выходов, выходящих в указанный коридор. Результаты предварительного тестирования в целом показали возможность применения выбранного подхода при решении конкретных прикладных задач.