

DOI: 10.24000/0409-2961-2021-3-41-47
 УДК 622.235:551.508.59:681.121:622.831.322
 © Коллектив авторов, 2021

Обеспечение взрывобезопасности шахтного расходомера метана при эксплуатации, а также при первичной и периодической поверках



К.М. Абрамсон,
председатель



Я.Ж. Байсагов,
вед. инженер



Д.И. Божко,
канд. техн. наук, зам.
гл. редактора



И.А. Монахов,
начальник отдела,
642462@mail.ru

Научно-технический производственный кооператив НТПК «Микроклим», Караганда, Республика Казахстан

ЗАО НТЦ ПБ, Москва, Россия

АО «НЦ ВостНИИ», Кемерово, Россия

Для радикального снижения ошибок при текущем прогнозе выбросоопасности, а также для ускорения поиска утечек через изолирующие сооружения на пластах угольных шахт, склонных к эндогенным пожарам, в Караганде создана и развивается линейка приборов шахтного расходомера ТАИРГ-МША-CoalAwakeningBeast. Рассматриваются условия применения прибора и технические решения обеспечения его применения, связанные с высокой опасностью рабочего тела — газа метана, при использовании по основному назначению в шахтах, а также в процессах настройки, при первичной и периодической поверках как средства измерения.

Ключевые слова: угольный пласт, прогноз выбросоопасности, утечки воздуха, метан, шахтный расходомер, взрывозащитное исполнение, искробезопасная цепь, метрологическое обеспечение, поверки.

Для цитирования: Абрамсон К.М., Байсагов Я.Ж., Божко Д.И., Монахов И.А. Обеспечение взрывобезопасности шахтного расходомера метана при эксплуатации, а также при первичной и периодической поверках// Безопасность труда в промышленности. — 2021. — № 3. — С. 41–47. DOI: 10.24000/0409-2961-2021-3-41-47

Введение

Прогноз выбросоопасности (динамических явлений) подразделяется на региональный, локальный и текущий [1, 2]. Региональный прогноз устанавливает глубину разработки пласта, до которой отсутствие внезапных выбросов гарантируется. Он выполняется по данным геологической разведки месторождения или шахтного поля. Локальный прогноз устанавливает выбросоопасность пласта в месте вскрытия его капитальной выработкой (стволом, квершлагом) ниже выбросоопасной глубины разработки.

Текущий прогноз выполняется бурением в угольный пласт контрольного шпура (разведочной скважины) диаметром 42 мм через каждые 4–5 м подвигания забоя. При этом шпур играет роль модели возмущающих явлений в забое обследуемой выработки. Передовой контрольный шпур диаметром 42 мм бурится сначала на 1,5 м, а затем, углубляясь на 0,5 м (или на 1 м), всего от 3,5 до 5,5 м. Ведутся измерение и фикса-

ция на каждом интервале начального газовыделения и количества штыба при бурении и затем в течение до 100 с после окончания бурения [1, 3].

По В.Н. Пузыреву [4], в шпуре, буримом в зоне опорного давления массива, как в микровыработке, происходят в уменьшенном масштабе те же газодинамические явления, что могут реализоваться в больших масштабах непосредственно в подготовительной выработке. Для работающих в забое эти микропроявления неопасны из-за малого диаметра шпура. При определенном заполнении шпура отторгнутым углем микроявления периодически затухают и возобновляются вновь после выноса угля буровыми штангами в процессе бурения и в процессе измерения расхода, а также после извлечения герметизатора из контрольного шпура и повторения цикла забуривания на следующую глубину.

Таким образом, главным признаком или «маркером выбросоопасности» в процессе провоцирования

отклика угольного массива на бурение контрольного шпура являются инструментальные наблюдения за величиной расхода метана: основным — начальное газовыделение g_2 , измеряемое после размещения в нем герметизатора за время до 100 с после бурения, и вспомогательным — количество (в л/пог. м) выхода буровой мелочи (штыба) при поинтервальном бурении, начиная с 1,5 и до 5,5 м глубины шпура.

Инструментальные наблюдения за газодинамической реакцией пласта на проведение разведочной микровыработки [5–9] много лет выполняются механическими напоромерами ИГ1 и ПГ2МА, используемыми сменными капилляры диаметром 1–3 мм, по перепаду давления на капилляре. Показания прибора, а именно дебит метана, определяются с помощью манометра и индивидуальных таблиц, хотя это не соответствует элементарным метрологическим требованиям. Также регулярно отмечаются засорения сменных капилляров, поскольку размер частиц угля (штыба), выдуваемых из контрольного шпура, часто больше диаметра капилляра.

Замена механических напоромеров термоанемометрическими расходомерами

Частое засорение капилляров, отсутствие регламентированного нормативными документами метрологического обеспечения и техническая невозможность объективно зарегистрировать показания в значительной степени обесценивают результаты выполняемого с помощью напоромеров текущего прогноза. Эффективность других методов текущего прогноза пока не подтверждена.

В целях повышения достоверности получения и фиксации реальных «маркеров выбросоопасности» углепородного массива поставлена задача создания современного расходомера с датчиком на термоанемометрическом принципе (англ. constant temperature anemometers) в сочетании с микропроцессором для глубокой обработки и хранения результатов измерений [10].

Прходное сечение первичного термоанемометрического преобразователя, на базе которого в Караганде создан прибор ТАИРГ (термоанемометрический индикатор и регистратор газовыделения), имеет диаметр 14 мм, т.е. его площадь больше, а сопротивление газовому потоку на порядок ниже, чем у капилляров напоромеров. Это исключило засорение первичного датчика прибора угольной пылью.

Электронный принцип обработки сигналов с применением микропроцессорной техники обеспечил возможность более наглядного представления результатов измерения. За счет многократного повышения быстродействия прибора реализована возможность автоматического контроля и индикации процессов газовыделения в динамике, а также температуры потока газа, что существенно расширило информацию о поведении углепородного массива, как это рекомендовал проф. В.Н. Пузырев.

Работоспособность расходомера ТАИРГ и линейки приборов многофункционального шахтного анемометра МША (развитие расходомера ТАИРГ) подтверждена шахтными испытаниями в четырех угледобывающих бассейнах. По результатам метрологических испытаний ТАИРГ внесен в Реестр средств измерений СССР [11].

Безопасность портативных термоанемометрических расходомеров в шахте

Одновременно с созданием линейки указанных приборов решались вопросы их безопасного применения в условиях шахт, в том числе наиболее опасных по метану.

Для обеспечения безопасной работы прибора с электропитанием нужно учитывать, что на выбросоопасных участках концентрация метана в призабойном пространстве меняется неравномерно, скачками значительной амплитуды.

Примыкающее к груди проходческого забоя пространство выработки подвергается (с помощью вентиляторов местного проветривания) интенсивному проветриванию. Концентрация метана в атмосфере выработки снижается до взрывобезопасного значения. Обеспечение устойчивого проветривания тупиковых выработок, особенно длинных (более километра), проходимых с большой скоростью (десятки метров в сутки), является отдельной технической проблемой для угольных шахт [12].

Особая опасность возникает при «входе» в область стехиометрической (от 4 до 16 % CH_4) взрывной концентрации смеси. Дополнительную опасность представляет высокая концентрация угольной пыли, так как при ее наличии диапазон взрывчатости шахтной атмосферы значительно расширяется. Поэтому все применяемое в забоях электрооборудование должно иметь взрывозащищенное либо особо взрывозащищенное (например, искробезопасное) исполнение.

Приборы ТАИРГ и МША испытаны в головных испытательных организациях бывшего Минуглепрома СССР — МакНИИ и ВостНИИ. Значительная часть испытаний нормальных и аварийных режимов функционирования приборов проводилась на установке, фиксирующей число искрений в заполняемой кислородно-водородной смесью камере. Выполнялось до 16 тыс. искрений по каждой проверяемой на короткое замыкание цепи. Результат испытаний считался положительным при фиксации не более чем четырех равномерно распределенных на весь период экспериментов вспышек смеси. В случае сосредоточения вспышек смеси в коротком временном интервале результат испытаний считался отрицательным. Проводилась необходимая корректировка схемотехнических и конструктивных решений, а испытания проводились заново.

Так как в шахтных условиях на терморезисторе СТ1-18 могла накапливаться угольная пыль, иссле-

довали аварийный режим перегрева терморезистора свыше 110 °С. При этом в эксперименте использовали отобранные образцы наиболее опасной (по самовозгоранию) угольной пыли из Карагандинского и Кузнецкого бассейнов. В ходе этих экспериментов зафиксировали дополнительный внутренний саморазогрев терморезистора «до свечения» и появление струйки дыма от слоя угольной пыли, что потребовало доработки схемотехники и конструкции датчика, гарантирующих исключение опасных режимов. Было решено применить два миниатюрных плавких предохранителя ВПМ2-М1-20 на ток 20 мА с включением в последовательной цепи с двух сторон подогревного терморезистора, что обеспечивало безопасность данного узла.

Исключение аварийных режимов воспламенения метана при выполнении измерений термоанемометрическим электронным расходомером ТАИРГ-МША (как первичного преобразователя, так и всего прибора в целом) гарантируется параметрами искробезопасности при любых повреждениях за счет соответствующих схемотехнических решений, конструкции и режимов работы элементов, в том числе первичного преобразователя — термоанемометрического расходомера метана. Это позволяет использовать расходомер не только в угольных шахтах, но и в особых случаях, при выполнении регламентов безопасности, в лабораторных помещениях, в которых возможно появление в аварийных ситуациях горючей либо даже стехиометрической смеси «воздух — горючий газ».

По ряду известных причин многие заводы, в том числе изготовители ТАИРГ и МША, прекратили свою работу и выпуск приборов. Поэтому с учетом постоянного увеличения глубины горных работ в шахтах и дальнейшего обострения проблем внезапных выбросов задача совершенствования текущего прогноза выбросоопасности стала еще более актуальной. В рамках грантовой бюджетной программы Министерства образования и науки Республики Казахстан изысканы средства для выполнения в 2018–2020 гг. научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ при Карагандинском техническом университете по модернизации линейки ТАИРГ и МША и создания прибора CoalAwakeningBeast («разбудить зверя в угле») [13].

Прибор CoalAwakeningBeast разрабатывался в соответствии с действующими в странах Таможенного союза современными нормативами безопасности, в частности стандартами Таможенного союза ТР ТС 012/2011, и требованиями ГОСТ 31610.11—2014 для оборудования, работающего во взрывоопасной среде [14]. Стандарт накладывает ряд дополнительных ограничений на параметры и режимы элементов переносных шахтных приборов, способных вызывать аварийный режим, при котором характеристики оборудования для работы во взрывоопасных средах выходят за пределы ограничений, указанных изготовителем в технической документации.

Опытные образцы прибора CoalAwakeningBeast в 2019 г. испытаны на взрывобезопасность в АО «НЦ ВостНИИ». Проверке на соответствие требованиям ТР ТС 012/2011 и ряда современных стандартов подверглись документация и экспериментальные образцы. По результатам экспериментальных исследований оперативно проводилась доработка ряда схемотехнических и конструктивных решений, что в конечном итоге обеспечило доведение образцов до требований нормативов.

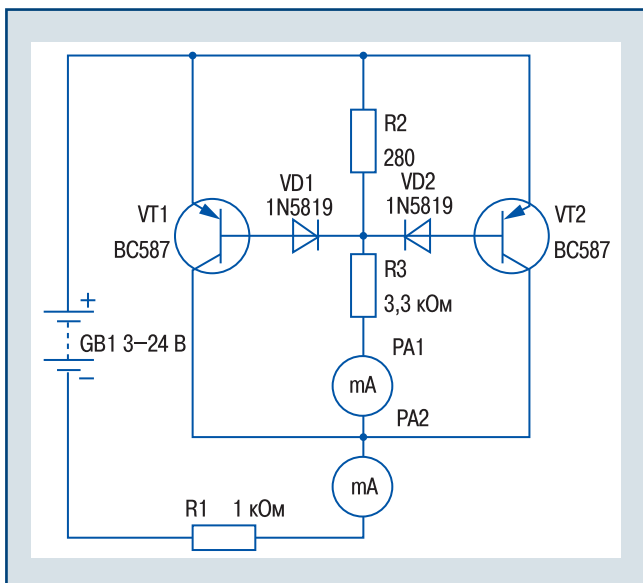
Корпус прибора выполнен из черного ABS-пластика сопротивлением не более $1 \cdot 10^{10}$ Ом, что исключает накопление статического электричества на поверхности прибора. Оболочки со степенью защиты IP54 не допускают проникновения внутрь брызг воды и угольной пыли.

Основной вид взрывозащиты расходомера — «искробезопасная электрическая цепь «i», требования к которой определяются стандартом ГОСТ 31610.11—2014, ограничивающим значения токов, напряжений, электрических емкостей и индуктивностей в электрической схеме прибора, которые не позволяют возникнуть электрической искре с энергией, достаточной для поджигания метановоздушной смеси.

В качестве источника питания прибора изначально применен литиевый аккумулятор форм-фактора 18650 емкостью 3300 мА·ч с платой ограничения тока. Проведенные испытания показали, что литиевый аккумулятор не выдерживает короткого замыкания и взрывается. В связи с этим принято решение заменить его на батарею из трех никель-металлогидридных элементов. Испытания на короткое замыкание показали, что температура поверхности источника питания не превышает 120 °С.

Параметры выходной цепи источника питания ($U_0 = 4,2$ В, $I_0 = 5,7$ А), согласно ГОСТ 31610.11—2014, являются искробезопасными.

Расходомер газа CoalAwakeningBeast по принципу действия является термоанемометром, поэтому вне защитной оболочки прибора расположены два датчика — терморезистора, один из которых (неподогревный) измеряет температуру газового потока, а второй — подогревается до температуры 110 °С. Так как на данных терморезисторах возможно осаждение угольной пыли, ГОСТ не допускает их нагрева до температуры выше 150 °С. В связи с этим необходимо наличие узла ограничения тока подогревного терморезистора. Экспериментально установлено, что для разогрева терморезистора до 150 °С необходим ток силой 3,2 мА. На основании этих данных разработан узел ограничения тока. Принципиальная схема узла показана на рис. 1. В данной схеме резистор R3 является измерительным мостом, содержащим терморезистор, а резистор R2 — шунтом, измеряющим силу тока. Если сила тока меньше пороговой, транзисторы VT1 и VT2 закрыты, и весь ток источника питания проходит через мост, содержащий терморезистор. Если сила тока больше пороговой, то падение напря-



▲ Рис. 1. Узел ограничения тока терморезистора
▲ Fig. 1. Thermistor current limiting unit

жения на резисторе R2 открывает транзисторы VT1 и VT2, часть тока проходит мимо защищаемой цепи. Резистор R3, задающий порог ограничения силы тока, подбирается при настройке прибора. В случае обрыва цепи одного из транзисторов его функцию выполняет второй транзистор. В случае пробоя любого из транзисторов пробитый транзистор шунтирует мост, отсекая ток терморезистора. Испытания показали работоспособность данной схемы защиты.

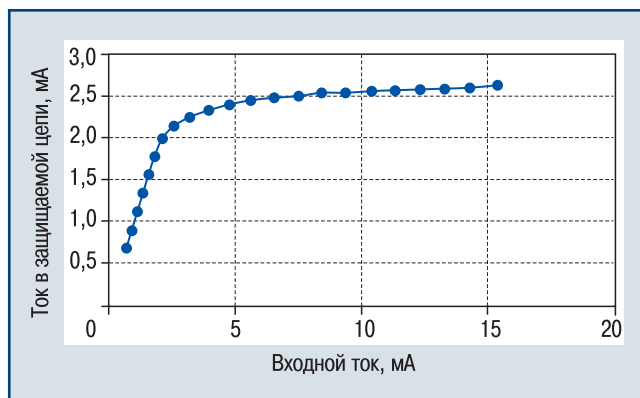
Зависимость тока в защищаемой цепи от внешнего входного тока показана на рис. 2.

Вид изнутри задней крышки прибора, включая залитый источник питания, трубу с датчиками и элементами защиты, доработанными после испытаний, приведен на рис. 3.

Применение воздуха для градуировки и поверки шахтного расходомера метана

У расходомера метана CoalAwakeningBeast есть отдельные фазы жизненного цикла, связанные с его производством, как объекта настройки и первичной поверки при выпуске у изготовителя и при периодической поверке рабочего средства измерения расхода метана.

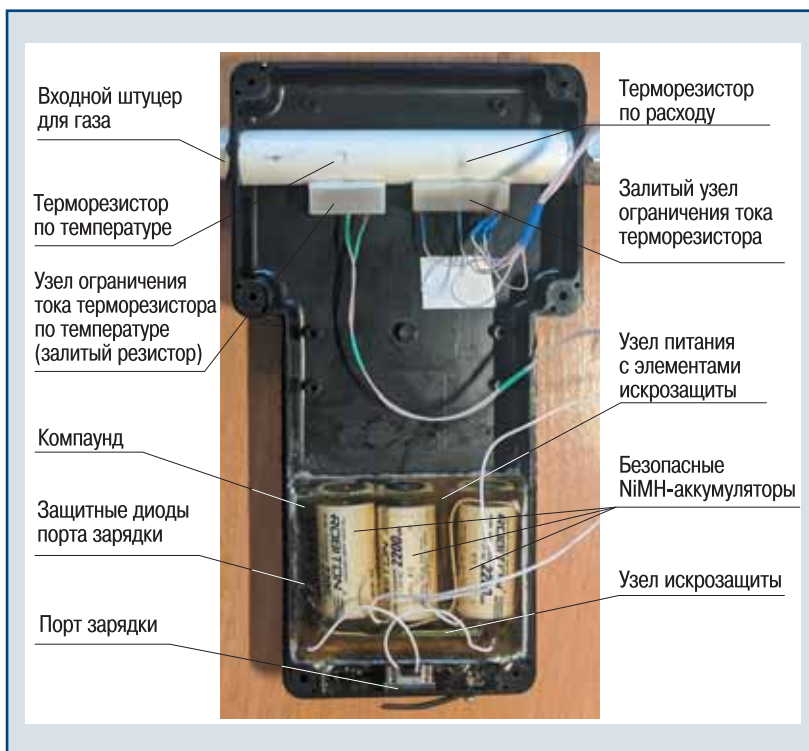
Использование высокой концентрации метана в процессах производства и настройки расходомера не допускалось, так как это весьма опасное, сложное и затратное мероприятие. Для исключения метана из технологических процессов разработчики ТАИРГ провели исследования, рекомендованные В.Н. Каратаевым из Всероссийского научно-исследо-



▲ Рис. 2. Зависимость тока в защищаемой цепи от внешнего входного тока
▲ Fig. 2. Dependence of the current in the protected circuit on the external input current

вательского института расходомерии — филиала Федерального государственного унитарного предприятия «Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д.И. Менделеева», по примеру градуировки расходомеров токсичных жидкостей чистой водой [15].

В Караганде выполнены эксперименты для получения пересчетных зависимостей между расходом воздуха и расходом метана с использованием вместо метана высокой концентрации воздуха лабораторного помещения. Получена сложная, но однозначная зависимость между величинами расхода воздуха и расхода метана при одном и том же (с учетом температуры и давления расхода) сигнале напряжения ка-



▲ Рис. 3. Вид изнутри задней крышки прибора
▲ Fig. 3. View from inside the back cover of the device

нала термоанемометрического преобразователя. При экспериментах применялись жесткие меры исключения загрязнения атмосферы помещения метаном. В качестве образцового средства по объемному расходу использовалась аттестованная в установленном порядке грузокольцевая установка циклического действия ГКУ-1,6У производства казанского завода «Эталон» с расширенным диапазоном расходов. Всего получено более тысячи результатов экспериментов «расход метана — напряжение» и «расход воздуха — напряжение».

Накопленный объем экспериментов позволил установить однозначную функциональную зависимость для термоанемометрического первичного преобразователя между массовым расходом воздуха и массовым расходом метана, представляющую двухфакторную зависимость решения полиномиальных уравнений расхода метана от расхода воздуха и температуры. В результате уполномоченным государственным органом по метрологии аттестована методика пересчета с массового расхода воздуха на массовый расход метана МИ 1728—87, которая зарегистрирована в Реестре средств измерений СССР и действует в настоящее время в России и Казахстане [16].

При выпуске прибора CoalAwakeningBeast с использованием указанной методики проводится настройка чувствительности канала расхода на номинальные характеристики преобразования «расход метана — напряжение» для первичного датчика ТАИРГ с использованием воздуха, по аналогии с [17].

При выполнении указанного проекта в НАО «Карагандинский технический университет» используются МИ 1727—87* и Установка расходомерная и автоматизированная непрерывного действия на критических соплах ТЕСТ-ГС. Это позволило обеспечить безопасность выполнения работ по настройке и проверке рабочего средства CoalAwakeningBeast воздухом.

Функция поиска утечек через изолирующие сооружения на эндогенно пожароопасных пластах выполняется прибором CoalAwakeningBeast с использованием внешнего гибкого зонда с конфузуром, подсоединяемого к входному штуцеру, с включением режима поиска утечек в процессе перемещения его вдоль поверхности перемишки в режиме индикации малых скоростей и температуры шахтного воздуха.

В настоящее время ведется подготовка к малосерийному производству расходомеров метана CoalAwakeningBeast в Караганде с использованием корпусов для прибора из Тайваня на базе комплектующих из Китая, США и России (терморезисторов), а также по кооперации с российским предприятием по сборке разработанных четырехслойных печатных плат.

* МИ 1727-87 ГСИ. Расходомеры шахтные переносные. Методика поверки: утв. ВНИИР Госстандарта СССР. — Казань—Караганда, 1987. — 13 с.

Заключение

Для проведения надежного текущего прогноза выбросоопасности угольных пластов создано семейство электронных шахтных расходомеров метана: приборы ТАИРГ, МША и современный прибор со значительно расширенными функциями и опциями CoalAwakeningBeast.

Работоспособность семейства прототипов ТАИРГ и приборов МША подтверждена в ходе испытаний, выполненных на шахтах четырех угледобывающих бассейнов: в Кузбассе, Караганде, Воркуте и Донбассе.

В ходе сертификации по безопасности испытаний приборов в МакНИИ и ВостНИИ подтверждено соответствие конструкции требованиям действующих нормативных актов в части их взрывобезопасности с видом исполнения «искробезопасная электрическая цепь». Получено заключение испытательных организаций о возможности применения приборов в шахтах, опасных по метану и угольной пыли.

Для исключения взрывоопасного метана из процессов первичной градуировки и метрологической поверки расходомера создана методика пересчета с массового расхода воздуха на массовый расход метана МИ 1728—87. Эта методика зарегистрирована в Реестре средств измерений СССР и в настоящее время является действующей в России и Казахстане.

В 2021 г. завершаются работы по подготовке мелкосерийного производства прибора CoalAwakeningBeast в кооперации с предприятиями Казахстана, России и других стран.

Список литературы

1. *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 Ростехнадзора от 15 авг. 2016 г. № 339. URL: <http://docs.cntd.ru/document/420376922> (дата обращения: 01.11.2020).
2. *Правила безопасности в угольных шахтах*: федер. нормы и правила в обл. пром. безопасности. — 6-е изд., испр. и доп. — Сер. 05. — Вып. 40. — М.: ЗАО НТЦ ПБ, 2020. — 198 с.
3. *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;133.3333282470703 (дата обращения: 01.11.2020).
4. *Безопасность труда в угольных шахтах*: практ. рук./ под ред. А.А. Мясникова. — М.: Недра, 1992. — С. 96—123.
5. *Ольховиченко А.Е.* Прогноз выбросоопасности угольных пластов. — М.: Недра, 1982. — 280 с.
6. *Методы прогноза и способы предотвращения выбросов газа, угля и пород*/ Ю.Н. Малышев, А.Т. Айруни, Ю.Л. Худин, М.И. Большинский. — М.: Недра, 1995. — 352 с.

7. Анализ причин аварий, вызванных газодинамическими явлениями в угольных шахтах/ Б.М. Иванов, О.Н. Малинникова, С.В. Индыло, А.В. Колесов// Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2006. — S2. — С. 133–147.

8. Бирюков Ю.М., Дрижд Н.А., Фоминых Е.И. Безопасное ведение горных работ на выбросоопасных угольных пластах. — Караганда: Изд-во КарГТУ, 2015. — 117 с.

9. Обоснование способа прогноза выбросоопасности пластов по параметрам массопереноса метана в угле/ Г.П. Стариков, О.Г. Худoley, В.В. Завражин, В.А. Иванов// Уголь Украины. — 2014. — № 6. — С. 37–40.

10. Потапов П., Абрамсон К. Предвидеть катастрофу// Горно-металлургическая промышленность. — 2013. — № 10 (67). — С. 57–59.

11. Госреестр № 11594-88: Расходомеры газа шахтные переносные ТАИРГ. URL: <http://www.kip-guide.ru/info/11594-88> (дата обращения: 01.11.2020).

12. Нормативно-организационные причины образования взрывоопасной среды в атмосфере тупиковых забоев/ Е.А. Колесниченко, В.Б. Артемьев, И.Е. Колесниченко, Е.И. Любомищенко// Уголь. — 2013. — № 7. — С. 23–26.

13. 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

14. ГОСТ 31610.11—2014 (IEC 60079-11:2011). Взрывоопасные среды. Часть 11. Оборудование с видом взрывозащиты «искробезопасная электрическая цепь «i» (с Поправками). URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200121999> (дата обращения: 01.11.2020).

15. Каратаев Р.Н. Теория и практика средств измерения расходов технологических потоков жидких и газообразных сред и методы обработки результатов измерений: дис. ... д-ра техн. наук. — Казань, 1996. — 299 с.

16. 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: 01.11.2020).

17. ГОСТ Р 8.675—2009. Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Расходомеры электромагнитные. Методика поверки. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200082607> (дата обращения: 01.11.2020).

642462@mail.ru

Материал поступил в редакцию 29 ноября 2020 г.

«Bezопасnost Truda v Promyshlennosti»/ «Occupational Safety in Industry», 2021, № 3, pp. 41–47.
DOI: 10.24000/0409-2961-2021-3-41-47

Ensuring Explosion Safety of the Mine Methane Flow Meter during Operation, as well as at Primary and Periodic Calibration

K.M. Abramson, Chairman

Ya.Zh. Baysagov, Lead Engineer

Scientific and technical producer's cooperative NTPK Microclim, Karaganda, Republic of Kazakhstan

D.I. Bozhko, Cand. Sci. (Eng.), Deputy Editor in Chief
STC Industrial Safety CJSC, Moscow, Russia

I.A. Monakhov, Department Head, 642462@mail.ru
AO NTs VostNII, Kemerovo, Russia

Abstract

At the mines where hazardous and threatening with sudden outburst emissions coal seams are developed, it is required to conduct a current forecast of the coal seams outburst hazard, which is based on an estimate of methane consumption from the control drill holes.

Previously, the gas flow rate was measured using PG2-MA and IG-1 pressure gauges. Pressure gauges have some significant drawbacks. Their capillaries are regularly clogged with coal dust coming out from the control drill hole, which results in distortion of the measurement results. Pressure gauges do not register measured flow rate values, they do not have compensation for temperature errors. Metrological support is developed for pressure gauges that reduces the forecast accuracy and reliability.

For eliminating above shortcomings, the development of modern mine methane flow meters was conducted based on the hot-wire measurement principle with electronic processing of the measured information. Cross-sectional area of the flow meter primary sensor is dozens of times larger compared to the pressure gauges, therefore the coal dust does not clog the gas path. The temperature error is automatically corrected. High-speed response ensures recording the real dynamics of gas release from the control drill hole. Several additional service functions are implemented. For electronic flow meters, the metrological support is developed and certified in accordance with the established procedure, including a method for checking the device with clean air (instead of methane) and an exemplary installation.

Due to special circuitry solutions, the explosion-proof design of the CoalAwakeningBeast device with the type of protection «intrinsically safe electrical circuit» is provided, which is confirmed by the results of testing the flowmeter in the laboratories of MakNII and VostNII. Industrial tests conducted at the mines in four coal-mining basins confirmed the functionality of the device.

In the Karaganda Technical University based on the development of Scientific and technical producer's cooperative NTPK Microclim (Karaganda, Kazakhstan), preparations are being made for a small-scale production of CoalAwakeningBeast flow meters.

Key words: coal seam, outburst hazard forecast, air leaks, methane, mine flow meter, explosion-proof design, intrinsically safe circuit, metrological support, calibration.

References

1. 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): Rostekhnadzor order dated August 15, 2016 № 339. URL: <http://docs.cntd.ru/document/420376922> (accessed: November 1, 2020). (In Russ.).

2. Safety rules in the coal mines: Federal rules and regulations in the field of industrial safety. 6-e izd., ispr. i dop. Ser. 05. Iss. 40. Moscow: ZAO NTTs PB, 2020. 198 p. (In Russ.).
3. 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: November 1, 2020). (In Russ.).
4. Myasnikov A.A. Occupational safety in the coal mines: Practical guide. Moscow: Nedra, 1992. pp. 96–123. (In Russ.).
5. Olkhovichenko A.E. Forecast of the coal seams outburst hazard. Moscow: Nedra, 1982. 280 p. (In Russ.).
6. Malyshev Yu.N., Ayruni A.T., Khudin Yu.L., Bolshinskiy M.I. Forecast methods and ways of preventing the outburst of gas, coal and rocks. Moscow: Nedra, 1995. 352 p. (In Russ.).
7. Ivanov B.M., Malinnikova O.N., Indylo S.V., Kolesov A.V. Analysis of the reasons of accidents caused by gas-dynamic phenomena in the coal mines. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten = Mining information and analytical bulletin*. 2006. S2. pp. 133–147. (In Russ.).
8. Biryukov Yu.M., Drizhd N.A., Fominykh E.I. Safe mining in the outburst hazardous coal seams. Karaganda: Izd-vo KarGTU, 2015. 117 p. (In Russ.).
9. Starikov G.P., Khudoley O.G., Zavrzhin V.V., Ivanov V.A. Substantiation of the method for predicting the outburst hazard of seams by the parameters of methane mass transfer in the coal. *Ugol Ukrainy = Coal of Ukraine*. 2014. № 6. pp. 37–40. (In Russ.).
10. Abramson K., Potapov P. Foresee a catastrophe. *Gorno-metallurgicheskaya promyshlennost = Mining and metallurgical industry*. 2013. № 10 (67). pp. 57–59. (In Russ.).

11. State Register № 11594-88: Portable mine gas flow meters TAIRG. Available at: <http://www.kip-guide.ru/info/11594-88> (accessed: November 1, 2020). (In Russ.).
12. Kolesnichenko E.A., Artemev V.B., Kolesnichenko I.E., Lyubomishchenko E.I. Normative and Organizational Reasons of Explosive Dead End Atmosphere Formation. *Ugol = Coal*. 2013. № 7. pp. 23–26. (In Russ.).
13. 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
14. GOST 31610.11—2014 (IEC 60079-11:2011). Explosive atmospheres. Part 11. Equipment with type of explosion protection «intrinsically safe electrical circuit «i». Available at: <http://docs.cntd.ru/document/1200121999> (accessed: November 1, 2020). (In Russ.).
15. Karataev R.N. Theory and practice of means for measuring the flow rates of technological flows of liquid and gaseous media and the methods of processing the results of measurement: thesis... Doctor of Technical Sciences. Kazan, 1996. 299 p. (In Russ.).
16. MI 1728-87 * GSI. Methods of recalculation of the calibration characteristic «air consumption — methane consumption» of the TAIRG mine portable flow meter. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/471831485> (accessed: November 1, 2020). (In Russ.).
17. GOST R 8.675—2009. State system for ensuring the uniformity of measurements. Electromagnetic flowmeters. Calibration methods. Available at: http://docs.cntd.ru/document/1200082607_471831485 (accessed: November 1, 2020). (In Russ.).

Received November 29, 2020

Пожарная безопасность (научно-технический журнал)

Голованов В.И., Пехотиков А.В., Павлов В.В. Оценка огнезащитной эффективности покрытий для стальных конструкций. — 2020. — № 4 (101). — С. 43–54.

Представлены результаты анализа экспериментальной и аналитической оценки огнезащитной эффективности покрытий для стальных конструкций. Обобщены данные многолетних исследований по определению зависимостей от температуры таких теплофизических характеристик, как теплопроводность и теплоемкость. Разработана структурно-методологическая схема выбора огнезащитных покрытий для стальных конструкций в целях обеспечения нормативных требований по огнестойкости. Проведены экспериментальные исследования по определению огнезащитной эффективности терморасширяющихся покрытий на эпоксидной основе при воздействии на них температур горения углеводородов. Рассмотрен

вопрос о гармонизации методики экспериментальной оценки огнезащитной эффективности средств огнезащиты для стальных конструкций с действующими европейскими нормами. Установлены критерии выбора пассивной огнезащиты, зависящие от области применения способов огнезащиты.

Колчев Б.Б., Пехотиков А.В., Ильминский И.И. Обзор новых требований к системе противодымной вентиляции автодорожных тоннелей в NFPA 502 2020 года издания. — 2020. — № 4 (101). — С. 16–25.

Одним из нормативных документов, содержащих основные требования к системам противодымной вентиляции автодорожных тоннелей, является NFPA 502 «Standard for Road Tunnels, Bridges and Limited Access Highways». Стандарт обобщает накопленный опыт, полученный в результате экспериментальных исследований, проводимых как в США, так и за их пределами. В августе 2019 г. опубликована его новая редакция (2020 Edition), в которой значительно изменился подход к определению требуемых параметров противодымной вентиляции, базирующейся на продольной схеме.