



БЕЗОПАСНОСТЬ труда в промышленности

№ 3
2012

Ежемесячный научно-производственный журнал www.btpnadzor.ru

ISSN 0409-2961

8
Марта

Тамара Дубинец:

Мы не стремимся наказать —

мы приходим помочь сделать

производство более безопасным

Наука и техника 40
Science and Technology

Хамимолда Б.Ж., Халманов Х.Ж., Блохин В.И., Муканов К.К. 40
Расчет ожидаемых параметров зон накопления метана в геологических нарушениях углепородного массива
Calculation of the Expected Parameters of Methane Accumulation Areas in the Geological Faults of Coal Bearing Rock Mass

Простов С.М., Смирнов Н.А., Бахаева С.П. 43
Прогнозирование устойчивости откосов глинистых уступов по данным электрофизического мониторинга
Forecast of Loamy Banks Slope Stability based on Electrophysical Monitoring

Проблемы, суждения 50
Views and Opinions

Каледина Н.О., Мещеряков Д.А., Кобылкин С.С., Гашенко О.И. 50
Сравнительная оценка приборов, используемых для проведения депрессионных съемок
Benchmark of the Devices Used for Conducting Depression Surveys

Гордон Б.Г. 54
Типы классификаций поднадзорных объектов
Types of Classifications of the Supervised Facilities

Анализ риска 58
Risk Analysis

Савина А.В., Сумской С.И., Лисанов М.В. 58
Анализ риска аварий на магистральных трубопроводах при обосновании минимальных безопасных расстояний
Risk Analysis of Accidents at Trunklines Used for Substantiating Minimum Safe Distances

Дударов С.П., Папаев П.Л., Колосов А.В. 64
Оценка последствий химических аварий на опасных производственных объектах с использованием ячеечно-нейросетевых моделей
Consequences Assessment of Chemical Accidents at Hazardous Production Facilities Using Cell-Neuron Network Models

Антипов В.Н. 71
Анализ некоторых результатов расчетов последствий аварийных выбросов опасных веществ
Analysis of Some Results of the Calculations of Hazardous Substances Emergency Discharge Consequences

Лисанов М.В., Сумской С.И. 77
Отзыв на статью В.Н. Антипова «Анализ некоторых результатов расчетов последствий аварийных выбросов опасных веществ»
Comments to the Publication «Analysis of Some Results of the Calculations of Hazardous Substances Emergency Discharge Consequences»

Конференции, выставки, семинары 84
Conferences, Exhibitions and Workshops

Об обеспечении промышленной безопасности — в рамках форума «Технологии безопасности» 84
On Ensuring Industrial Safety — Within the Frames of the Forum «Technologies of Safety»

VIII Всероссийский форум-выставка «Госзаказ – 2012» 87
VIII All-Russian Forum and Exhibition «Goszakaz – 2012»

Неразрушающий контроль и техническая диагностика в промышленности 89
Non Destructive Testing and Technical Diagnostics in Industry

Повышать роль государства и бизнеса в снижении экологических и промышленных рисков 92
Increase the State and the Business Role in Reduction of Ecological and Industrial Risks

Главный редактор

БУЙНОВСКИЙ Станислав Николаевич,
д-р техн. наук

Редакционная коллегия:

БОЖКО Дмитрий Ильич,
канд. техн. наук
ГОРЛОВ Александр Николаевич
ЕРМАК Геннадий Павлович,
канд. техн. наук
ЗУБИХИН Антон Владимирович,
канд. техн. наук
КАДУШКИН Юрий Викторович
КАПИЛУС Николай Иванович,
д-р юр. наук, проф.
КАРПЕНКО Сергей Пантелеевич
КЛОВАЧ Елена Владимировна,
д-р техн. наук, проф.
КРУЧИНИНА Ирина Антоновна,
д-р техн. наук
КРЫЛОВА Анна Петровна
ЛИСАНОВ Михаил Вячеславович,
д-р техн. наук
ЛОЦМАНОВ Андрей Николаевич
ЛУНЯКОВ Михаил Александрович,
канд. экон. наук
МАХУТОВ Николай Андреевич,
д-р техн. наук, чл.-кор. РАН
МИЛЛЕР Сергей Владимирович,
канд. хим. наук
ПЕРЕПЕЛИЦЫН Александр Иванович,
канд. техн. наук
ПЕЧЕРКИН Андрей Станиславович,
д-р техн. наук, проф.
ПИЛЯЕВ Николай Алексеевич,
зам. главного редактора
РЯБОВ Александр Алексеевич,
зам. главного редактора по связям с общественностью
СЕЛЕЗНЁВ Григорий Максимович
СИДОРОВ Вячеслав Иванович,
д-р техн. наук, проф.
СОЛЕНИКОВА Наталья Юрьевна,
ответственный секретарь
СОРОКИН Александр Николаевич,
канд. техн. наук
ФЕОКТИСТОВ Александр Анатольевич,
канд. техн. наук
ФРОЛОВ Дмитрий Иванович
ХАМАЗА Александр Александрович
ШАЛАЕВ Валерий Константинович,
д-р техн. наук
ШАТАЛОВ Анатолий Алексеевич,
канд. техн. наук

Компьютерная подготовка и верстка —
С.В. Косторнова (ЗАО НТЦ ПБ)

Подписано в печать 29.03.12

Формат 60x90/8

Бумага мелованная

Печать офсетная

Тираж 10 300 экз.

Зак. 070363

Цена 440 руб.

Отпечатано в ЗАО «Алмаз-Пресс».
121471, Москва, Рябиновая ул., д. 46.
Эл. почта: mgt@almaz-press.com.
Тел.: (495) 781-19-90; факс: (495) 781-19-70.

Редакция не несет ответственности за достоверность и точность приведенных фактов, экономико-статистических данных и прочих сведений, содержащихся в авторских публикациях. Редакция может публиковать статьи в порядке обсуждения, не разделяя точку зрения автора. Перепечатка материалов, опубликованных в журнале «Безопасность труда в промышленности», только с разрешения редакции.

Материалы, представленные в редакцию, авторам не возвращаются.

За содержание рекламы ответственность несет рекламодатель.

Сравнительная оценка приборов, используемых для проведения депрессионных съемок



Н.О. Каледина,
проф., д-р техн. наук,
зав. кафедрой



Д.А. Мещеряков,
канд. техн. наук, доцент



С.С. Кобылкин,
канд. техн. наук, доцент



О.И. Гашенко,
нач. штаба
спецподразделений

Московский государственный горный университет

Фирма «Агрохимбезопасность»
ОАО «Агрохиминвест»

Приведен анализ предлагаемых в настоящее время приборов для проведения депрессионных съемок. Рассмотрены их технические возможности, преимущества и недостатки.

The analysis is given of the devices currently proposed for conducting depression surveys. Their technical capabilities, advantages and shortcomings are reviewed.

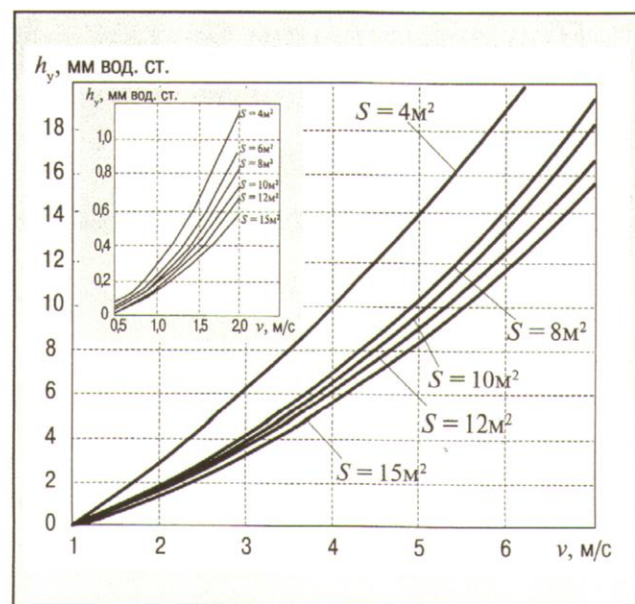
Ключевые слова: депрессионная съемка, воздушно-депрессионная съемка, микроанометр, анемометр, микробарометр.

В соответствии с требованиями правил безопасности на шахтах проводятся воздушно-депрессионные съемки (ВДС) в целях оценки состояния вентиляции и разработки мероприятий по обеспечению их устойчивого проветривания. В результате проведения ВДС получают картину распределения депрессий и расходов воздуха по горным выработкам и определяют их аэродинамическое сопротивление.

Зависимость удельной депрессии h_y от среднего значения площади сечения S выработки и скорости движения воздуха в ней v приведена на рисунке [1]. Как видно из рисунка, при депрессионной съемке горных выработок с реальными площадями сечений и значениями протяженности необходимо измерять депрессии (разности давлений) от долей единиц до нескольких десятков миллиметров водяного столба.

При измерении малых депрессий на участках небольшой протяженности в процессе съемки используют прокладываемый по выработке резиновый или пластмассовый шланг, длиной 100–200 м, конец которого подсоединяют к микроанометру. В настоящее время применяют жидкостные микроанометры ММН-250, допускаемая абсолютная погрешность измерения которых 2,45 Па (0,25 мм вод. ст.).

Они также используются при измерении местных сопротивлений (дверей, кроссингов, завалов и т.п.).



▲ Зависимость удельной депрессии от среднего значения площади сечения выработки и скорости движения воздуха в ней

Достоинства этого способа — высокая точность, поскольку он позволяет измерять депрессию в долях миллиметров водяного столба, а также пониженная чувствительность к пульсации атмосферного давления, так как оно практически одинаково на обоих концах шланга.

При измерении депрессий, превышающих 49 Па (5 мм вод. ст.) на участках выработок большой протяженности, может применяться второй способ депрессионной съемки — микробарометрами. В этом случае измеряется абсолютное давление воздуха в начале и конце выработки и по разности вычисляется ее депрессия. Основное преимущество данного способа — меньшая трудоемкость при съемках в подземных выработках. Главный недостаток — большая погрешность, которая определяется не только техническими возможностями приборов, но и условиями их работы в шахте: замеры в разных точках сети проводятся одновременно, а на измеряемые параметры влияют атмосферное давление, положение регуляторов распределения воздуха, движение транспорта и другие факторы, обуславливающие стохастичность процесса движения воздуха в шахтной вентиляционной системе.

Для измерения депрессии применяются микробарометры МБ-63, М-113, М-75, имеющие предел допускаемой погрешности измерений $\pm 0,04$ мм рт. ст. ($\pm 0,5$ мм вод. ст., или $\pm 4,9$ Па). Последующий расчет разности статических давлений осуществляется с учетом поправок на изменение скорости движения и плотности воздуха, а также разности высотных отметок в начале и конце выработки — в соответствии с уравнением Бернулли [2, 3]. Для этого необходимо одновременно с давлением измерять скорость движения, температуру и влажность воздуха, а также «привязывать» точку проведения замеров к маркшейдерским пикетам, характеризующим топологию сети горных выработок.

В современных шахтах, имеющих горные выработки протяженностью сотни километров, при воздушно-депрессионных съемках используются оба способа. Первый — для отдельных объектов, таких как выемочные участки и очистные забои, выработки околоствольного двора, а также при определении депрессий местных сопротивлений и регуляторов; второй — для общешахтных, магистральных и других протяженных выработок.

В связи с вышесказанным при выполнении всего комплекса работ при воздушно-депрессионных съемках необходимо использовать несколько различных приборов. В России предпринимались попытки создания универсальных измерительных комплексов, включающих необходимые приборы. Первым таким комплексом был ТАММ-20 (измеритель комбинированный), в состав которого входили: микроанометр, анемометр, микробарометр, термометр. Он не нашел широкого практического применения из-за большой погрешности канала измерения скорости воздушного потока в рудничной (агрессивной) среде, отсутствия

канала измерения абсолютного атмосферного давления, низкой надежности блока питания.

В последнее время для проведения депрессионных съемок отечественной угольной промышленности предложены два новых прибора: МБГО-2 (ООО «Элипс») и АПР-2М (ООО «ЭкоТех»).

Службы депрессионных съемок России полностью или частично оснащены измерителями абсолютного и дифференциального давления МБГО-2. Прибор позволяет измерять депрессию горных выработок в режиме микроанометра с высокой точностью от единиц до 2500 Па, или 254,9 мм вод. ст., и в режиме микробарометра, когда депрессия выработки превышает 50 Па (5,1 мм вод. ст.).

Основная погрешность измерений депрессии в диапазоне 0–7500 Па (канал микроанометра) составляет от 5 до 117,5 Па (от 0,5 до 12 мм вод. ст.), а в диапазоне 0–150 кПа (канал микробарометра) — от 90 до 200 Па (от 9,2 до 20,4 мм вод. ст.). Время установления рабочего режима при включении питания составляет 50 с, а самого измерения — не более 2 с. Прибор питается от встроенной батареи типа «Крона», обеспечивающей его непрерывную работу в течение 8 ч.

Кемеровским ОВГСО разработано руководство по эксплуатации прибора МБГО-2, содержащее методики проведения депрессионных съемок в режимах микроанометра и микробарометра, а также в нем рекомендовано использовать Руководство по производству депрессионных и газовых съемок в угольных шахтах (далее — Руководство) [3].

Прибор МБГО-2 в сочетании с анемометром и аспирационным психрометром позволяет с высокой точностью осуществлять депрессионные съемки для определения всех видов аэродинамических сопротивлений в соответствии с требованиями, предусмотренными указанным выше Руководством.

Анемометр АПР-2М (а по сути, универсальный измерительный комплекс для ВДС), согласно рекламе производителя и Руководству по эксплуатации (РЭ), может использоваться не только для измерения скорости движения воздуха, но и для определения депрессии и температуры.

Однако точность измерений, функциональные возможности и надежность АПР-2М далеко не соответствуют заявленным. В результате проведенных испытаний прибора определено, что при измерении температуры окружающей среды в диапазоне, указанном производителем (от -20 до $+70$ °С), время установления температуры, близкой к измеряемой, у анемометра АПР-2М достигает 3 ч. Об этом в РЭ на АПР-2М сказано: «...необходимо некоторое время для стабилизации показаний датчика температуры». Это происходит, поскольку датчик температуры, расположенный в нише на пластмассовом корпусе анемометра, показывает его температуру, а не температуру окружающего воздуха. При этом время установки показаний будет различным в зависимости от разности температур, т.е. может быть достаточно длительным.

Канал измерений абсолютного давления АПР-2М, который в соответствии с РЭ имеет предел допускаемой погрешности $\pm 1\%$ при верхнем значении диапазона измерений 114,7 кПа (11 700 мм вод. ст.), т.е. ± 117 мм вод. ст., или $\pm 1,2$ кПа ($\pm 8,6$ мм рт. ст.), не пригоден не только для измерений депрессии горных выработок, но и атмосферного давления в быту, поскольку погрешность даже бытового барометра-анероида обычно не превышает 133–266 Па (1–2 мм рт. ст.). Несмотря на то, что анемометр АПР-2М, выпущенный в середине 2011 г., заявлен производителем как внесенный в Госреестр средств измерений, недавно в нем появился еще один анемометр АПР-2М под тем же номером ТУ, но с иными техническими характеристиками и другим номером в Госреестре средств измерений, где погрешность датчика давления уже заявлена $\pm 0,05\%$. При этом датчик давления МРХ5100А фирмы Motorola, установленный в АПР-2М, и в том и в другом приборе имеет основную абсолютную погрешность $\pm 2,5\%$ (± 295 мм вод. ст.), что от 2,5 до 50 раз больше, чем указано в различных документах к анемометру АПР-2М. Из характеристики зависимости показаний датчика МРХ5100А от температуры, приведенной в каталоге фирмы Motorola, видно, что погрешность датчика резко увеличивается при температуре ниже 0°C . Однако в РЭ анемометра АПР-2М об этом умалчивается, тогда как при измерениях, проводимых при температуре ниже 0°C (такие условия возможны в выработках, проведенных в многолетнемерзлых породах), появляется еще дополнительная погрешность до 490 Па (50 мм вод. ст.). Таким образом максимальная погрешность этого датчика может достигать $\pm 3,3$ кПа, или ± 340 мм вод. ст. (± 25 мм рт. ст.).

Результат измерения депрессии прибором АПР-2М предлагается получать как разность двух замеров атмосферного давления в начале и в конце выработки, без указания нормированной допускаемой ошибки воспроизведения этой разности давлений (поскольку каждое измеренное значение имеет свою ошибку). Не ясно при этом, как анемометром АПР-2М можно измерять малые депрессии — от долей миллиметров водяного столба. Для этого, например, в приборе МБГО-2 имеется отдельный канал для измерений дифференциального давления, начиная с 0,5 мм вод. ст. Поскольку погрешность измерений депрессии у АПР-2М не известна и не нормирована, неизвестен минимальный предел измеряемой депрессии.

Методика проведения воздушно-депресссионных съемок анемометром АПР-2М, предложенная изготовителем, не отвечает требованиям Руководства [3] в части привязки к топологии сети горных выработок. Сравнение датчиков скорости анемометров АПР-2 и АПР-2М также не в пользу последнего. В руководстве по эксплуатации АПР-2М первоначально был заявлен диапазон измерения скорости 0,2–40 м/с, впоследствии он составил 0,1–50 м/с, что уже вызывает сомнения. В мировой практике нет тахометрических датчиков, которые даже при диаметре крыльчатки больше

80 мм (а не 35 мм как у АПР-2 и АПР-2М) обеспечили бы измерения точнее, чем 0,15 м/с с допускаемой погрешностью $\pm(0,1 + 0,05 v)$. Также необходимо отметить, что у АПР-2М неправильный алгоритм определения средней скорости, что не дает возможности получения достоверной информации, особенно при замерах в выработках с малыми скоростями воздуха.

Отдельно необходимо остановиться на продекларированной разработчиком возможности АПР-2М осуществлять дистанционный и автоматический мониторинг параметров вентиляционной сети. Первичный преобразователь АПР-2М не может обеспечивать измерения в автоматическом режиме (п. 11.10 РЭ) с длительностью цикла непрерывной работы в течение от 10 ч до 6 сут без потери чувствительности прибора на малых скоростях в начале диапазона измерений воздушного потока вследствие износа каменной опоры. В случае измерения в автоматическом режиме при максимальных скоростях опора будет изношена вплоть до разрушения, и преобразователь выведен из строя всего за один цикл, суммарная продолжительность которого, как следует из п. 11.13 РЭ, составляет 144 ч. Например, установлено, что при непрерывной работе в потоке со скоростью 30 м/с каменная опора изнашивается менее чем за 2 ч, а при заявленной в п. 2.1 РЭ скорости воздуха 40 м/с (а тем более 50 м/с) — и того быстрее. Один цикл подобных измерений будет для прибора первым и последним.

Таким образом, анемометр АПР-2М — это не модернизированный анемометр АПР-2, и он непригоден для проведения воздушно-депресссионных съемок из-за высокой погрешности датчика давления и большой инерционности датчика температуры. Датчик скорости анемометра АПР-2М конструктивно не предназначен для непрерывной работы в течение длительного времени, он рассчитан только для эпизодических измерений.

Наиболее точные измерения депрессии при проведении воздушно-депресссионных съемок, в соответствии с требованиями Руководства [3], обеспечивает прибор МБГО-2, который следует рекомендовать для этих целей в комплекте с анемометрами и аспирационными психрометрами. Приборов, объединяющих в одном комплексе все эти функции (одновременное измерение давления в двух диапазонах, скорости движения, температуры и влажности воздуха), на сегодняшний день нет ни в России, ни за рубежом.

Список литературы

1. *Руководство по производству депрессионных и газовых съемок при пожарах в шахтах.* — Донецк: ВНИИГД, 1978. — 70 с.
2. *Аэрология горных предприятий/* К.З. Ушаков, А.С. Бурчаков, Л.А. Пучков, И.И. Медведев. — М.: Недра, 1987. — 421 с.
3. *Руководство по производству депрессионных и газовых съемок в угольных шахтах.* — Донецк: ВНИИГД, 1989. — 73 с.

sergey@kobyilkin.ru