

ДЕПРЕССИОННЫЕ СЪЕМКИ ШАХТ И КОНТРОЛЬ РУДНИЧНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ

Розглянуто методи і технічні засоби для проведення депресійних зйомок шахт. Виконано аналіз методів та приведені результати експериментальних досліджень нових приладів. Описані фізичні процеси, покладені в основу існуючих і інших приладів контролю рудникової вентиляції.

DEPRESSING OF SHOOTING OF MINES AND CONTROL MINER VENTILATION

The methods and means of realization depressing of shootings of mines are considered. The analysis of methods is executed and the results of experimental researches of new devices are given. The physical processes fixed in a basis of existing and new microbarometers, and also other devices of the control of miner ventilation are described.

Для улучшения проветривания выемочных участков и оперативного управления вентиляцией шахты необходимо знать аэродинамические сопротивления отдельных горных выработок и их групп, что позволяет правильно распределить воздух между участками и узлами вентиляционной сети, контролировать состояние выработок, устанавливать резервы и причины, затрудняющие проветривание.

Непосредственное измерение аэродинамического сопротивления выработок неосуществимо, поэтому для определения его величины необходимо иметь сведения о распределении депрессии и воздуха в вентиляционной сети.

В процессе эксплуатации шахт аэродинамические сопротивления горных выработок, а также параметры вентиляционных потоков непрерывно изменяются, что требует систематического контроля состояния вентиляции с помощью депрессионных съемок. Согласно ПБ на каждой шахте депрессионная съемка должна проводиться не реже одного раза в три года [1, 2].

Термин «депрессия» получил широкое распространение только в рудничной аэрологии и под ним понимают перепад давления в двух исходных точках горной выработки, созданный вентилятором и естественной тягой, а комплекс работ по установлению распределения общешахтной депрессии по участкам вентиляционной сети шахт называется депрессионной съемкой.

В зависимости от поставленных целей, депрессионные съемки могут быть частичные или полные. Первые обычно проводятся для определения депрессии местных сопротивлений (кроссинги, резкие сужения или расширения выработок) или наиболее характерных участков вентиляционной сети. При полной депрессионной съемке производится измерение депрессии, а также других необходимых параметров всех горных выработок шахты [4].

Существует два основных метода измерения депрессии:

- непосредственное определение депрессии участка вентиляционной сети с

помощью манометров с резиновыми и статическими трубками;

- измерение абсолютных (или относительных) давлений в граничных точках участка и вычислении по ним депрессии выработки.

В первом случае показания прибора, определяющие депрессию не зависят от расположения (высот) конечных точек выработки, что предопределяет главное достоинство этого метода – высокую точность измерения. Однако применение микроманометров в сочетании с резиновыми трубками требует большой затраты времени и средств и характеризуется высокой трудоемкостью проведения полевых работ. На современном этапе интенсивного ведения горных работ применение микроманометров для определения депрессии выработок часто приводит к искажению реальных параметров проветривания, так как за период съемки (1...1,5 мес.) вентиляционный режим шахт претерпевает существенные изменения. При съемке длинных выработок (до 2 км) с небольшой депрессией возможны грубые ошибки, поскольку расстояние между замерными станциями при этом методе составляет 100-150 м. По этим причинам микроманометры следует использовать лишь в частных случаях съемок, а также при контрольных измерениях.

В настоящее время для измерения депрессии широко применяются барометрические приборы. Практика показывает, что барометрические съемки шахт являются наиболее эффективным и перспективным методом контроля рудничной вентиляции, который резко повышает производительность труда и снижает расходы на их проведение по сравнению с применением микроманометров. Барометрический метод проведения съемок с использованием высокоточных микробарометров связан с выполнением расчетов для внесения высотных поправок. При этом требуется знание абсолютных высотных отметок точек, в которых проводились замеры, и значений температуры воздуха в вертикальных и наклонных выработках.

Широко применяются барометрические съемки при нормальном режиме проветривания способом одновременных наблюдений [3] (наиболее точным) или способом последовательных отсчетов, который предполагает наличие контрольной опорной станции в средней части вентиляционной сети. Последний способ рекомендуется применять в условиях устойчивого вентиляционного режима шахты и при незначительных изменениях атмосферного давления.

Результаты научных и практических исследований показывают, что барометрическим способом можно определять депрессию горизонтальных выработок с точностью ± 7 Па [5]. Значительные затруднения возникают при съемках вертикальных (стволов) и наклонных выработок.

Известен метод определения депрессии горных выработок с остановкой главного вентилятора. При этом обеспечивается максимально возможная точность измерений, поскольку исключается необходимость введения высотной поправки и поправок на нестабильность характеристик приборов, а также сокращается трудоемкость проведения депрессионной съемки. Продолжительность остановки вентилятора должна быть такой, чтобы обеспечить соответствие состава рудничной атмосферы требованиям ПБ как во время работы венти-

ляторной установки, так и во время ее остановки. Важным моментом такой методики является организация работы контрольной станции в шахте или на поверхности.

При проведении депрессионных съемок в условиях шахт возникает необходимость измерения расхода воздуха, перепада давлений (депрессии), температуры воздуха и сечения выработок. Ниже рассматривается приборное обеспечение депрессионных съемок.

В практике аэромеханических измерений в шахтах (70 %) широкое распространение получили конструктивно простые тахометрические анемометры типа АСО-3 и МС-13, серийный выпуск которых производился Ташкентским НПО «Сигнал». Начиная с 1989 года взамен приборов АСО-3 и МС-13 завод освоил выпуск анемометров АП-1 (1000 штук в месяц). Функциональная схема АП содержит те же самые измерительные крыльчатые элементы от АСО-3 и МС-13, но в отличие от последних вместо механических отсчетных устройств используется электронный блок с цифровой индикацией среднего значения скорости потока воздуха за 20 с. Приборы АП-1 нельзя использовать в шахтах, поскольку они могут эксплуатироваться в атмосфере с относительной влажностью не более 80 % и не искробезопасны.

Цифровой измерительный прибор для одновременного определения средней скорости потока и его температуры – многофункциональный шахтный анемометр МША-1 разработан Карагандинским отделом ВостНИИ [6]. Анемометр МША-1 имеет следующие метрологические характеристики: диапазон измерения скоростей (0,1 ... 15) м/с, основная относительная погрешность измерения средней скорости движения воздуха $\pm (5 + \frac{1}{v})$ %; диапазон измерения температуры (0 ... 45) °С, основная абсолютная погрешность измерения температуры ± 1 °С. В приборе реализован тепловой принцип измерения скорости воздушной струи. К числу недостатков прибора следует отнести существенное влияние на его показания влажности – капельной влаги и запыленности воздуха.

В рудниках встречается достаточно много горных выработок, где движение воздуха осуществляется при скоростях (0,10 ... 0,5) м/с, которое трудно измерить существующими приборами. Задача измерения малых потоков решена в Днепропетровском горном институте разработкой анемометра меточного типа АМ, имеющего диапазон (0,05 ... 0,5) м/с и основную погрешность ± 10 %. В анемометре реализован принцип измерения времени прохождения тепловых меток заданного расстояния между излучателем и приемником. Прибор имеет электронный блок, который линеаризирует характеристику и выдает результаты измерений в цифровой форме.

Анемометр портативный акустический АПА-1 разработан Московским государственным горным университетом. Диапазон измерения скорости потока 0,1 ... 20 м/с, абсолютная погрешность (0,02+0,02 V) м/с. К числу достоинств анемометра относится микропроцессорная компенсация погрешностей и возможность измерения мгновенной и осредненной скорости движения воздуха за время 0 ... 99 с. Принцип действия анемометра уникален, но прибор имеет ряд

недостатков при его эксплуатации в условиях газовых шахт.

В настоящее время ИГТМ НАН Украины выпускает наиболее перспективный прибор – анемометр переносной рудничный типа АПР-2, который имеет диапазон измерения от 0,2 до 20 м/с, погрешность $\pm (0,1 + 0,05 V)$ м/с, позволяет осреднять показания за любой период от 10 до 999 с, разрешение 0,1 м/с. Экспериментальные исследования первичного преобразователя прибора, выполненные в ЦАГИ (Москва), показали возможность использования его для измерения потоков воздуха со скоростью 50 м/с [5]. Разработан специально для контроля вентиляции шахт, опасных по газу и пыли. Отличительной особенностью анемометра АПР-2 является измерение среднего значения скорости потока, взаимозаменяемый первичный преобразователь.

Конструктивно анемометр АПР-2 представляет собой портативный прибор, в основу которого положен тахометрический принцип преобразования скорости потока в электрический сигнал. Чувствительный элемент первичного преобразователя представляет собой шестилопастную алюминиевую крыльчатку диаметром 35 мм, установленную на кернах. Для повышения срока службы и чувствительности прибора ось (кern) крыльчатки изготовлена из кобальтвольфрамового сплава по специальной технологии, а подпятник армирован корундовым камнем.

При измерении депрессии горных выработок службами ВГСЧ используются следующие барометрические приборы: микроанометры ММН, микробаронивелиры МБНП и М-111 (МБ-63) производства Московского опытного завода гидрометприборов, а также микробарометры М-113 (МБЦ) и М-75, изготовленные Рижским опытным заводом гидрометприборов [5]. Принцип действия таких приборов основан на уравнивании измеряемого давления силами упругости тонких эластичных оболочек, что позволяет использовать их как первичные преобразователи давления в перемещение (МБНП) или силу (М-113). Содержат кроме чувствительного элемента дополнительные рычажные или оптико-механические устройства, которые преобразуют силу или перемещение в показания прибора. Указанные микробарометры были изготовлены в начале 80-х годов и в настоящее время физически и морально устарели. Кроме того, эти приборы мало пригодны для работы в условиях шахт глубиной более 800 м.

Представляет интерес высокоточный пьезорезонансный микробарометр ЭЦМБ, разработанный ПО «Центргеофизика» (г. Москва). Преобразователь давления этого прибора изготовлен в виде полого сваренного посередине цилиндра из кварцевого стекла диаметром 30 мм и высотой 22 мм. В центре цилиндра закреплена стандартная пьезорезонансная пластина, частота которой зависит от величины нагрузки (давления). Собственная частота пластины 15 МГц, после детектирования диапазон частот, соответствующий диапазону измерений от 500 до 1100 гПа составляет 3 ... 20 кГц. Преобразователь не свободен от влияния температуры и дрейфа «нуля» во времени.

В ИГТМ НАН Украины выполняются работы по созданию прогрессивных технических средств для производства депрессионных съемок шахт. Основное

внимание направлено на разработку цифровых барометрических приборов – измерителей абсолютного и дифференциального давления рудничной атмосферы, а также эффективных методов определения депрессии горных выработок.

В результате теоретических и экспериментальных исследований установлено, что в основу прибора для измерения дифференциального давления (микроманометра) необходимо использовать полупроводниковые тензопреобразователи с интегральной структурой (КНК) и кремний на сапфире (КНС). В этом направлении были изучены и исследованы технические характеристики известных полупроводниковых преобразователей давления ОХМЗ Гиредмет и НИИ Теплоприбор (г. Москва), интегральных датчиков НПО «Кристалл» (г. Киев) и НПО «Измеритель» (г. Полоцк). Экспериментальные исследования указанных преобразователей давления показали, что они имеют низкую чувствительность порядка 0,1 ... 0,3 мВ/гПа и их основная погрешность превышает 0,5 %. Исследования выявили значительный дрейф нуля и существенное влияние температуры. Сравнительная оценка характеристик полупроводниковых преобразователей показывает, что в разрабатываемых приборах – микроманометрах перспективно использование датчиков фирмы «Моторола» и предприятия ПКП «Спот ЛТД» (г. Зеленоград).

В ИГТМ НАН Украины выполнен комплекс работ по созданию портативных прецизионных микробарометров с цифровым представлением информации. Разработка приборов выполнена в двух направлениях – с использованием струнных преобразователей и цилиндрических резонаторов. Изготовлены экспериментальные образцы приборов, которые испытаны в лабораторных и частично промышленных условиях.

Из всех преобразователей давления наиболее простым в изготовлении и достаточно точным в работе является струнный датчик. При обеспечении надежной заделки концов струны приборы могут соответствовать лучшим образцам микробарометров. Установлено, что известные способы заделки струны – пайкой, точечной сваркой, с помощью винта, рубинового порошка, намоткой концов струны – не удовлетворяют требованиям надежного соединения с чувствительным элементом. Выявлено, что наиболее надежным является крепление струны между двумя шлифованными плоскостями и торцами.

Кроме того, выполнена более совершенная конструкция преобразователей без традиционной заделки концов струны, которая позволила существенно снизить ошибки и повысить стабильность характеристик прибора. В этом случае струна и передаточные элементы изготовлены как единое целое из одного куска прецизионного сплава 42 НХТЮ.

На основе струнного преобразователя изготовлен экспериментальный образец микробарометра МБЦ-3. Выполнены исследования его технических характеристик в лабораторных (ИГТМ) и промышленных условиях (калийный рудник № 2, г. Стебник). Установлено, что в диапазоне от 850 до 1100 гПа гистерезисные ошибки составляют малую величину, основная абсолютная погрешность соответствует $\pm 0,04$ %, а температурная погрешность находится в пределах (0,02 ... 0,07) гПа/ $^{\circ}$ С.

Особое место при разработке преобразователей давления с цилиндрическим резонатором занимают вопросы изготовления тонкостенного цилиндра и схемы возбуждения резонатора. В процессе исследований рассмотрены вопросы изготовления цилиндра методом токарной обработки, ротационного выдавливания и гальванопластики. Установлено, что для массового производства прибора наиболее экономичным и высокопроизводительным является ротационный метод, который позволяет существенно снизить себестоимость изготовления цилиндрического резонатора.

Проведены сравнительные испытания разработанных преобразователей барометрического давления, в том числе со струнным и цилиндрическим резонаторами. Эксперименты по изучению их технических параметров выполнялись на специальном поверочном стенде, оборудованном образцовым грузопоршневым манометром МПА-15 и соответствующей контрольно-измерительной аппаратурой. В процессе испытаний установлены величины основной погрешности, чувствительности, линейности и стабильности характеристики, температурной погрешности в диапазоне давления 800 ... 1200 гПа. Сравнительная оценка характеристик разработанных преобразователей давления показывает, что датчики со струнным резонатором обладают конструктивной простотой, но по погрешности измерения уступают преобразователям с цилиндрическим резонатором. Последние имеют весьма стабильную характеристику, дрейф нуля практически отсутствует. Однако влияние температуры достаточно велико и составляет 0,07...0,15 гПа/°С.

На основании теоретических и экспериментальных исследований разработан микропроцессорный измеритель барометрического давления - микробарометр цифровой типа МБЦ-5 для контроля и решения прикладных задач рудничной вентиляции. В основу нового прибора положены высокоточный преобразователь давления с цилиндрическим резонатором и микропроцессорный регистратор типа АТ89С2051. Получены результаты работы, которые могут быть отнесены к прецизионным измерениям барометрического давления. Прибор реализует измерения и регистрацию давления в диапазоне от 800 до 1400 гПа с погрешностью 0,03 %, что находится на уровне образцовых средств измерений. Позволяет осуществлять компенсацию температурной погрешности в диапазоне 0 ... плюс 40 °С и архивацию данных измерений в памяти прибора с возможностью переноса к компьютер для дальнейшей обработки. В качестве источников питания используются аккумуляторы КНГК-3с. Время непрерывной работы – 10 ч.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила безопасности в угольных и сланцевых шахтах. – М., Недра, 1986. – 447 с.
2. Руководство по производству депрессионных и газовых съемок в угольных шахтах. МУП СССР, ВНИИГД, Донецк, 1988. – 78 с.
3. Временная методика депрессионных съемок угольных шахт микробарометрами с согласованными начальными отсчетами. МУП СССР, ВУВГСЧ, Донецк, 1980. – 22 с.
4. Абрамов Ф.А., Милетич А.Ф., Стрейманн В.Э. Инструментальные средства и методы депрессионных съемок шахт. – М., Недра, 1974. – 144 с.
5. Панов Н.С., Вишницкий А.И. и др. Новая аппаратура для измерения параметров вентиляционных потоков шахт и решения практических задач рудничной вентиляции // Горный журнал. – 1992. - № 9. – С. 35-37.

6. Разработать и внедрить анемометр многофункциональный шахтный МША: Отчет о НИР (заключительный) / КО Вост НИИ; Рук. Абрамсон К.М. – 3 ГР 0180050417; Инв. № 02870089310. – Караганда, 1987. – 76 с.

УДК 622.411.332.023.623.002.2

Академик НАН Украины,
д-р техн. наук, профессор А.Ф. Булат,
д-р техн. наук Ю.И. Кияшко,
инженер Л.И. Гажемон (ИГТМ НАН Украины)

ОПЫТ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ ДОБЫЧИ ШАХТНОГО МЕТАНА В УКРАИНЕ

Представлені результати аналізу робіт по видобутку та використанню одного з цінних енергоносіїв – шахтного метану. Виконані деякі узагальнення напрямків вдосконалення існуючих технологій вилучення метану з вуглепородних масивів. Розкриті перспективи промислового видобутку та використання шахтного метану.

EXPERIENCE AND PROSPECTS OF INDUSTRIAL PRODUCTION MINE METHANE IN UKRAINE

The results of the analysis of works on production and use of one of most valuable energy-carriers - mine methane are submitted. The partial generalizations of directions of improvement of existing technologies of extraction methane from coal-rock of files are executed. The prospects of industrial production and uses methane are opened.

Сегодня во многих странах мира извлечение и использование шахтного метана превратилось в самостоятельную энергетическую подотрасль. В настоящее время и в Украине разворачиваются работы по добыче этого ценного энергоносителя, тем более, что запасы его достаточно велики. Так, расчеты показывают, что ресурсы метана только в Донецком бассейне в угольных пластах до глубины 1800 м колеблются в пределах 450-550 млрд. м³ [1]. Необходимы новые высокоэффективные технологии извлечения метана из угольных месторождений, обеспечивающие не только интенсификацию притока метана к добычным скважинам, но и минимизирующие затраты на его добычу. Условия Задача эффективной добычи заключаются, с одной стороны, в отыскании в углепородном массиве протяженных коллекторов высокой дренирующей способности, и, с другой стороны, в его разупрочнении (микро- и макроразрушении).

Проблема добычи метана на угольных месторождениях в связи с подземным производством угля является актуальной. Но ее решение, требующее весьма больших капиталовложений, должно базироваться не на экспериментально-буровых работах, а на научных исследованиях и достоверных исходных данных для технико-экономического обоснования, как промышленного эксперимента, так и в целом рентабельности промысловой добычи угольного метана.

Угольные месторождения на территории 63 угледобывающих стран мира характеризуются исключительным разнообразием сложнейших условий, не имеющих места ни в одной другой отрасли промышленности, связанной с добычей топлива. В связи с этим применяются различные способы и системы раз-