

УДК 658.011.56:622.445



**П. В. БОРОЗДИН,**  
инж.  
(ГП «НТЦ проблем энергосбережения»)



**А. А. ЕРЕМЕНКО,**  
инж.  
(ГП «НТЦ проблем энергосбережения»)



**Н. А. ФОМИН,**  
инж.  
(Донбасская топливно-энергетическая компания)



**В. Ю. КНЯЗЕВ,**  
инж.  
(ПАО «Краснодонуголь»)

# Опыт контроля и регистрации параметров вентиляторов главного проветривания\*

Приведен опыт контроля и регистрации параметров вентиляторов главного проветривания с помощью аппаратуры АКВМ.

Для обеспечения нормального проветривания шахты или рудника, поддержания заданных параметров вентиляции (количества воздуха, подаваемого в подземные выработки), а также для контроля состояния вентиляторной установки главного проветривания (ВГП) машинист и диспетчер должны непрерывно получать сведения о подаче (производительности) вентилятора, развиваемом им давлении (депрессии) и о положении ляд [1, 2, 3].

Чтобы замерить производительность ВГП, приемники для замера давления устанавливаются в двух различных по площади сечениях. Лучший способ — использование сужения канала вентилятора, если оно было предусмотрено. Среди других способов наиболее распространены установка осредняющих насадок перед рабочим колесом вентилятора или применение так называемых мультипликаторов, которые устанавливают в канале в том же сечении, что и приемники для замера статического давления. В мультипликаторе воздушный

поток «разгоняется», его скорость в месте сужения значительно выше, чем скорость потока в канале, и появляется возможность получить разность давлений, необходимую для определения производительности вентилятора. Также используют трубки Пито. Измерительные вставки надежно работают на чистом воздухе, а установленные в шахтных каналах, несущих пыль и влагу, очень быстро забиваются (часто за несколько часов) и перестают работать.

В качестве первичных приборов, предназначенных для получения информации по определению производительности и давления (депрессии) вентиляторной установки, преобразования этих значений в электрический сигнал использовались дифференциальные манометры видов ДМ, ДМИ, ДМЭ и др. Первичные приборы применялись в комплекте со вторичными (снабженными шкалой и стрелкой), устанавливаемыми в машинном зале и у диспетчера. Регистрация давления и производительности вентиля-

\* В подготовке статьи принимали участие канд. техн. наук Ю. П. Жуков, инж. Ю. А. Пасечник, инж. Г. В. Юрченко (ГП «Научно-технический центр проблем энергосбережения»), инж. И. А. Панов (ООО «Дарс»). Авторы выражают благодарность техническим специалистам шахты «Западно-Донбасская» (ныне ш/у «Терновское», ДТЭК) и шахты «Красноармейская-Западная» № 1 (ныне ш/у «Покровское», ПрАО «Донецксталь» — металлургический завод) за ценные советы и помощь в проведении приемочных испытаний аппаратуры АКВМ и АКВ 1000/16.



**Рис. 1.** Аппаратура манометрического контроля депрессии и производительности шахтных вентиляторов МАК-1000/100ШВ.



**Рис. 2.** Аппаратура контроля вентиляторов главного проветривания АВМ-1000/16.



**Рис. 3.** Блок контроля и регистрации аппаратуры АКВМ.

тора велась самопишущими приборами на бумажную ленту.

Воздействие пыли и грязи существенно ограничило применение средств измерения производительности вентиляторной установки, основанных на эффекте отвода тепла от измерительного элемента потоком воздуха (термоанемометров) и различного вида крыльчаток (тахометрических преобразователей).

В 90-х годах прошлого века институтом «Инсистемшахт» (ныне — ГП «НТЦ проблем энергосбережения») разработана и устанавливалась на ВГП аппаратура манометрического контроля депрессии и производительности шахтных вентиляторов МАК-1000/100ШВ (рис. 1). Главным преимуществом аппаратуры была комплектность, не требовались дополнительные приборы.

«Революционный» прорыв сделан в 2003 г., когда была разработана аппаратура АКВ-1000/16 (ТУ У 33.2-04721877-001-2004), серийно выпускавшаяся до 2011 г. (рис. 2). В ней применялись точные и надежные полупроводниковые преобразователи давления производства Института физики полупроводников АН Украины, микропроцессорные устройства фирм ATMEL, ANALOG DEVICE, энергонезависимая флеш-память. Вычисление производительности осуществлялось в цифровой форме, появилась безбумажная технология хранения результатов регистрации. Было изготовлено более 80 комплектов аппаратуры и поставлено на шахты Украины (ПАО «Краснодонуголь», ПАО «ДТЭК Павлоградуголь» и др.), а также на шахты России и Казахстана.

В настоящее время на предприятиях Украины внедряется новое поколение аппаратуры контроля и регистрации параметров

вентиляторов главного проветривания — аппаратура АКВМ, ТУ У 33.2-04721877-009:2012 (рис. 3). Она — результат работ по глубокой модернизации аппаратуры АКВ 1000/16, имеет все необходимые разрешительные документы.

В новой аппаратуре использована современная элементная база — микроконтроллеры, полупроводниковые преобразователи давления, реализовано хранение информации на современных носителях (оперативная регистрация в собственной энергонезависимой памяти до 30 сут, долговременное хранение с помощью накопительных устройств компьютера). По сравнению с существующими средствами контроля вентиляторов главного проветривания в аппаратуре АКВМ повышена точность измерений благодаря специальному алгоритму автоматической коррекции аддитивных погрешностей; реализована безбумажная технология регистрации параметров; один комплект аппаратуры обслуживает как основной, так и резервный вентиляторы; предусмотрено автоматическое определение режима работы ВГП (переключение на реверс) и соответствующее переключение режима работы аппаратуры; для контроля положения ляд осуществлены функции телесигнализации; благодаря использованию программируемых микропроцессоров и специальной схемотехники возможно гибкое изменение и дополнение выполняемых функций. Принципиально новое качество — прямой контроль скорости воздушного потока ультразвуковым датчиком, которым аппаратура АКВМ может быть дополнена опционально.

В состав аппаратуры АКВМ входят:

- блок контроля и регистрации — для преобразования давления и разности давлений, обработки полученных результатов;
- блок интерфейса (рис. 4) для связи с удаленным персональным компьютером (ПК) — для преобразования уровней Ethernet или

хорошающие стволы), где относительно мало пыли и влаги.

На главных вентиляторных установках, когда вследствие работы скипового подъема велико влияние пыли и грязи, чтобы обеспечить надежную работу требуется периодическая очистка из-



Рис. 4. Блок интерфейса.

### Техническая характеристика аппаратуры АКВМ

Контролируемая депрессия вентилятора, кПа	От 0 до ±10
Предел основной погрешности преобразования контролируемой депрессии, %, не более	1
Контролируемый перепад давления, кПа	От 0 до ±1
Предел основной погрешности преобразования перепада давления, %, не более	1,5
Контролируемая скорость потока, м/с	От 0 до ±25
Предел основной погрешности преобразования контролируемой скорости потока $v$ , %, не более	$\pm 2 (1 + 1,25/v)$
Контролируемая температура, °C	От 0 до +40
Количество каналов телесигнализации	16
Длина линии связи (свободная телефонная пара) между блоками интерфейса и контроля и регистрации, не более, м	10000
Напряжение питания, В	220

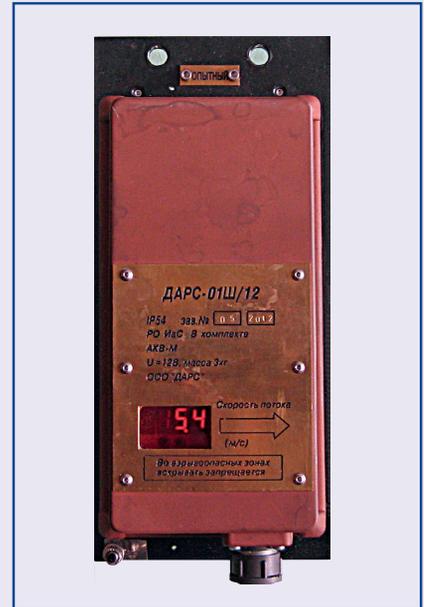


Рис. 5. Ультразвуковой датчик скорости.

последовательного интерфейса RS232 (COM-порт компьютера) в сигнал типа «токовая петля», применяемого для обмена информацией с блоком контроля и регистрации;

- ультразвуковой расходомер для контроля скорости воздушного потока (по специальному заказу);
- программное обеспечение, использующее ПК в качестве терминала и накопителя.

Ультразвуковой датчик скорости воздуха ДАРС-01 Ш/12 (рис. 5) устанавливается в середине потока и обеспечивает измерение скорости потока в прямом и реверсивном направлениях, а также температуры воздуха. Опыт эксплуатации показал устойчивую работу аппаратуры АКВМ с применением ультразвукового измерителя скорости на фланговых вентиляторах (возду-

лучателей и приемников ультразвуковых волн. Для этого в конструкцию ультразвукового датчика добавлены форсунки, направленные на излучатель и приемник, через которые периодически под давлением подается омывающая жидкость. Приемочные

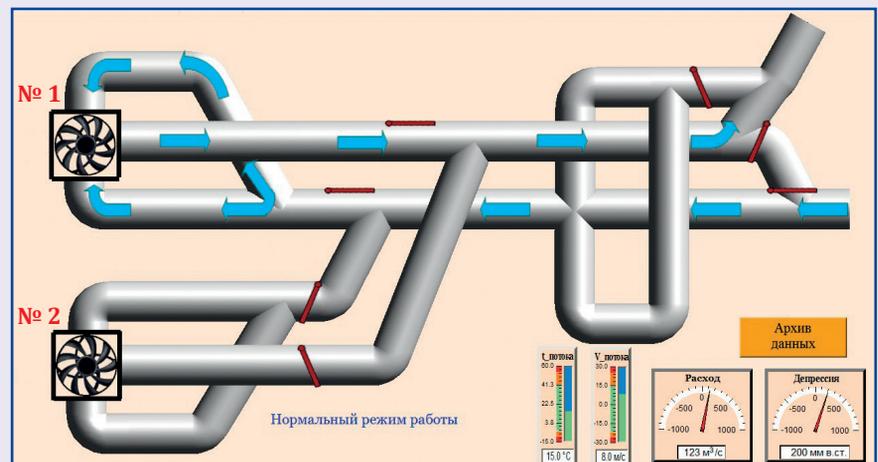


Рис. 6. Пример визуализации контроля и регистрации параметров шахтных ВГП.

испытания подтвердили целесообразность принятых решений.

В аппаратуре АКВМ используется технология Ethernet для связи с компьютером (сервером). Теперь для подключения аппаратуры достаточно расположить блок интерфейса рядом с любым местом, где присутствует локальная сеть (если сеть есть в месте установки аппаратуры АКВМ, блок интерфейса не нужен).

В случае отсутствия проложенных заранее кабелей либо других средств передачи данных для обеспечения связи возможно использование GSM модемов либо радиомостов.

Существует возможность передачи по свободной телефонной паре контролируемых параметров — температуры подшипников, двигателей вентилятора и вибрации по протоколу ModBUS RTU (дополнительная опция).

Пример визуализации контроля и регистрации параметров шахтных ВГП, разработанный на базе пакета MasterSCADA, показан на рис. 6. В окне программы отображаются значения параметров: депрессии, расхода (при наличии ультразвукового датчика — температуры и скорости потока); положения ляд; режима работы вентиляторной

установки; просмотра архивной информации. При отсутствии связи между блоком контроля и регистрацией и сервером данные продолжают записываться в энергонезависимую память аппаратуры, при ее восстановлении данные из аппаратуры передаются на сервер.

**Выводы.** Опыт эксплуатации аппаратуры АКВ на шахтах ПАО «Краснодонуголь» и ПАО «ДТЭК «Павлоградуголь» показал, что аппаратура позволяет осуществлять:

непрерывный автоматический контроль и регистрацию параметров шахтных вентиляторов главного проветривания;

автоматическую сигнализацию о выходе контролируемых аэродинамических параметров за установленные пределы;

передачу всех контролируемых параметров в локальную сеть предприятия (Ethernet) напрямую либо через свободную телефонную пару длиной до 10 км, во втором случае возможна передача дополнительной информации от интеллектуальных датчиков (например, температуры или вибрации);

визуализацию состояния вентиляторной установки на персональном компьютере;

использование текущих и ретроспективных данных о параметрах шахтных вентиляторов главного проветривания для разработки мероприятий по экономии энергоресурсов, повышению качества технического обслуживания и надежности работы ВГП, уменьшению затрат на его ремонт;

получение основного совокупного эффекта — поддержание безопасных условий труда в шахте за счет контроля обеспеченности подземных работ необходимым количеством свежего воздуха.

### ЛИТЕРАТУРА

1. *Правила* безпеки у вугільних шахтах: НПАОП 10.0-1.01-10. — Нормативно-правовий акт з охорони праці. — К., 2010. — 430 с.
2. *Ковалевская В. И.* Машинист вентиляторных установок / В. И. Ковалевская, В. А. Спивак. — М.: Недра, 1979. — 223 с.
3. *Ковалевская В. И.* Эксплуатация шахтных вентиляторов / В. И. Ковалевская, В. А. Спивак, Б. С. Фальков. — М.: Недра, 1983. — 336 с.
4. *Жуков Ю. П.* Вентиляторы главного проветривания и общешахтная вентиляция: контроль и управление / Ю. П. Жуков, В. Ф. Боронин, В. И. Бабырь [и др.] // Уголь Украины. — 2011. — № 11. — С. 23–27.