



**А. П. КРУКОВСКИЙ,**  
доктор техн. наук  
(ИГТМ НАН Украины)



**Ю. Д. БЕЛИКОВ,**  
чл.-корр. МАНЭБ  
(ООО «СК Днепр»)



**М. Н. ДУДНИК,**  
инж.  
(ИГТМ НАН Украины)

## Анемометр АПР-2 – современный прибор для контроля проветривания шахт

новые недостатки: значительная повреждаемость; высокая трудоемкость, сложность процедуры и узкий диапазон измерений, обязывающий потребителей применять два прибора одновременно, а также необходимость использования индивидуальных градуировочных графиков для получения результата, что в целом делает их показания малонадежными. В соответствии с Правилами [1] необходимо контролировать движение воздушного потока в выработках шахт начиная с 0,15 м/с, а приборы не могут это обеспечить.

Ряд организаций, в том числе ВостНИИ и ИГД им. А. А. Скочинского, в конце 1990-х годов провели работы по созданию рудничных анемометров с датчиками термокондуктометрического типа. Опытные образцы имели широкий диапазон измерений, функцию вычисления их результатов с индикацией на цифровом дисплее и т. д. Однако большие погрешности, вызываемые изменениями газового состава, температуры, влажности, давления и запыленности шахтной атмосферы, показали нецелесообразность использования анемометров в горных выработках шахт.

В переносных анемометрах, предназначенных для измерений в различных отраслях производств и особенно в рудничной аэрологии, ведущие приборостроительные фирмы мира используют преимущественно тахометрический преобразователь

скорости воздушного потока. Это обусловлено простотой конструкции, широким диапазоном измерений, высокой точностью и главное – практически полным отсутствием зависимости результатов измерений от параметров контролируемой среды.

Указанные положения определили выбор принципа действия рудничного переносного анемометра, разработка которого была начата ИГТМ НАН Украины в 1990 г. в соответствии с техническим заданием, поступившем от Всесоюзного управления военизированных горноспасательных частей Минуглепрома СССР. Прежде всего необходимо было устранить основные недостатки, присущие существующим конструкциям тахометрических преобразователей. Это высокая уязвимость легких крыльчаток диаметром 70 – 100 мм, которые обычно используют в анемометрах высокого класса для измерения скоростей, начиная с 0,2 – 0,3 м/с, а также недолговечность и нестабильность их характеристик вследствие быстрого износа узлов вращения.

Для повышения надежности создаваемого анемометра в тяжелых условиях эксплуатации в нем была установлена разработанная сотрудниками ИГТМ НАН Украины оптимизированная по своим аэродинамическим свойствам крыльчатка диаметром 35 мм, которую надежно защищал корпус металлопластиковой обечайки. Чтобы при этом чув-

**О**беспечение горных выработок шахт расчетным количеством воздуха – одна из важнейших задач по созданию безопасных условий труда. Более 50 лет для измерений средней скорости движения воздуха в горных выработках применяли комплект из анемометров АСО-3 и МС-13, для работы с которыми обязателен секундомер. К настоящему времени они безнадежно устарели, так как по своей конструкции это лабораторные приборы. Ос-

ствительность преобразователя не снизилась и измерения начинались с 0,15 м/с, потребовались аэромеханические исследования и доводка конструкции, узлов вращения крыльчатки и корпуса обечайки. Конструкция оси крыльчатки, ее опоры, а также материалы, из которых они изготовлены, влияют на долговременную стабильность метрологических характеристик преобразователя.

В процессе продолжительных лабораторных исследований и эксплуатационной наработки образцов анемометров в угольных шахтах установлено, что лучший материал для оси – специальный твердый сплав. Оси из вольфрамванадиевого сплава, обычно применяемые в керновых опорах измерительных приборов, значительно уступают по долговечности. Они не позволяют достичь постоянства характеристик преобразователя в течение межповерочного интервала при интенсивной эксплуатации анемометра в шахтах. Определена также геометрическая форма кернов оси, которая обеспечивает высокую чувствительность преобразователя, умеренное удельное давление на камневые опоры и достаточную механическую прочность. Чтобы повысить чувствительность преобразователя, приняли меры для уменьшения массы и момента инерции крыльчатки. Фрезерование лопастей снизило максимальные напряжения в камневых опорах, а также улучшило динамические характеристики преобразователя при работе в нестационарных воздушных потоках. Благодаря этому важнейший параметр крыльчатки, созданной специалистами ИГТМ, остается уникальным и сегодня.

Перечисленные меры позволили создать тахометрический преобразователь с крыльчаткой диаметром 35 мм и диапазоном измерений 0,15 – 20 м/с, что превосходит лучшие зарубежные аналоги. Так, ведущие немецкие фирмы Höntzsch и Testoterm, а также американские MiniAir, Kernco Instruments Co и английская Airflow Co для обеспечения необходимой чувствительности в диапазоне скоростей от 0,2 м/с применяют преобразователи с крыльчатками диаметром 70 – 100 мм.

Работа анемометра АПР-2 организована так, чтобы быть понятной пользователю. Процесс измерения осуществляют с помощью простейших операций, а на индикатор выдается минимально необходимая и полезная информация. Для определения скорости воздушного потока прибор надо включить, а затем, после внесения крыльчатки в поток начать измерение, по окончании которого прибор показывает значение скорости. Также пользо-

ватель непрерывно получает информацию о длительности замера. Правила безопасности требуют повторять замер не менее трех раз, что должно повышать надежность измерений. Анемометром АПР-2 можно выполнить до шести последовательных замеров с вычислением средневзвешенного значения скорости воздушного потока с учетом произвольной длительности каждого из них, результат автоматически запоминается и хранится до начала выполнения следующей серии замеров. Это существенно повышает достоверность измерения, которую многие производители анемометров не обеспечивают.

В отличие от большинства современных анемометров подобного назначения первичный преобразователь анемометра АПР-2 закреплен на подвижной телескопической штанге, которая позволяет в нерабочем положении убрать его в специальную нишу корпуса, где он надежно защищен от случайных повреждений. Для проведения измерений в выработках большой площади сечения в комплект анемометра введен удлинитель штанги, который легко подсоединяется и увеличивает длину прибора. Достаточно открутить накидную гайку на штатном разъеме первичного преобразователя и отсоединить его от измерительного блока анемометра АПР-2. Затем, добавив удлинитель штанги, увеличивают полную длину прибора до 750 мм. По заявкам потребителей возможно изготовление удлинителя с полной длиной до 2,5 м, что позволяет любым анемометром АПР-2 выполнять измерения в особо труднодоступных местах.

Несмотря на принятые меры защиты, первичный преобразователь – наиболее изнашиваемый и подверженный случайным механическим повреждениям узел анемометра. Практика эксплуатации анемометров в шахте показывает, что в большинстве случаев межремонтные интервалы приборов определяются надежностью преобразователей. Ведущие европейские и американские фирмы выпускают анемометры с запасными взаимозаменяемыми, уже поверенными первичными преобразователями с градуировочной характеристикой в допускаемых пределах. Однако при их серийном изготовлении разброс характеристик, как правило, превышает пределы допускаемой погрешности. Подгонка параметра каждого экземпляра преобразователя до нормированного путем юстировки углов закрутки лопастей с контролем в аэродинамической трубе – операция трудоемкая и дорогостоящая. Поэтому цена тахометрических преобразова-



**Рис. 1.** Анемометр АПР-2.

телей упомянутых фирм составляет от трети до половины стоимости анемометра, т. е. от 450 долл. и выше.

В анемометре АПР-2 предусмотрено более эффективное и простое в реализации решение. Параметры реальной градуировочной характеристики каждого экземпляра преобразователя измеряют и кодируют с нормированной точностью. Градуировочные характеристики подтверждает государственный поверитель при периодической поверке. Градуировочный код вносят в паспорт анемометра и вводят в память измерительного блока с помощью кнопок управления при подготовке к эксплуатации. Затем его ежегодно уточняют во время периодической государственной обязательной поверки раз в год. Результаты измерений в дальнейшем с учетом введенного метрологического кода анемометр вычисляет автоматически. Это также позволяет пользователю заменять первичный преобразователь на поверенный запасной без необходимости проведения внеплановой государственной после-ремонтной поверки.

Источник питания анемометра состоит из четырех гальванических элементов типа АЗ16, обеспечивающих его непрерывную работу в течение не менее 750 ч.

Анемометр (рис. 1) выполнен в удобном корпусе, отлитом из ударопрочной пластмассы, тщательно герметизирован. Благодаря этому анемометр с выдвинутым из корпуса первичным преобразователем может неограниченно долго работать под интенсивными брызгами воды, что чрезвычайно важно для надежной эксплуатации в горных выработках.

Образцы анемометра успешно прошли длительные аэромеханические испытания в Донецком ЦСМ, НИИ метрологии им. Д. И. Менделеева, который ввел анемометр АПР-2 в состав рабочих эталонов России, ЦАГИ им. Н. Е. Жуковского и в испытательном центре Национального авиационного университета. В 2000 г. анемометр АПР-2, который выпускали как опытный образец, существенно изменили.

В соответствии с замечаниями и предложениями, высказанными работниками пылевентиляционных служб шахт Украины и России, анемометр АПР-2 существенно улучшен. Повышена надежность телескопической штанги, первичный преобразователь стал съемным, а электрическая схема, изготовленная еще на советских дискретных элементах, полностью заменена. Алгоритм управления прибором реализован на новом уровне, схемотехнические решения которого выполнены на современном микропроцессоре семейства фирмы Intel, что позволило повысить точность, увеличить диапазон измерений, добавить функцию измерения средневзвешенного значения скорости воздушного потока. После успешных государственных приемочных испытаний анемометр АПР-2 включили в Госреестры средств измерительной техники Украины, России, Беларуси и Казахстана, а ИГТМ им. М. С. Полякова НАН Украины получил право на его серийное производство и выпуск. Госпромнадзор Украины 22 ноября 2012 г. подтвердил разрешение на применение и эксплуатацию АПР-2 во взрывоопасных условиях.

Из опыта эксплуатации анемометров АПР-2 известно, что заявленные современные высокие технические и метрологические характеристики прибора обеспечиваются только при условии своевременного квалифицированного обслуживания. Ученые ИГТМ, разработчики и производители анемометра АПР-2 гарантируют соответствующий уровень сервисного обслуживания всех приборов, находящихся в эксплуатации, т. е. заявленные высокие показатели надежности работы. Анемометр АПР-2 – пример для новых производителей анемометров.

Следует отметить, что в Украине возможно появление нового прибора – АПР-2А. Похожее название выбрано неслучайно, так как за основу взят широко известный анемометр АПР-2 производства ИГТМ НАН Украины. Однако у оригинального анемометра АПР-2 метрологические и электрические характеристики существенно выше, чем у его внешне схожих копий, несмотря на то что новые произ-

водители рекламируют свои копии как новейшие приборы. Сегодня Госпромнадзор и Комитет Украины по метрологии и стандартизации запретили эксплуатацию копий анемометра АПР-2, выпущенных ООО «Предприятие Алеко» с тем же названием. По факту эта продукция не такая, за которую ее выдают, поскольку не соответствует техническим условиям [3] на анемометр АПР-2, поэтому подлежит изъятию из обращения.

В процессе эксплуатации анемометров АПР-2 возникла проблема – за обслуживание и ремонт берутся фирмы, которые не располагают документацией на прибор, средствами настройки и контроля, работники не имеют соответствующей квалификации и опыта. Нарушение пломб производителя автоматически приводит к тому, что действующая поверка досрочно прекращается.

В соответствии с установленным Законом Украины «О метрологии и метрологической деятельности» и ДСТУ 3400:2006 [2] порядком серийное средство измерений с нарушенными пломбами производителя нельзя подвергать государственной поверке. Неквалифицированный и некачественно выполненный ремонт уменьшает надежность и ресурс работы анемометра, в результате не обеспечиваются заявленные характеристики и межповерочный срок эксплуатации. Работы по восстановлению и доведению такого прибора до требований ТУ [3] значительно удорожают его сервисное обслуживание.

Длительные промышленные испытания анемометра АПР-2 в горных выработках шахт Украины и России показали, что по своим эксплуатационным и метрологическим характеристикам он вполне соответствует требованиям, предъявляемым к современному рудничному прибору высокого класса. Анемометр АПР-2 работает на горных предприятиях Украины, России, Беларуси, Казахстана и других стран. Его применяют как основное средство измерений скорости движения воздуха в горных выработках шахт, в том числе опасных по газу или пыли, рудниках. Он эксплуатируется на атомных станциях, метеостанциях, в метрополитенах, применяет-

ся для контроля за состоянием промышленной вентиляции, систем кондиционирования, различных технологических процессов, а также при аттестации рабочих мест, кроме того, используется службами Госэпидемнадзора и для других целей.

Как отмечалось, Правила [1] требуют измерений скоростей, начиная с 0,15 м/с. В ИГТМ впервые решили проблему малых скоростей для преобразователя, использующего тахометрический принцип работы.

Для усовершенствованного анемометра АПР-2 потребовалось разработать, изготовить и аттестовать рабочий эталон особо малых скоростей воздушного потока РЭСВП-1. С помощью эталона исследовали анемометр АПР-2 и подготовили материалы для государственных испытаний, что позволило начало диапазона измерений скорости снизить до 0,15 м/с, при этом точность в поддиапазоне до 1,2 м/с увеличена более чем в 3 раза.

После подтверждения Госстандартом результатов контрольных испытаний модернизированные анемометры АПР-2 с новыми метрологическими характеристиками поступают в эксплуатацию уже в этом году. Также в усовершенствованном анемометре в соответствии с методикой, приведенной в Руководстве [4], добавлена сервисная функция вычисления расчетного количества воздуха, поступающего в горные выработки шахт.

### ЛИТЕРАТУРА

1. *Правила безпеки у вугільних шахтах*: НПАОП 10.0-1.01-10. – К., 2010. – 430 с. – (Нормативні директивні правові документи).
2. *Метрологія*. Державні випробування засобів виміральної техніки. Основні положення, організація, порядок проведення і розгляду результатів: ДСТУ 3400:2006. – К.: Держспоживстандарт України, 2006. – 40 с. – (Нормативний документ Держспоживстандарту України).
3. *Анемометр* переносной рудничный АПР-2: ТУ У10.1-05411357-001-2001. – ИГТМ НАН Украины, Днепрпетровск, 2001. – 28 с.
4. *Руководство* по производству депрессионных съемок на угольных шахтах. – Донецк, 2000. – 20 с.