

УДК 616.24-073.173

**С.З. Шкундин, А.А. Жердев**

## **ЭЛЕКТРОИСКРОБЕЗОПАСНОСТЬ ШАХТНЫХ АНЕМОМЕТРОВ НА ОСНОВЕ АКУСТИЧЕСКОГО МЕТОДА ИЗМЕРЕНИЯ СКОРОСТЕЙ И РАСХОДОВ ГАЗОВОЗДУШНЫХ ПОТОКОВ**

*Рассмотрен вопрос о повышении безопасности ведения горных работ. Акустические анемометры серии АПА-1, которые применяются непосредственно в горных выработках для измерения скорости газовоздушного потока, должны удовлетворять требованиям электроискробезопасности предусмотренным ГОСТОМ для оборудования I группы. При испытании этих приборов часто опускается проверка на соответствие требованиям шахтной безопасности по следующим критериям: статическая электризация и электроискробезопасность пьезокерамических колец. Проведено исследование шахтного акустического анемометра серии АПА на соответствие требованиям электроискробезопасности по этим двум критериям.*

*Ключевые слова:* электроискробезопасность, акустический анемометр, статическая электризация.

**Семинар № 24**

**О**бъектом исследования являлся акустический анемометр серии АПА, основанный на способе измерения, разработанном в МГГУ, и состоящем в излучении и приеме акустических колебаний в цилиндрическом волноводе-воздуховоде, по которому проходит контролируемый поток.

Мерой измеряемой скорости потока является эффект замедления или ускорения акустических колебаний, распространяющихся в контролируемом газовоздушном потоке от излучателя к приемнику. Акустический анемометр АПА-1/3 эксплуатируется в газоопасных угольных шахтах как в качестве прибора эпизодического контроля, проводимого участками ВТБ шахт, так и в составе автоматизированных информационно-измерительных систем обеспечения шахтной безопасности. Рассматриваемый анемометр прошел стандартные испытания на искровзрывобезопасность как

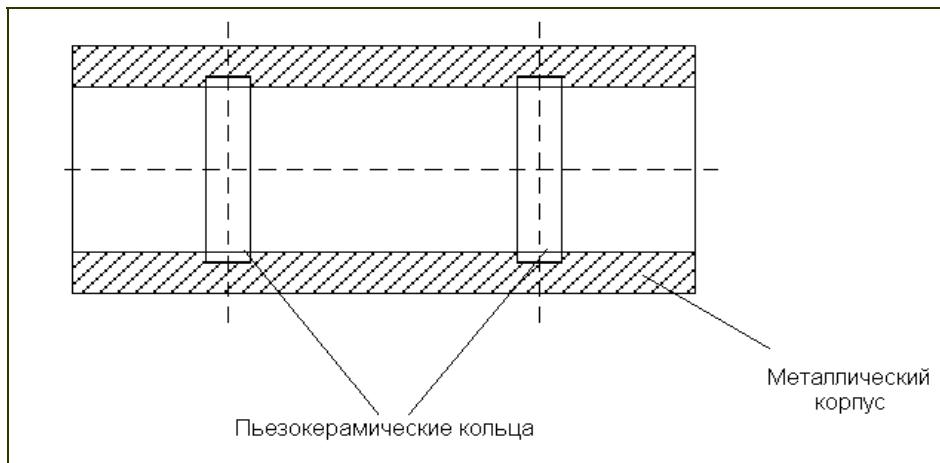
прибор, относящийся к рудничному оборудованию I группы. На рис 1 схематически показан анемометрический канал.

Рудничное оборудование группы I – рудничное взрывозащищенное электрооборудование, предназначенное для применения в подземных выработках шахт, рудников и в их наземных строениях, опасных по рудничному газу и/или горючей пыли [1].

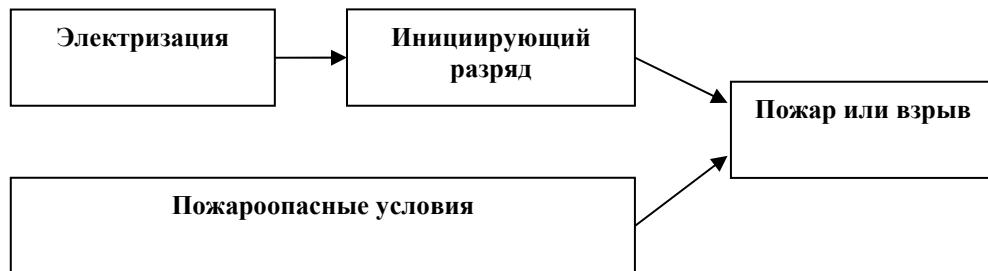
Существуют два критерия, которые обычно опускают при подобного рода испытаниях, хотя они играют немаловажную роль в обеспечении безопасного использования электрооборудования в шахтах.

### **1. Статическая электризация**

При взаимодействии поверхностей различных объектов происходит обмен зарядами, и электроны с одного объекта перемещаются на другой. При этом на одном из объектов образуется избыток зарядов одного знака, а на другом – недостаток, и между



**Рис. 1. Упрощенная схема конструкции анемометрического канала**



**Рис. 2. Условия, приводящие к взрыву**

ними образуется электрическое поле. Если хотя бы один из этих объектов обладает большим сопротивлением (т.е. является диэлектриком), то при разделении этих поверхностей может произойти разряд. Объясняется это тем, что при быстром удалении объектов друг от друга носители зарядов не успевают вернуться назад. Заметим, что такое наблюдается только лишь у материалов с большим удельным сопротивлением, т.к. у проводников, имеющих большое количество свободных электронов, обмен зарядами происходит практически мгновенно и статической электризации не происходит [2].

Явления, связанные с электризацией, ставят много различных производственных и технологических проблем. Разряды, вызванные статической электризацией, могут приводить к серьезным нарушениям. Условия, приводящие к взрыву, схематически показаны на рис. 2, а их последствия – в табл. 1.

При контакте человека с прибором, на котором образуются электростатические заряды, может возникнуть разряд, который помимо неприятного воздействия на человека может воспламенить окружающую его атмосферу.

На данный момент требования, предъявляемые к статической элек-

Таблица 1  
**Последствия электростатических явлений и их конкретные формы [1]**

Последствия электростатических явлений	Конкретные формы
Нарушения, вызываемые искрой	Порча электронных элементов и повреждение чувствительных материалов
Опасность, вызываемая электризацией твердых и жидких материалов	Пожар или взрыв

троискробезопасности, зафиксированы в ГОСТ Р 52274-2004 и ГОСТ Р 51330.0-99. Последний из них, разработанный в России негосударственным фондом «Межотраслевой орган сертификации «Сертиум» является и международным (МЭК 60079-0-98). Основным требованием для рудничного оборудования группы I, согласно пункту 7.3 «Электростатические заряды на оболочках из пластических материалов и их частях», является непревышение удельным сопротивлением оборудования величины  $10^9$  Ом [1].

Это требование должно удовлетворяться путем выбора материала с сопротивлением изоляции, измеренным в соответствии с методом, приведенным в этом же документе, не более  $10^9$  Ом при температуре  $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$  и относительной влажности  $(50 \pm 5)\%$ .

Оболочка акустического анемометра выполнена из металла, удельное сопротивление которого много меньше величины  $10^9$  Ом. Следовательно, на ней, согласно п. 7.3 ГОСТ Р 51330.0-99, накопление статических зарядов в опасном количестве невозможно. Однако в рупорной части акустического анемометра присутствуют два неметаллических объекта – пьезокерамические кольца, которые при взаимодействии с газовоздушным

потоком (трение о воздух) могут накапливать статические заряды.

Рассмотрим конструкцию колец более подробно. Для увеличения проводимости их поверхность покрыта тонким слоем серебра. Т.е. та часть кольца, которая может входить в контакт с газовоздушным потоком, и накапливать электростатические заряды, покрывается проводником с удельным сопротивлением  $16 \cdot 10^{-9}$  (Ом·м). Это обстоятельство предотвращает возможность возникновения электростатических разрядов.

Следовательно, образование опасных электростатических разрядов на акустическом анемометре невозможно потому что:

- корпус прибора выполнен из металла, низкое сопротивление которого препятствует возникновению разряда при разделении двух поверхностей (рука человека – корпус);
- пьезокерамические кольца анерометрического канала акустического анерометра покрыты слоем проводника с низким удельным сопротивлением – серебра, что исключает возможность образования статических разрядов при взаимодействии с воздушным потоком;

Таким образом, качественный анализ позволяет сделать вывод о соответствии шахтных акустических анерометров требованиям безопасности, установленным ГОСТ Р 51330.0-99 по электростатике.

## 2. Искробезопасность пьезокерамических колец

Другой вид опасности связан с самим принципом действия пьезокерамического кольца.

Как известно, при механическом давлении на пьезокерамику на её границах образуется разность напряжений, пропорциональная механическому воздействию. Из-за этой особенности использование приборов на основе

Таблица 2  
**Испытания на ударную прочность**

Вид электрооборудования	Группа электрооборудования			
	I		II	
	Опасность механических повреждений			
	Высокая	Низкая	Высокая	Низкая
Энергия удара, $E$ , Дж				
a) Решетки защитные, крышки защитные, кожухи вентиляторов, кабельные вводы	20	7	7	4
b) Пластиковые оболочки				
c) Оболочки из легких металлов и литого металла				
d) Оболочки из материала, не оговоренного в перечислении с) с толщиной стенки: менее 3 мм менее 1 мм	20 —	7 —	— 7	— 4
e) Светопропускающие части без защитной решетки	7	4	4	2
f) Светопропускающие части с защитной решеткой (испытания без решетки)	4	2	2	1

пьезоэлементов в шахтах и горных выработках теоретически может привести к возникновению искры, возгоранию или взрыву вследствие падения такого прибора или удара его о твердую поверхность.

Испытание электрооборудования, содержащего пьезоэлектрические устройства производят согласно ГОСТ Р 51330.10-99, часть 2, п. 10.11.

Измеряют емкость устройства и напряжение, возникающее в нем, когда доступную при эксплуатации часть оборудования испытывают ударом, характеризующимся параметрами, приведенными в графе «Высокая» таблицы 2 ГОСТ Р 51330 при нормальных условиях с использованием испытательного оборудования (приложение Д ГОСТ Р 51330.0). Принимается более высокое значение напряжений из двух испытаний на одном образце [3].

Энергия, накопленная емкостью кристалла при максимальном измеренном напряжении, не должна превышать в мкДж, для электрооборудования:

группы I ... 1500  
подгруппы IIА ... 950

подгруппы IIВ ... 250

подгруппы IIС ... 50.

Энергия, выделяющаяся при ударе,  $E$ , рассчитывается по формуле:

$$E = \frac{c \cdot U^2}{2},$$

где  $c$  – электрическая емкость пьезоэлектрического устройства,  $U$  – напряжение, выделившееся при ударе на пьезоэлектрическом устройстве.

Таблица испытаний на ударную прочность приведена ниже.

Эксперимент проводился в специализированной лаборатории межотраслевого органа сертификации «Сертиум», пос. Быково, Московская область. Измеренная емкость одного пьезокерамического кольца с помощь R-L-C метра составила – 4 мкФ.

Испытуемый образец изображен на рис. 3.

Испытуемый образец ставится под ударную установку (рис. 4) и зажимается фиксатором, чтобы при ударе бойка не сдвинуться с места (рис. 5).

Провода подсоединяются к цифровому осциллографу, находящемуся



**Рис. 3. Анемометрический канал с проводами, подсоединенными к пьезокерамическим кольцам**



**Рис. 4. Ударная установка**

в режиме записи (рис. 6), боек поднимается до отметки, соответствующей энергии удара 20 Дж. После этого по показаниям осциллографа выбирается максимальное напряжение, которое соответствует пику кривой осциллографа при ударе бойком Результаты этого испытания приведены в табл. 3.

Из двух опытов, согласно требованиям ГОСТа, выбираем большее значение напряжения – 187 В. Как видно, полученное значение энергии, выделившейся при ударе, много меньше 1500 мкДж, предусмотренных п. 10.11 ГОСТ Р 51330.10-99 «Часть 2».

Следовательно, той энергии, которая может выделяться от пьезокерамических колец при ударе, не достаточно для воспламенения агрессивной среды шахты, и по этому критерию прибор тоже является безопасным..



**Рис. 5. Испытуемый образец под ударной установкой, подсоединененный к осциллографу**



**Рис. 6. Осциллограф электрический цифровой**

Таблица 3  
**Итоговая таблица эксперимента**

№ опыта	Напряжение, В	Ёмкость, мкФ	Энергия, выделенная при ударе, мкДж $E = \frac{cU^2}{2}$
1	187	4	69,94
2	169		57,12

### **Заключение**

В результате проведенной работы было установлено, что акустические анемометры серии АПА являются электроискробезопасными в любом аспекте этого понятия, в том числе, по энергии выделяющейся на пьезоэлементе при механическом воздействии, а именно:

1) корпус анемометра препятствует возникновению разряда при разделении двух поверхностей (например, рука человека – корпус);

2) пьезокерамические кольца анемометрического канала акустического покрыты слоем металла с низким удельным сопротивлением – серебра,

что исключает возможность образования статических разрядов при взаимодействии с воздушным потоком;

3) энергия искры, выделяющаяся при механическом воздействии на анемометрический канал (давление), меньше предельно допустимой по ГОСТ Р 51330.10-99 часть 2.

На основании полученных экспериментальных данных можно подтвердить заключение о возможности использования акустического анемометра в подземных выработках газоопасных шахт, рудников и в их наземных строениях, опасных по рудничному газу и/или горючей пыли.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. ГОСТ Р 51330.0-99 «Часть 0. Электрооборудование взрывозащищенное. Общие требования».

2. Т. Хорват, И. Берта. Нейтрализация статического электричества. – М.: ЭНЕРГО-

АТОМИЗДАТ, 1987.

3. ГОСТ Р 51330.10-99 «Часть 2. Электрооборудование взрывозащищенное. Общие требования». ГИАБ

### **Коротко об авторах**

Шкундин С.З. – доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой Электротехники и информационных систем, shkundin@mail.ru

Жердев А.А. – аспирант кафедры Электротехники и информационных систем, ses\_m2003@mail.ru

Московский государственный горный университет,  
Moscow State Mining University, Russia

