

УДК 622.807

Я.С. Ворошилов, А.А. Поморцев, Д.С. Хлудов

РАЗРАБОТКА ШАХТНОГО АНЕМОМЕТРА АР-П

Приведены результаты исследований по разработке портативного анемометра для измерения скорости воздуха в горных выработках и стендовых испытаний с целью определения работоспособности прибора.

Ключевые слова: угольные шахты, скорость движения воздуха, портативный анемометр.

Для обеспечения безопасности ведения горных работ в угольных шахтах одним из основных контролируемых параметров является скорость движения воздуха в горных выработках. При этом наиболее важными моментами являются обеспечение точности измерений в диапазоне низких скоростей 0-2 м/с и минимизация погрешности измерений в условиях запыленной атмосферы и повышенной влажности воздуха. Решению именно этих задач и был посвящен проведенный комплекс исследований по разработке макетного образца портативного анемометра.

В результате проведенных исследований был разработан и принят к технической реализации способ контроля скорости воздуха в атмосфере горных выработок, основанный на регистрации перепада давления воздушного потока, создаваемого на диафрагме.

Для снижения трудоемкости исследований было проведено компьютерное моделирование полей скорости и давления и параметров обтекания при различных профилях приемной трубки и скорости движения внешнего аэродинамического потока. Результаты компьютерного моделирования аэродинамических ситуаций приведены ниже.

Первоначально была предложена кольцевая диафрагма, установленная перпендикулярно в цилиндрическом профиле приемной трубки, (рис. 1-2) При использовании такой диафрагмы в измерительном канале анемометра образовывались сильные вихревые явления даже на малых скоростях. Регистрация перепада давления создаваемого на диафрагме была невозможна, так как не обеспечивалась стабильность измерения.

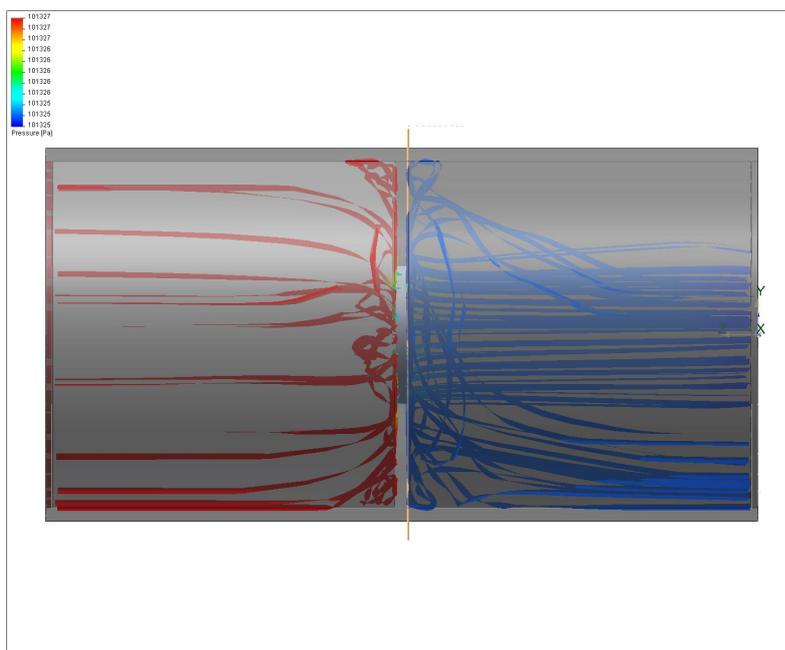


Рис. 1. Распределение давления по сечению приемной трубки, с перпендикулярной перегородкой диафрагмы, длина трубки 100 мм, скорость потока воздуха 0,25 м/с

Было принято решение изменить форму приемной трубки путем создания конусной кривизны патрубков для уменьшения вихреобразования в средней его части. Было рассмотрено два варианта: создание и исследование симметричного конусного профиля приемной трубки длиной 75 мм и 150 мм. Моделирование аэродинамических параметров при длине приемной трубки равной 75 мм не позволило устранить появление зон турбулентности потока во всем диапазоне исследуемых скоростей. Зоны наибольшей турбулентности особенно отчетливо наблюдались при скорости спутного потока менее 1 м/с (рис. 3-4).

Увеличение длины приемной трубки до 150 мм позволило стабилизировать поля скоростей и давления внутри симметричного конусного профиля, добиться ламинарности течения вблизи диафрагмы и на входе-выходе из измерительной трубки (рис. 5 – 7). Это позволило добиться четкой регистрации перепада давления на диафрагме во всем диапазоне измерения 0-50 м/с.

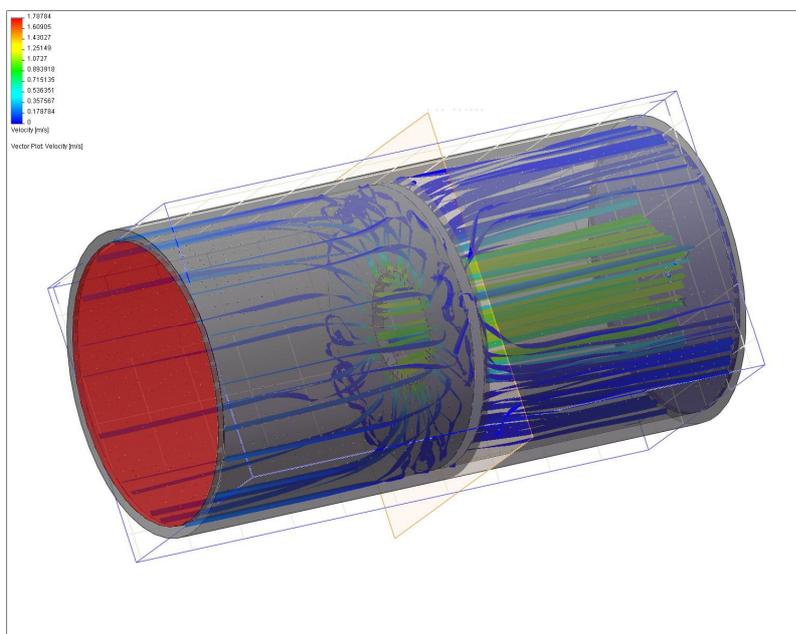


Рис. 2. Распределение давления по сечению приемной трубки, с перпендикулярной перегородкой диафрагмы, длина трубки 100 мм, скорость потока воздуха 0,25 м/с

Проведенное компьютерное моделирование позволило разработать конструкцию, реализованную в макетном образце портативного анемометра.

Конструктивно устройство для измерения скорости воздуха выполнено следующим образом. Корпус прибора соединен с приемной трубкой, в которой с обеих сторон диафрагмы выведено по два входных и выходных штуцера с двух датчиков расхода воздуха.

Данные с одного или двух датчиков расхода воздуха поступают в преобразователь и отображаются на цифровом табло. Диапазон измерения скорости воздушного потока при использовании двух датчиков составляет 0,05-50 м/с при погрешности измерения не более 2,5% даже при загрязнении воздушного потока пылью и при относительной влажности до 100%.

Особенностью предлагаемого устройства является также возможность измерения скорости реверсированной струи воздуха,

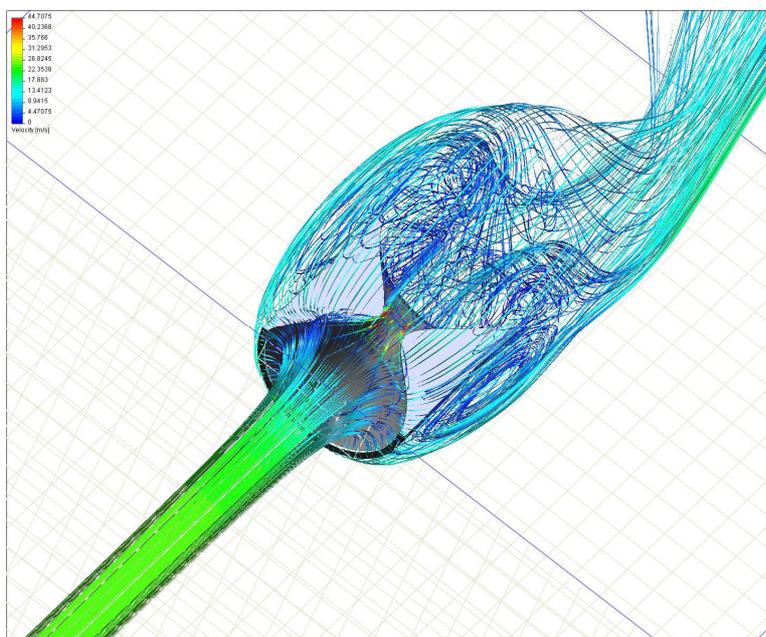


Рис. 3. Распределение скорости по сечению приемной трубки, длина трубки 75 мм, скорость потока воздуха 0,1 м/с

при этом оно выдает измеренное значение скорости со знаком «-». После предварительной конструктивной проработки была принята к реализации следующая принципиальная схема прибора измерения скорости воздуха в горных выработках (рис. 8).

Прибор измерения скорости воздуха в горных выработках состоит из измерительного патрубка 1 с диафрагмой 2. К измерительному патрубку подключают чувствительный элемент – датчик расхода воздуха 3, штуцеры входа 4 и выхода 5, которые введены внутрь патрубка 1 и расположены с обеих сторон диафрагмы на равном расстоянии от нее. Принцип действия датчика основан на регистрации перепада давления воздушного потока, создаваемого на диафрагме. Для расширения диапазона измерения скорости и расхода воздуха использованы два датчика расхода газа, что позволяет автоматически регистрировать перепад давления на диафрагме с разной точностью. В этом случае используются два датчика с разными диаметрами

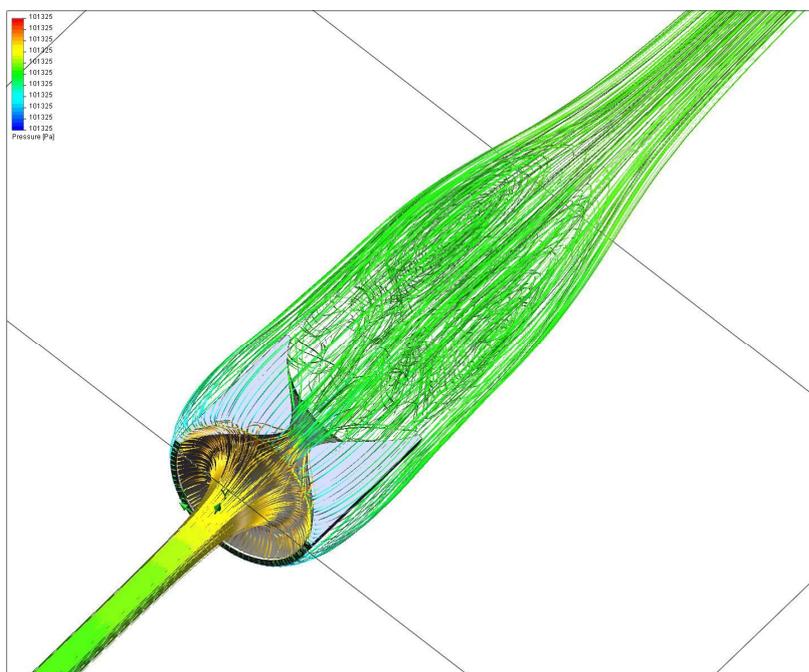


Рис. 4. Распределение давления по сечению приемной трубки, длина трубки 75 мм, скорость потока воздуха 0,1 м/с

проходного сечения штуцеров, причем второй датчик 6 подключают относительно диафрагмы аналогично первому.

При выполнении устройства в виде переносного измерительного прибора оба датчика расхода воздуха соединены с преобразователем информации 7, выдающим в соответствии с настройкой результаты измерения на табло 8, причем датчики, преобразователь информации (процессор) и табло размещают в одном корпусе I.

Проходные сечения штуцеров датчиков имеют разные диаметры, что позволяет автоматически регистрировать перепад давления на диафрагме и расход воздуха с разной точностью. При этом измерение проводится по двум диапазонам. Датчик, имеющий больший диаметр проходного отверстия штуцеров, производит измерение скорости воздуха в диапазоне 0,01-2,0 м/с, и при

значениях, близких к 2,0 м/с, автоматически отключается и включается второй датчик, имеющий

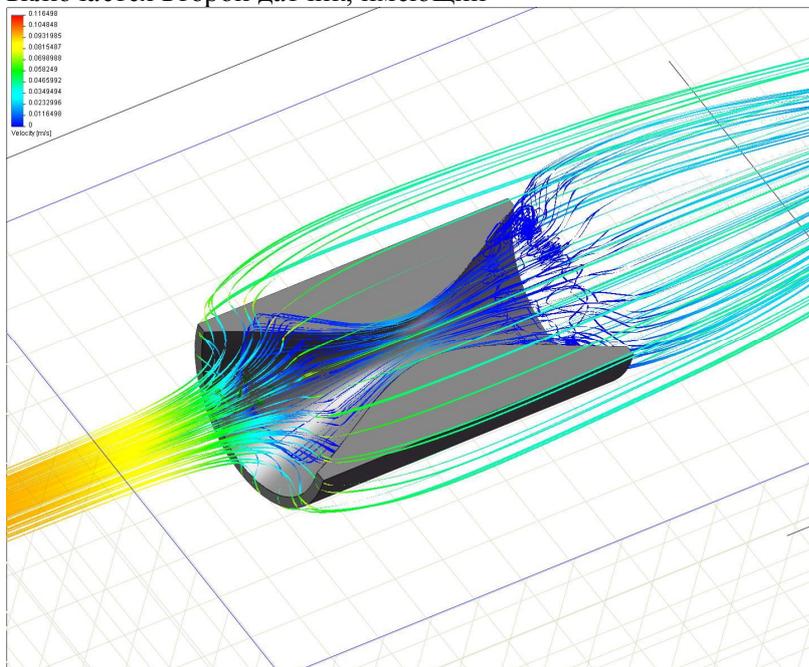


Рис. 5. Распределение скорости по сечению приемной трубки, длина трубки 150 мм, скорость потока воздуха 0,1 м/с

меньший диаметр проходного отверстия штуцеров и проводящий измерение в диапазоне 2-50 м/с.

Были проведены также стендовые испытания макетного образца портативного анемометра для измерения скорости воздуха в горных выработках. Испытания проводились в условиях, максимально приближенных к условиям реальной эксплуатации прибора.

Порядок проведения испытания состоял в следующем: в аэродинамической трубе закреплялся макетный образец анемометра, подавался воздух с различными скоростями (0-50 м/с), температурой (15-25 °С) и влажностью воздуха (60-90 %). Прибор включался последовательным нажатием кнопок «Пит» и «Пуск» и далее, автоматически, в течение 1 мин определялась скорость движения воздуха, которая контролировалась тестовым

термоанемометром. Показания двух приборов сравнивались и вычислялась погрешность измерений.

Результаты стендовых испытаний анемометра PPA-1

Запыленность воздуха, мг/м ³	Влажность воздуха, %	Показания термоанемометра, м/с	Показания PPA-1, м/с	Погрешность абсолютная, %
48	90	0,5	0,507	-1,4
		1,7	1,727	-1,59
		2,7	2,645	2,04
		18,6	19,018	-2,25
195	90	0,6	0,589	1,8
		1,7	1,727	1,59
		2,7	2,655	1,67
		18,6	19,037	-2,35
340	90	0,4	0,395	1,25
		1,7	1,729	1,71
		2,6	2,573	1,04
		18,6	18,79	-1,02
250	90	0,5	0,507	-1,4
		1,7	1,731	-1,82
		2,6	2,658	-2,23
		18,6	18,116	2,6

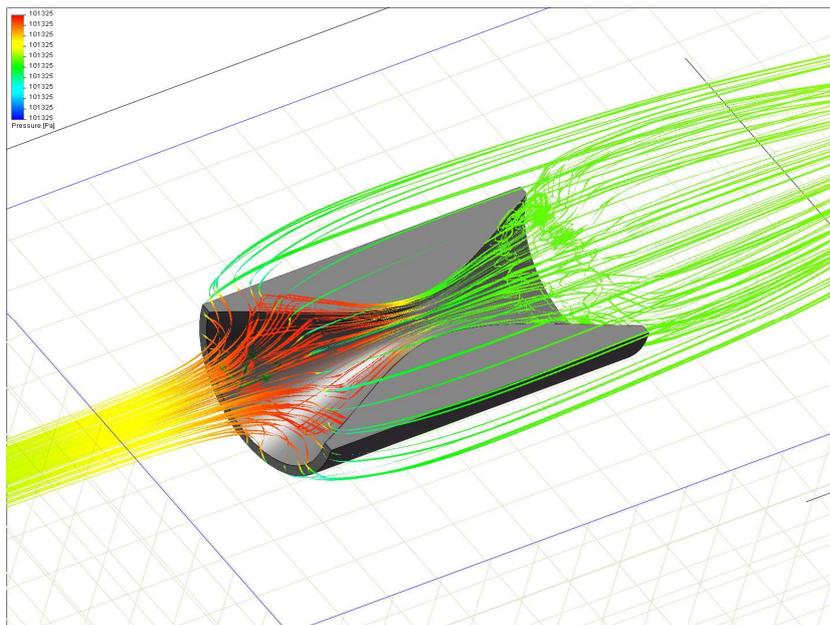


Рис. 6. Распределение давления по сечению приемной трубки, длина трубки 150 мм, скорость потока воздуха 0,1 м/с

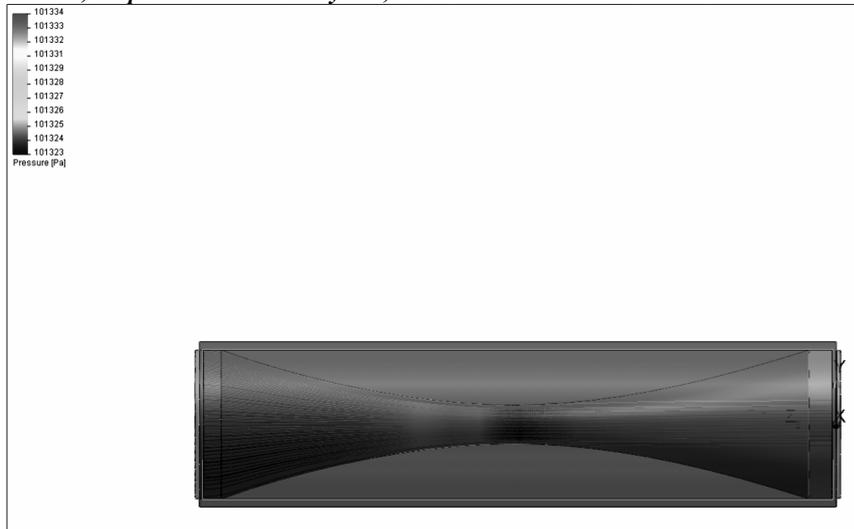


Рис. 7. Распределение давления по сечению приемной трубки, скорость потока воздуха 0,25 м/с

По результатам проведенных испытаний установлено следующее (таблица). В диапазоне запыленности воздуха до 200 мг/м^3 погрешность измерения во всех диапазонах скоростей составляла 1,4-2,3 %. При запыленности в пределах от 200 до 1300 мг/м^3 погрешность была несколько выше, но не превышала 2,6 %.

Испытания показали полное соответствие прибора требованиям технической документации. Нарушений при работе анемометра в процессе испытаний выявлено не было.

Таким образом, на основании проведенного компьютерного моделирования была разработана принципиальная схема и изготовлен макетный образец портативного анемометра для измерения скорости воздуха в горных выработках.

В результате стендовых исследований макетного образца портативного анемометра для измерения скорости воздуха в горных выработках было установлено следующее.

1. Обеспечение точности (минимизация погрешности измерений) измерений скорости воздушного потока достигается за счет оптимизации профиля приемной трубки.

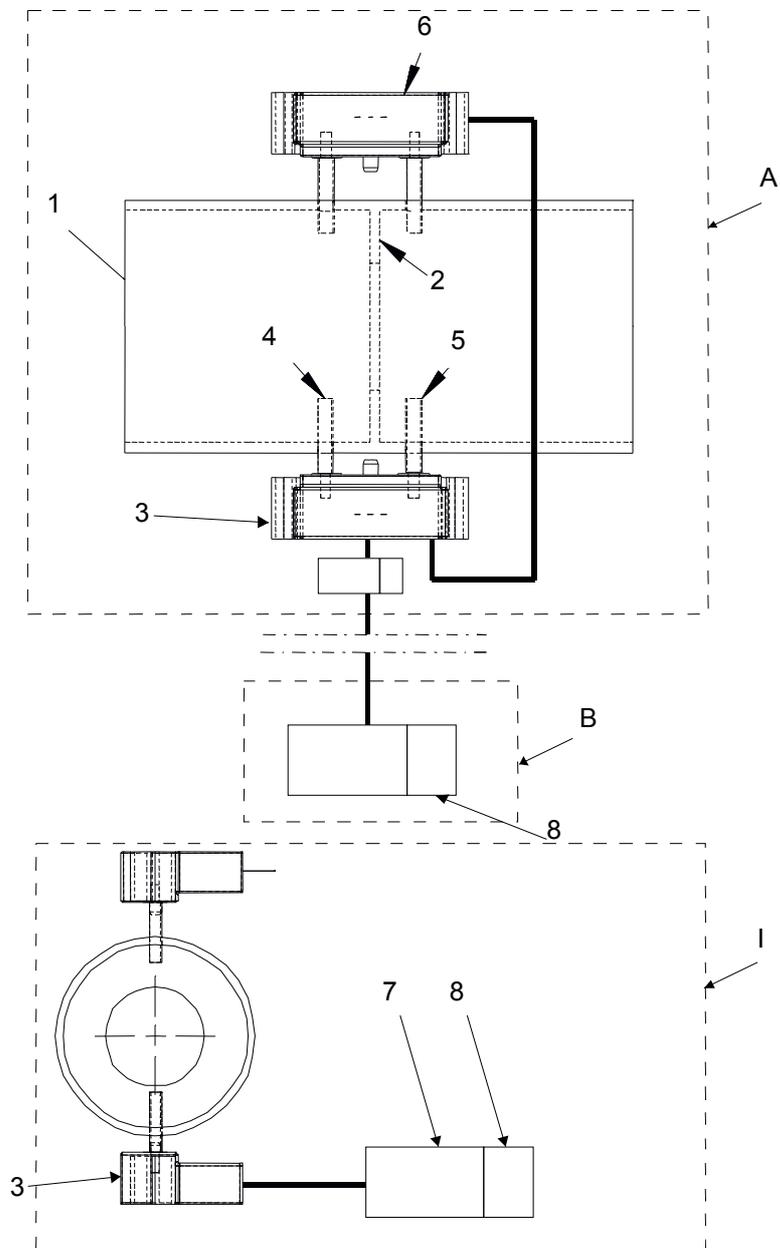


Рис. 8. Принципиальная схема прибора измерения скорости воздуха в горных выработках

2. Расширение диапазона измерений скорости воздушного потока в диапазоне 0-50 м/с возможно при оснащении анемометра двумя датчиками расхода разной чувствительности, которая обеспечивается различными диаметрами входных и выходных штуцеров датчиков

3. Единообразное размещение датчиков относительно диафрагмы обеспечивает плавный переход измерений в двух диапазонах 0-2 м/с, 2-50 м/с с минимизацией погрешности измерений до 2,5-2,6 %.

4. Разработан образец прибора для измерения скорости воздуха в горных выработках, который успешно прошел стендовые испытания и испытания по внесению в Госреестр средств измерения. Прибор прост в эксплуатации и позволяет точно произвести необходимые измерения. **ИЗВ**

Voroshilov J.S., Pomortsev, Hludov D.S.

DEVELOPMENT OF MINE ANEMOMETER A.A. AR-P

There are given the results of researches on invention of portable anemometer for measuring of air speed in mining developments and bench tests for the purpose of device working capacity definition.

Key words: coal mines, air movement speed, portable anemometer.

Коротко об авторах

Ворошилов Я.С. – кандидат технических наук, Горный ЦОТ, г. Кемерово,

Поморцев А.А. – Горный-ЦОТ, г. Кемерово,

Хлудов Д.С. – Горный-ЦОТ, г. Кемерово.

