

# **РАСШИРЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ВОЗМОЖНОСТИ СТЕНДА ДЛЯ АТТЕСТАЦИИ ИЗМЕРИТЕЛЕЙ СКОРОСТИ ПОТОКА И РАСХОДА**

**Н.А.Греков**

Морской гидрофизический институт  
НАН Украины  
г. Севастополь, ул. Капитанская, 2  
*E-mail: oaoi@alpha.mhi.iuf.net*

Автоматизированный поверочный стенд для измерения скорости воздушного потока в диапазоне скоростей менее 5 м/с и объемных расходов в диапазоне расходов менее 10 м<sup>3</sup>/час, рассмотрен в [1]. Однако, нижняя граница измерения потоков в этой работе не уточняется. Связано это с тем, что создание и измерение слабых воздушных потоков - задача весьма сложная. Однако имеется потребность в освоении нижних границ диапазонов.

Например, для значительного класса приборов, измеряющих объемный расход, Государственным стандартом Украины выпущен ДСТУ3336-96, в котором порог чувствительности приборов не должен превышать 0,005 м<sup>3</sup>/час.

Проверку порога чувствительности таких приборов можно осуществить ротаметрами с постоянным перепадом давления [2]. При своих достоинствах: значительный диапазон измерения, линейность, постоянство потери давления в диапазоне измерений, эти приборы имеют и недостатки, а именно: большие габаритные размеры шкалы (не менее 500 мм), хрупкость, трудность автоматизации

измерения. Погрешность измерения ротаметров в диапазоне температур от +5 °C до +50 °C составляет ± 2,5 %. Нижний предел измерения расхода для ротамеров с полистироловым плавком (РМ-0.04 ГУЗ) составляет 0,004 м<sup>3</sup>/час.

Рассмотрим вопрос создания и измерения слабых воздушных потоков (скорости потока, объемного и массового расходов). При использовании поверочного стендса [1], состоящего из аэродинамической трубы открытого типа с конфузором на входе, труба должна иметь площадь на порядок больше площади конфузора, что приводит к срыву слабых потоков. Ламинарный режим возможен лишь в трубах малого сечения. Если на входе не устанавливать конфузор и воздух всасывать напрямую через торец трубы, то поток отрывается от стенок трубы, и струя воздуха, поступающего в трубу, сжимается.

В работе [3] показано, что с учетом изменения количества движения и уравнения Бернулли площадь сечения струи в два раза меньше площади сечения трубы. При измерении скорости турбулентного движения в трубе, скорость потока на расстоянии 0,223 от стенки трубы равна средней скорости потока [4], а распределение скорости в трубе определяется коэффициентом трения и положением слоя.

Поэтому для слабых потоков можно говорить только о средней скорости потока, проходящего через определенное сечение, и оценивать эту скорость через объемный и массовый расход.

Предлагается устройство, которое может генерировать слабые потоки.

Используем поверочный стенд [1], состоящий из четырех измерительных каналов (разностного давления, температуры ( $T_1$  - входа,  $T_2$  - выхода) и объемного расходомера) и в узел

подключения выхода аэродинамической трубы подсоединим устройство, показанное на рис. 1.

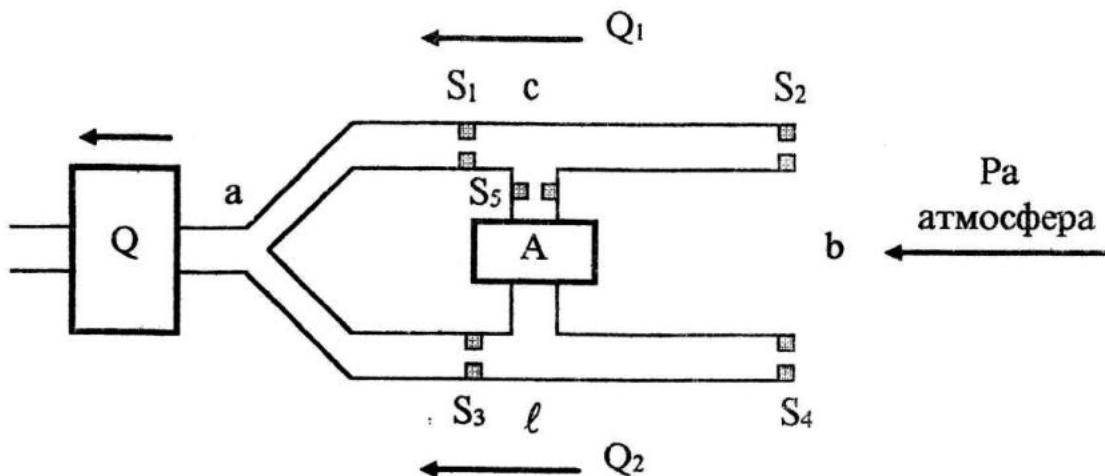


Рис. 1. Дополнительное устройство создания и измерения расхода

Это устройство имеет пять сужающих устройств круглого сечения с различными величинами сечений  $S_n$ , которые создают перепад давления  $\Delta P_n$  при течении газа. Узел "A" служит для подключения испытываемого прибора. Объемный расход потока контролируется и создается устройством  $Q$ .

Уравнение для определения величины объемного расхода сухого газа, приведенного к нормальным условиям, имеет вид [5]

$$Q_{\text{ном}} = 0.2109 S \cdot N \sqrt{\frac{P \cdot \Delta P}{(P_{\text{ном}} \cdot T \cdot K)}}, \quad (1)$$

где  $P$  - абсолютное давление среды перед сужающим устройством в условиях измерения;

$\Delta P$  - перепад давления среды при течении через сужающее устройство;

$T$  - температура измеряемой среды перед сужающим устройством;

$K$  - коэффициент сжимаемости газа;

$P_{\text{ном}}$  - плотность сухого газа в нормальном состоянии;

$N$  - поправочный множитель, учитывающий параметры сужающих устройств;

$S$  - площадь сечения отверстия сужающего устройства.

Если устройство (рис. 1) выполнено из одного материала, то для слабых потоков нет необходимости в измерении  $T$  перед каждым сужающим устройством, а  $\Delta P$  распределяется пропорционально сечениям  $S_n$ . Участки трубопроводов устройства выполнены одного диаметра

с одинаковой шероховатостью, следовательно, величина  $\frac{1}{S_n} = Z_n$  выражает местное сопротивление.

Общеместное сопротивление  $Z_0$  участка а-б

$$Z_0 = \frac{Z_1 \cdot Z_2}{Z_1 + Z_2} + \frac{Z_3 \cdot Z_4}{Z_3 + Z_4} . \quad (2)$$

Величину объемных расходов, проходящих через сечения  $S_1$  и  $S_2$ , обозначим как  $Q_1$ , а через сечения  $S_3$  и  $S_4$  как  $Q_2$ .

Разомкнем узел "А", и с учетом уравнения неразрывности, запишем

$$Q = Q_1 + Q_2 . \quad (3)$$

После преобразования окончательное выражение для определения величины объемного расхода, проходящего через сечение  $S_5$  с учетом выражения 2 и 3 будет:

$$Q_5 = Q \frac{Z_0 \left( \frac{Z_1}{Z_1 + Z_2} - \frac{Z_3}{Z_3 + Z_4} \right)}{Z_0 + Z_5 + Z_A} , \quad (4)$$

где  $Z_A$  - величина, пропорциональная потере давления в узле "А".

Используя выражение (4) можно рассчитать размеры диаметров сужающих устройств с местными сопротивлениями  $Z_1 \dots Z_5$ , и изменяя величину объемного расхода  $Q$ , получить в узле "А" необходимое значение величины объемного расхода.

Однако, подключенные в узел "А" устройства могут быть нелинейными.

Например, ротационные и ряд других измерителей объемного расхода имеют порог трогания, т.е. через измеритель в узле "А" на начальном этапе не проходит поток, фактически  $Z_A$  стремится к бесконечности. Зная среднюю величину  $Z_A$  для различных измерителей объемного расхода, необходимо выбрать  $Z_5 >> Z_A$ .

Использование предложенного дополнительного устройства и полученных уравнений позволяет значительно расширить функциональные возможности автоматизированного поверочного стенда и грамотно его эксплуатировать.

## ЛИТЕРАТУРА

- Греков Н.А. Автоматизированный поверочный стенд для измерения скорости воздушного потока. В сб. "СКОС" Севастополь: МГИ НАНУ, 1998. - С. 17-19.
- Болдин А.А., Бошняк Л.Л., Соловский Б.М. Ротаметры. Л., Машиностроение, 1983. - 198 с.
- Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. - М.: Наука, 1978. - 847 с.
- Абрамович Г.Н. Теория турбулентных струй. -М.: Физматгиз. 1960. - 715 с.
- Цейтлин В.Г. Техника измерения расхода и количества жидкостей, газов и паров. М. Издательство стандартов, 1981. - 191 с.