



Министерство образования и науки Украины
Севастопольский национальный технический
университет

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ РАСХОДА ВОЗДУХА SFE3

Методические указания

к выполнению лабораторной работы на оборудова-
нии фирмы «FESTO» по дисциплине «Приборы
контроля расхода жидкости и газа»
для студентов специальности
7.090901 «Приборы точной механики»
дневной и заочной форм обучения

Севастополь
2009

Преобразователь расхода воздуха SFE3. Методические указания к выполнению лабораторной работы на оборудовании фирмы «FESTO» по дисциплине «Приборы контроля расхода жидкости и газа» / Разраб. В.Я. Копп, А.П. Васютенко, А.И. Балакин, В.В. Поливцев. – Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2009. – 12с.

Целью методических указаний является оказание помощи студентам при выполнении лабораторной работы.

В качестве лабораторного стенда представлены узлы и блоки фирмы «FESTO». Приведены электрические и пневматические схемы преобразования сигнала измерительной информации. Представлена методика построения статических характеристик пневматического преобразователя. Приведены основные теоретические зависимости для расчета преобразователя и необходимые справочные данные.

Методические указания предназначены для студентов технических вузов приборостроительных специальностей дневной и заочной форм обучения.

Методические указания рассмотрены и утверждены на заседании кафедры «Автоматизированные приборные системы» 27 июня 2008 г., протокол №7.

Допущено учебно-методическим центром СевНТУ в качестве методических указаний.

Рецензент: Волков С.П., канд. техн. наук, доцент кафедры «Автоматизация технологических процессов и производств»

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1. Цель работы.....	5
2. Общие теоретические сведения.....	5
2.1. Преобразователь расхода воздуха SFE3.....	5
2.2. Расходная характеристика.....	6
3. Описание лабораторной установки.....	8
4. Содержание работы.....	9
5. Порядок выполнения работы.....	10
6. Содержание отчета.....	11
7. Контрольные вопросы.....	12
Библиографический список.....	12

ВВЕДЕНИЕ

Пневматический принцип измерения широко используется при построении схем приборов автоматического контроля, так как он обеспечивает высокую точность измерения, позволяет выполнять дистанционные измерения. Благодаря малогабаритной измерительной оснастки можно проводить измерения в труднодоступных местах и создавать простые конструкции практически любых линейных параметров деталей. В зависимости от вида регистрируемого пневматического параметра пневматические приборы делятся на две основные группы:

- манометрические, реагирующие на изменение давления воздуха;
- ротаметрические, реагирующие на изменение скорости воздушного потока.

Достоинством приборов ротаметрического типа является линейность статической характеристики и большая, по сравнению с приборами манометрического типа, величина диапазона измерения.

В настоящее время в качестве расходомера в измерительной ветви используется ротаметр, имеющий значительные геометрические размеры и позволяющий производить только визуальный отсчет по шкале прибора, что ограничивает область использования ротаметрических средств измерения.

В лабораторной работе используются характеристики термоанемометрического расходомера модели SFE3, обладающего малыми габаритными размерами и формирующего выходной электрический сигнал в форме удобной для дальнейшей обработки.

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью работы является создание принципа действия расходомера, реализующего тепловой метод измерения. Исследование характеристик расходомера SFE3.

2. ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

В последние годы разработаны конструкции малогабаритных высокоточных расходомеров с аналоговым или цифровым выходным электрическим сигналом. К ним относятся расходомеры, реализующие тепловой принцип измерения, заключающийся в том, что теплота теряемая нагретым телом зависит от скорости потока воздуха. На рисунке 1а показана схема расходомера, состоящего из термосопротивления 1, источника питания 2 и измерительного прибора 3.

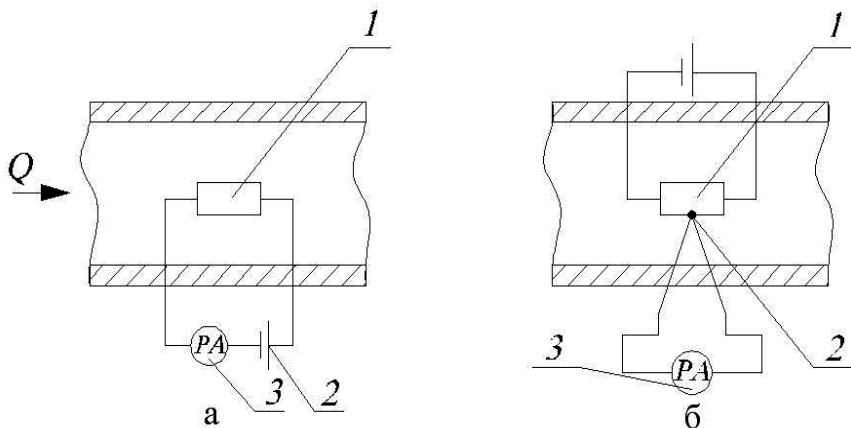


Рисунок 1 – Схемы тепловых расходомеров

Термосопротивление устанавливается по оси трубопровода 4. На рисунке 1б дана схема теплового расходомера, в котором температура резистора 1 измеряется с помощью термопары 2 и амперметра 3.

2.1. Преобразователь расхода воздуха SFE3

Для измерения малых расходов воздуха ($0,05 \dots 50 \text{ дм}^3/\text{мин}$) может использоваться расходомер мод. SFE3, в котором используется принцип термоанемометрии, базирующийся на переносе тепловой энергии движущимся потоком воздуха. В ходе измерения оцениваются потери тепла нагретым измерительным элементом (рисунок 2).

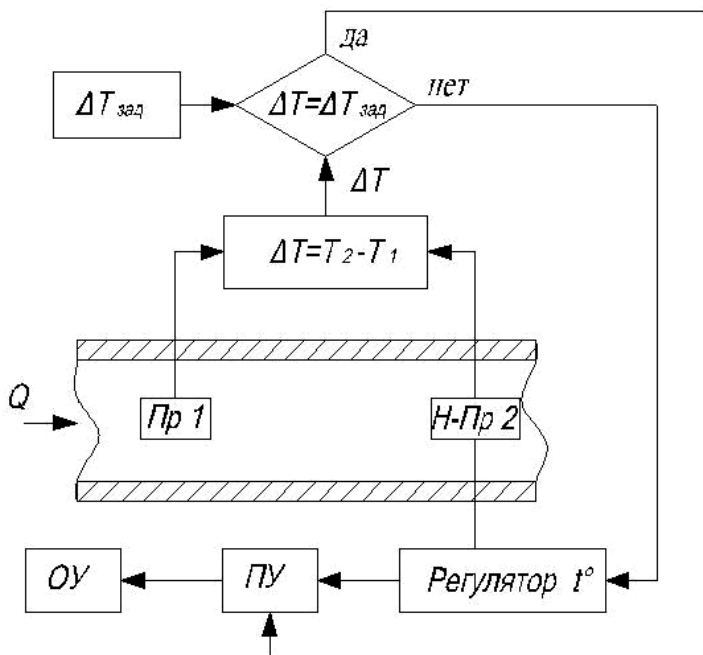


Рисунок 2 – Схема термоанемометрического преобразователя

На поверхности нагревателя 2 (его температура T_2) поддерживается постоянная разность температур между ним и потоком воздуха. Температура потока T_1 контролируется термопреобразователем 1. Таким образом, справедливо выражение

$$T_2 - T_1 = \Delta t = const.$$

Электрическая энергия $P_{эл}$, используемая для поддержания постоянной разности температур потока и нагревательного элемента прямо характеризует расход воздуха, проходящего через преобразователь. Схема преобразователя включает регулятор температуры 3, пороговое устройство 4, подключающее отсчётное устройство 5 к регулятору температуры когда измеренная разность температур ΔT будет равна заданной величине $\Delta T_{зад}$. Для этих целей преобразователь содержит вычислительное устройство 6, логический элемент 7 и задатчик 8.

2.2. Расходная характеристика

В лабораторной установке используется пневматическое сопротивление типа сопло-заслонка, которое широко применяется в пневматических измерительных приборах (рисунок 3). В дросселях рассматриваемого типа суммар-

ное сопротивление измерительного сопла и заслонки складывается из сопротивления на входе сопла, сопротивления возникающего в результате поворота струи на 90° при выходе из сопла и сопротивления при течении воздуха в кольцевом зазоре между торцом сопла и заслонкой.

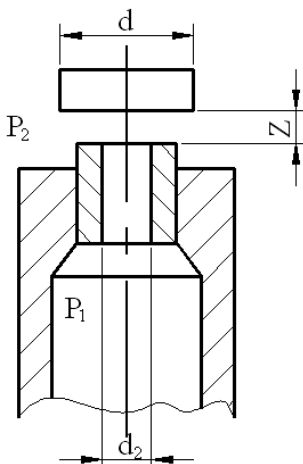


Рисунок 3 – Сопротивление сопло-заслонка

При малых перепадах давлений можно вести расчёт расхода по формуле

$$G = \mu F \sqrt{2\rho} \cdot \sqrt{P_1 - P_2}, \quad (1)$$

где μ – коэффициент расхода воздуха, определяемый по графикам рисунка 4; $F = \pi \cdot d_2 \cdot Z$ – площадь кольцевого зазора; d_2 – диаметр измерительного сопла; Z – зазор между соплом и заслонкой; $\rho = \frac{P_1}{PT}$ – плотность воздуха;

$R = 287 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$ – газовая постоянная; $T = 297\text{K}$ – температура воздуха; P_1 – абсолютное давление воздуха.

Переходя к избыточным давлениям, имеем

$$P_1 - P_2 = H. \quad (2)$$

Тогда формула (1) переписывается в виде

$$G = \mu \pi d_2 z \sqrt{2 \rho H}. \quad (3)$$

Плотность воздуха при избыточных давлениях $P_1 = 0,1; 0,15; 0,2$ Мпа равна $\rho_{0,1} = 2,41 \text{ кг} / \text{м}^3$; $\rho_{0,15} = 3,01 \text{ кг} / \text{м}^3$; $\rho_{0,2} = 3,62 \text{ кг} / \text{м}^3$.

Объёмный расход воздуха Q связан с массовым расходом зависимостью

$$Q = G/\rho.$$

Тогда выражение (3) запишется в виде

$$Q = \mu \pi d_2 z \sqrt{\frac{2}{\rho}} \sqrt{P_1} \quad (4)$$

При диаметре измерительного сопла $d_2 = 2$ мм и зазоре $Z = 0,5$ мм площади истечения воздуха через измерительное сопло ($F = \pi d_2^2 / 4$) и кольцевой зазор между торцом измерительного сопла и заслонкой ($F = \pi d_2 Z$) будут равны. Поэтому диапазон изменения зазора составит $Z = 0 \dots 0,5$ мм.

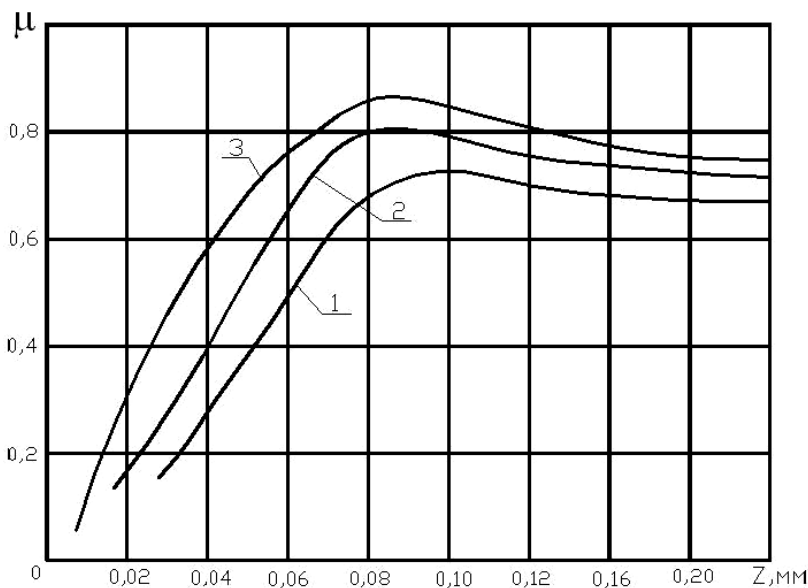


Рисунок 4 – Зависимость коэффициента расхода μ от зазора Z :
1 – при $H=0,1$ МПа; 2 – при $H=0,15$ МПа; 3 – при $H=0,2$ МПа

3. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Схема лабораторной установки для исследования пневматического измерительного прибора с термоанемометрическим преобразователем (рисунок 5) включает в себя пневматическую измерительную скобу 1, состоящую из подвижной каретки 2 с измерительным соплом 3, подвижной каретки 4 с настрочным винтом 5, выполняющим функцию заслонки.

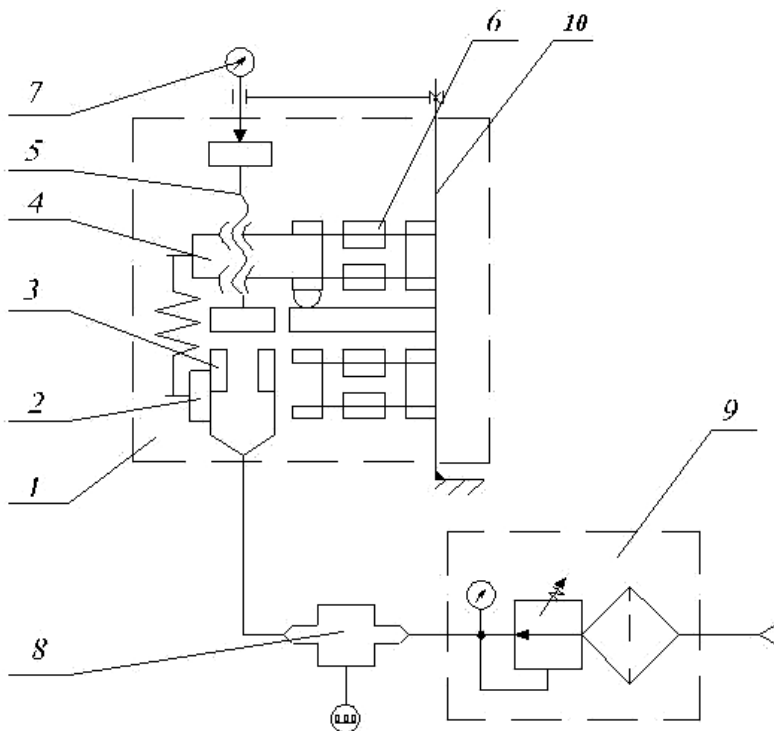


Рисунок 5 – Схема лабораторной установки

Каретки 2 и 4 крепятся на пружинных параллелограммах 6. С настроечным винтом контактирует индикаторная головка 7. Пневматическая схема измерительной ветви состоит из измерительного сопла 3 с заслонкой 5, расходомера 8 и блока подготовки воздуха 9.

4. СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1. Изучить принцип действия преобразователя расхода воздуха SFE3.
2. Рассчитать и построить расходные характеристики измерительного сопла диаметром 2 мм при значениях рабочего давления воздуха $H_1 = 0,1; 0,15; 0,2$ Мпа.
3. Собрать схему лабораторной установки.
4. Снять расходные характеристики измерительного сопла при различных значениях рабочего давления воздуха с помощью расходомера SFE3.
5. Построить графики расчетных и экспериментальных расходных характеристик, оценить их на соответствие.

5 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Собрать схему лабораторной установки.

Комплект оборудования представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Комплект оборудования.

№ позиции	Количество, шт	Наименование
1	1	Измерительная скоба
9	1	Блок подготовки воздуха
8	1	Преобразователь расхода воздуха SFE3
7	1	Индикатор многооборотный модели 1 МИГ
10	1	Индикаторная стойка

2. настройка лабораторной установки.

2.1 Ручкой регулятора на блоке подготовки воздуха 1 установить рабочее давление по манометру $H_1 = 0,1$ Мпа .

2.2 Вращением настроечного винта 5 привести заслонку (торец винта) в касание с измерительным соплом 3.

2.3 Показания индикатора 7 установить в нулевое положение (показания расходомера 8 должно быть нулевым). Если показания расходомера 8 отличается от нулевого, то это означает наличия отклонения от параллельности торца настроечного винта и измерительного сопла. Для компенсации этой погрешности следует из последующих показаний расходомера вычитать показание соответствующее нулевому показанию индикатора.

3. Снять расходную характеристику измерительного сопла при рабочем давлении воздуха $H_1 = 0,1$ Мпа .

Вращением настроечного винта 5 установить по индикатору 7 зазор между соплом и заслонкой $Z = 0,01$ мм. снять показания с преобразователя расхода воздуха, занести его в таблицу 2.

4. Повторить пункт 3 в диапазоне зазоров $0,02...0,1$ мм с дискретностью $0,01$ мм и в диапазоне $0,1...0,5$ мм с дискретностью $0,05$ мм.

5. Повторить пункты 2, 3, 4 для рабочих давлений воздуха $H_1 = 0,15$ и $0,2$ Мпа.

6. Построить графики расходных характеристик измерительного сопла при рабочих давлениях воздуха $H_1 = 0,1; 0,15; 0,2$ Мпа.

7. Рассчитать и построить теоретические расходные характеристики измерительного сопла при давлениях воздуха $H_1 = 0,1; 0,15; 0,2$ Мпа по формуле 4 (раздел 2.2). Результаты расчета занести в таблицу 2.

8. Определить соответствие теоретических и экспериментальных графиков расходных характеристик при рабочих давлениях $H_1 = 0,1; 0,15; 0,2$ МПа, для чего определить наибольшую разность расходов по таблице 2 равную

$$\Delta Q_{\max} = Q_{iT} - Q_{iЭ},$$

для соответствующих значений зазоров Z_i и вычислить погрешность по формуле

$$\delta = \frac{\Delta Q}{Q_{0,5}} \cdot 100,$$

где $Q_{0,5}$ – значение расхода воздуха, соответствующее зазору $Z = 0,5$ мм.

Таблица 2 – Результаты расчетов и экспериментальных исследований

Зазор между соплом и заслонкой, мм	Рабочее давление воздуха H_1 , МПа					
	0,1		0,15		0,2	
	Экспер.	Расч.	Экспер.	Расч.	Экспер.	Расч.
0,01						
0,02						
0,03						
0,04						
0,05						
0,06						
0,07						
0,08						
0,09						
0,10						
0,15						
0,20						
0,25						
0,30						
0,35						
0,40						
0,45						
0,50						
$\Delta Q_{\max}$						

6. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Схемы расходомеров, реализующих тепловой метод измерения.
2. Основные теоретические зависимости.
3. Схема лабораторной установки.
4. Таблица результатов исследований и расчетов расходных характеристик.
5. Выводы.

7. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Изложить принцип работы расходомера SFE3?
2. Какой зависимостью описывается расходная характеристик измерительного сопла типа сопло-заслонка?
3. Как рассчитать плотность воздуха?
4. Какая связь между массовым и объемным расходами воздуха?
5. Изложить методику проведения исследований и расчета?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Педь Е.И. Активный контроль в машиностроении/ Е.А. Педь. – М.: Машиностроение, 1982. – 192с.
2. Кремлёвский П.П. Измерение расхода и количества жидкости, пара и газа/ П.П. Кремлёвский. – М.: Изд-во стандартов, 1980. – 192с.

Заказ № _____ от « _____ » _____ 200 ____ . Тираж _____ экз.
Изд-во СевНТУ