

3. <http://raspberrypi.org>
4. Алиев Т.И. Сети ЭВМ и телекоммуникации. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2011. – 400с.

### **Разработка лабораторного стенда градуировки расходомеров и исследования САУ расходом воздуха**

Китаева Е.С., Гурова Н.Б., Денисевич А.А.  
denisevichaa@tpu.ru

*Научный руководитель: Денисевич А.А., ассистент каф. ЭАФУ ФТИ ТПУ*

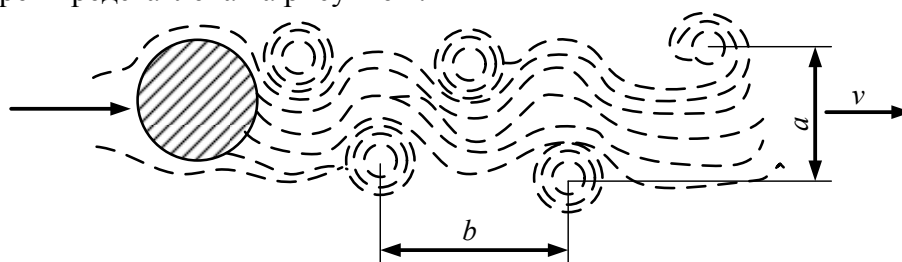
Работа посвящена разработке лабораторного стенда градуировки расходомеров и исследования САУ расходом воздуха. Рассмотрены вопросы анализа и выбора современных программно-технических средств для непосредственной реализации стенда градуировки и системы автоматического управления расходом воздуха.

Цель работы – разработка и техническая реализация лабораторного стенда градуировки расходомеров и исследования САУ расходом воздуха.

Объектом управления является фрагмент трубы, на котором размещены четыре датчика расхода – тепловой, вихревой, датчик переменного перепада давления и датчик расхода с использованием сенсорной технологии Annubar. Тепловой расходомер состоит из двух датчиков температуры и нагревателя. По трубе пускается поток воздуха с помощью вентилятора. Снятые значения с датчиков поступают на модуль аналогового ввода, а затем, на ПЛК. Сборка и обработка данных происходит на ПК, где находится графический интерфейс оператора.

#### **Вихревой расходомер**

Вихревыми называются расходомеры, основанные на зависимости от расхода частоты пульсаций давления, возникающих при обтекании неподвижного тела в трубопроводе. Цилиндрическое тело, являющееся первичным преобразователем вихревого расходомера, создает на пути движущегося потока перепад давления между передней и задней стенкой цилиндра, которое приводит к увеличению локальной скорости пограничного слоя обтекающей жидкости. Схема образования вихрей представлена на рисунке 1.



*Рисунок 1. Схема образования вихрей*

В результате этого происходит изменение направления обтекающих струй и образование вихрей за обтекаемым телом [1]. Образующаяся за цилиндром цепочка вихрей шириной  $a$  называется вихревой дорожкой Кармана. Особенностью этой дорожки является постоянное отношение  $a/b$ , которое для обтекаемого цилиндра равно 0,281.

Частота образования вихрей пропорциональна скорости потока:

$$f = kv.$$

Сенсорная технология Annubar

Сенсор Annubar вставляется по диаметру трубы в протекающий поток. Падение давления на сенсоре минимально, поскольку он очень мало ограничивает поток. Сенсорные отверстия расположены на двух сторонах первичного элемента расхода Annubar, как против течения, так и по нему. Эти отверстия соединены со сдвоенными усредняющими камерами.

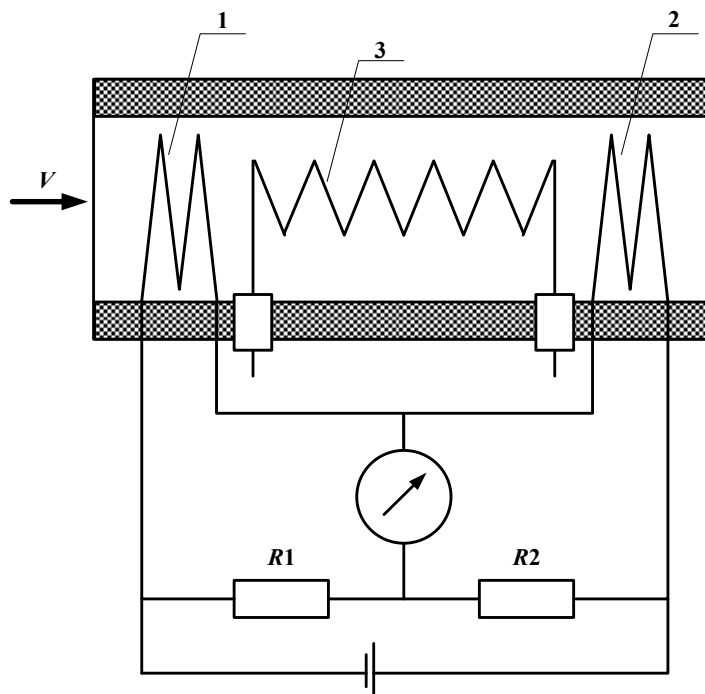
Число отверстий пропорционально диаметру трубы. Отверстия, направленные против течения, и соответствующая камера, воспроизводят среднее давление скоростного напора.

### Тепловой расходомер

Принцип действия тепловых расходомеров основан на том, что измерение скорости потока производится по охлаждению нагретого тела, помещенного в поток переноса тепла между точками, расположенными вдоль потока. Они служат в основном для измерения расхода газа и реже для измерения расхода жидкости. Основной способ нагрева потока газа или жидкости – электрический омический [2].

По характеру теплового взаимодействия с потоком тепловые расходомеры подразделяются на калориметрические и термоанемометрические. У калориметрических расходомеров измеряется разность температур  $\Delta T$  газа или жидкости или же мощность  $gt$ . У термоанемометров измеряется сопротивление  $R$  нагреваемого тела или же сила тока  $I$ .

На рисунке 2 показана принципиальная схема калориметрического расходомера



$V$  – скорость потока воздуха;  $R1$ ,  $R2$  – сопротивления термopеобразователей

Рисунок 2. Схема теплового расходомера

### ***Градуировка приборов***

Градуировкой называется процесс нанесения отметок на шкалы средств измерений, а также определение значений измеряемой величины, соответствующих уже нанесенным отметкам для составления градуировочных кривых или таблиц.

Различают следующие способы градуировки:

- а) использование типовых шкал.
- б) индивидуальная градуировка шкал.
- в) градуировка условной шкалы [3].

Поскольку рабочей станцией является компьютер (ЭВМ), необходима система управления, которая будет производить отображение, обработку и регистрацию данных в реальном времени. Для решения подобных задач используют SCADA-системы, которые применяются как программный комплекс, обеспечивающий выполнение указанных функций, а также содержит набор инструментальных средств для разработки программного обеспечения. В качестве SCADA-системы была взята среда разработки CoDeSys.

### **Заключение**

В результате выполнения работы разработан стенд градуировки расходомеров и исследования САУ расходом воздуха. Разработанный стенд внедрен в учебный процесс кафедры ЭАФУ (акт внедрения №860/18 от 31.10.2014). В настоящее время на данном стенде выполняются лабораторные работы по курсам «Методы контроля технологических переменных ядерных энергетических установок» и «Системы управления химико-технологическими процессами».

Список литературы:

1. Денисевич А.А., Ливенцов С.Н., Ефремов Е.В. Методы контроля технологических параметров ядерных энергетических установок / учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2014.– 87 с.
2. «Расходомер. Типы и принципы работы тепловых расходомеров.» [Электронный ресурс]: Информационная статья – Режим доступа: <http://izmerkoni.ru/articles/189/>.
3. ГОСТ 8.407–80 Государственная система обеспечения единства измерений. Расходомеры

## **Организация бизнес-процессов предприятия на основе системы сбалансированных показателей**

Краюшкина О. А.  
*Olgusin@mail.ru*

*Научный руководитель: К.т.н., доцент, Марухина О. В., Кафедра оптимизации систем управления*

В настоящее время совершенствование корпоративного управления становится ключевой стратегической задачей развития и жизнедеятельности любого предприятия.

Одним из новых направлений развития корпоративного управления является концепция «бережливого мышления и производства» [1]. Бережливое производство подразумевает активное использование ресурсосберегающих технологий и новейших