

Методические указания к проведению лабораторных работ по дисциплине «Вентиляция».

РАБОТА № 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСХОДА ВОЗДУХА МЕТОДОМ РАВНОВЕЛИКИХ КОЛЕЦ

1. ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Мониторинг и наладка систем вентиляции и кондиционирования воздуха при вводе их в эксплуатацию после монтажа и в процессе эксплуатации необходимы для обеспечения заданных расходов и параметров воздуха как по системе в целом, так и по отдельным ее участкам в соответствии с проектными данными.

Расход воздуха в системе измеряется опытным путем и сводится к определению:

- скорости воздуха по оси воздуховода;
- коэффициента неравномерности поля скоростей в поперечном сечении воздуховода.

Расход воздуха L ($\text{м}^3/\text{ч}$) в соответствующем сечении воздуховода при измеренной площади сечения воздуховода F (м^2), скорости движения воздуха по оси воздуховода U_0 ($\text{м}/\text{с}$), полученной коэффициенте неравномерности поля скоростей воздуха в данном сечении K подсчитывается по формуле

$$L = U_0 F K \cdot 3600. \quad (2)$$

Скорость воздуха в различных точках поперечного сечения воздуховода неравномерна. Даже в идеальных условиях при отсутствии каких-либо местных сопротивлений скорость воздуха у отенок воздуховода имеет несколько меньшее значение, чем по оси воздуховода.

Для определения расхода воздуха в сечении воздуховода необходимо измерять скорость потока воздуха по равновеликим площадям поперечного сечения воздуховода.

Сечение круглого воздуховода делится на равновеликие по площади кольца. Количество колец принимается в зависимости от диаметра воздуховода из расчета: одно кольцо на каждые 100 мм диаметра для воздуховода от 300 до 500 мм и 5-6 колец для воздуховодов свыше 500 мм.

Сечение прямоугольного воздуховода делится на равновеликие по площади прямоугольные элементы. Элементы должны иметь форму, близкую к квадрату, и размер каждого из них должен быть не более $0,05 \text{ м}^2$.

Точки измерения скорости воздуха в воздуховодах круглого сечения

должны быть расположены на взаимно перпендикулярных диаметрах (рис.3,а).

В воздуховодах прямоугольного сечения точки измерения скорости воздуха находятся в центрах равновеликих по площади элементов (рис.3,б).

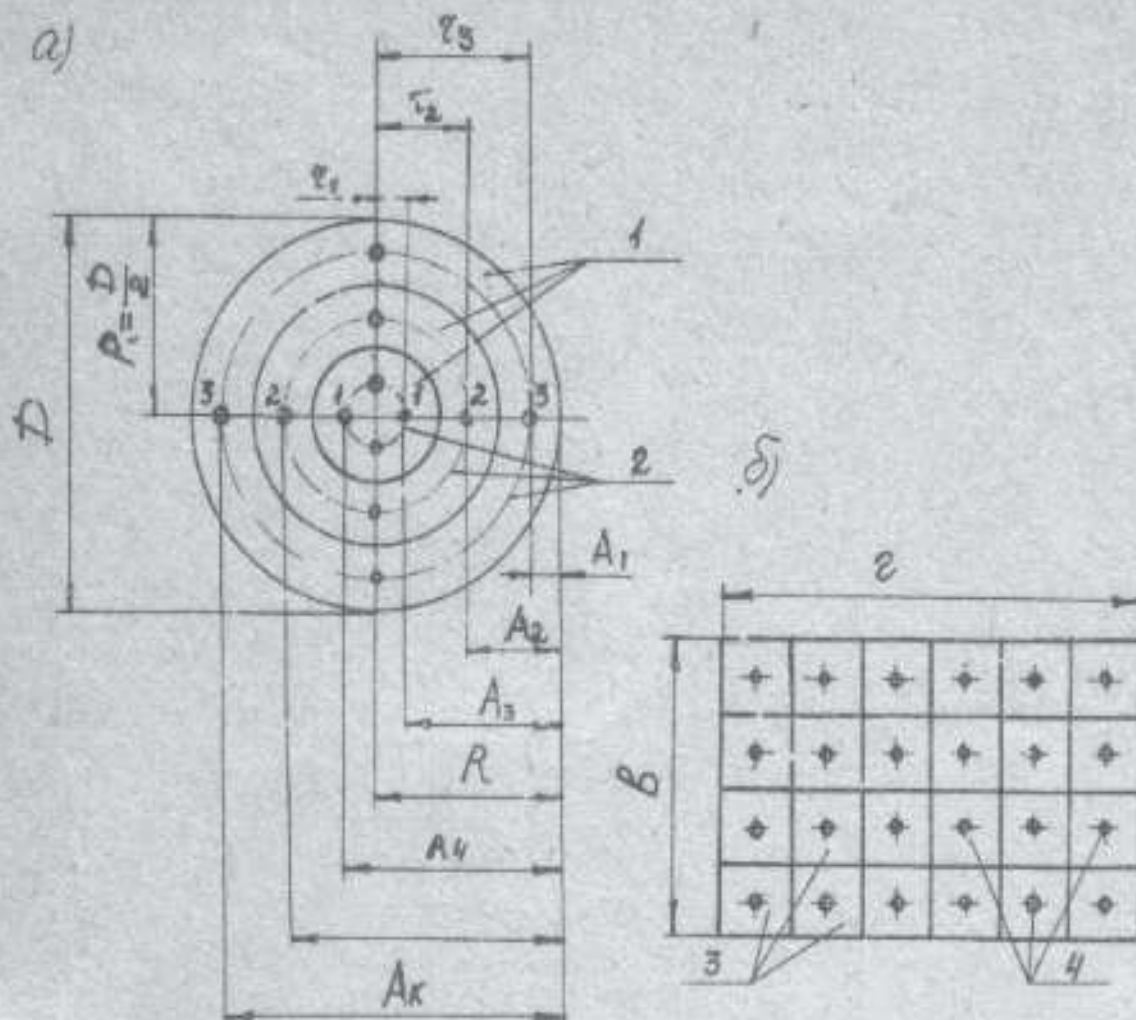


Рис.3. Точки замеров в воздуховоде:
 а-круглого сечения; 1- эквивалентные площади; 2-центры эквивалентных площадей; 3-равновеликие площади; D -диаметр воздуховода; R - радиус воздуховода; r -расстояние точки замера от центра воздуховода; $A_1, 2, 3, \dots, K$ -расстояние от стенки воздуховода до точки замера (K -порядковый номер точки от стенки воздуховода); б-прямоугольного сечения; $B, 2$ -размеры прямоугольного сечения; 3-равновеликие прямоугольники; 4-центры равновеликих прямоугольников

Сечение для определения скорости движения потока воздуха следует располагать в том месте воздуховода, где на поток не влияют местные сопротивления. Влияние местных сопротивлений на поток прекращается

на расстоянии 4-6 диаметров в обе стороны от местного сопротивления.

Коэффициент неравномерности поля скоростей K определяется как средняя величина между коэффициентами неравномерности поля по горизонтальному и по вертикальному диаметрам

$$K = \frac{K_r + K_v}{2}, \quad (3)$$

где K_r - коэффициент неравномерности поля скоростей по горизонтальному диаметру;

K_v - коэффициент неравномерности поля скоростей по вертикальному диаметру.

Коэффициент неравномерности по горизонтальному или вертикальному диаметру есть соответственно отношение средней скорости воздуха по горизонтальному или вертикальному диаметру к скорости воздуха по оси воздуховода:

$$K_r = \frac{U_{ср}^r}{U_{ос}^r}; \quad (4) \quad K_v = \frac{U_{ср}^v}{U_{ос}^v}; \quad (5) \quad U_{ср}^a = \frac{U_{ср}^r + U_{ср}^v}{2}, \quad (6)$$

где $U_{ос}$ - средняя скорость по двум точкам измерения в точке по оси воздуховода.

Средняя скорость определяется по формуле

$$U_{ср} = \frac{U_1 + U_2 + U_3 + \dots + U_n}{n}, \quad (7)$$

где $U_1, U_2, U_3, \dots, U_n$ - скорости воздуха в точках измерения по одному из диаметров;

n - количество точек измерения по одному из диаметров.

Пользуясь коэффициентом неравномерности поля скоростей, определенным для какого-либо сечения, можно для различных режимов работы системы ограничиться определением скорости движения воздуха по оси воздуховода в этом сечении. Это значительно уменьшает объем работ по определению расхода воздуха.

II. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И ОПЫТНАЯ УСТАНОВКА

Для определения скорости воздуха в любой точке сечения воздухопровода необходимо измерить величину динамического давления в данной точке. Измерение динамического давления осуществляется при помощи пневмометрической трубки и микроманометра (рис.4 и рис.5).

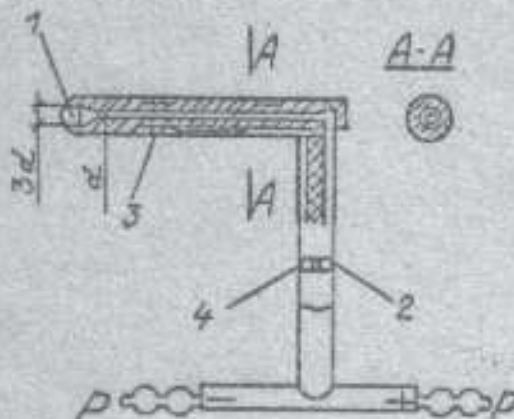


Рис.4. Пневмометрическая трубка: 1-отверстие для измерения полного давления; 2-внутренняя трубка; 3-цель для измерения статического давления; 4-внутренняя трубка

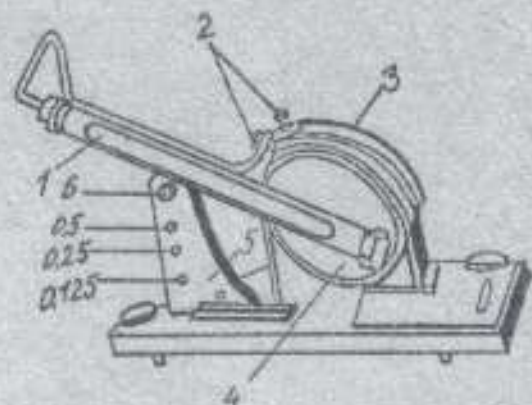


Рис.5. Микроманометр ЦАГИ: 1-отеклянная капиллярная трубка; 2-наконечники; 3-обойма; 4-резервуар; 5-пластина; 6-штифт

В передней части верхнего цилиндра пневмометрической трубки предусмотрено отверстие для измерения полного давления. Это отверстие соединяется внутренней трубкой с наконечником, помеченным знаком "+". На боковой поверхности верхнего цилиндра предусмотрена щель для измерения статического давления. Эта щель с помощью внутренней трубки соединяется с наконечником, помеченным знаком "-". Пневмометрическая трубка вводится в воздуховод так, чтобы её отверстие было направлено навстречу потоку воздуха. Наконечники с отметками "+" и "-" присоединяются резиновыми шлангами P к микроманометру. На рис.5 показан микроманометр ЦАГИ, состоящий из резервуара в обойме, стеклянной капиллярной трубки с миллиметровыми делениями, пластины со штифтом и отверстиями, дающими возможность переставлять его для изменения угла наклона стеклянной трубки, соединенной с резервуаром. Предусмотренные

Рис.4

в пластине отверстия соответствуют величинам синусов угла наклона трубки к горизонту — 0,125; 0,25 и 0,5. Шланги от пневмометрической трубки присоединяют к наконечникам микроманометра. Правильность установки микроманометра проверяют по уровням (продольному и поперечному) размещенным на станине прибора. В резервуар через отверстие заливают спирт.

Динамическое давление P_A (Па) определяется по формуле

$$P_A = \rho g (h - h_0) \sin \alpha \cdot \Delta \cdot 10^{-3}, \quad (8)$$

где ρ — плотность рабочей жидкости, заполняющей микроманометр, кг/м³;
 g — ускорение свободного падения, м/с²;
 h — показание по шкале микроманометра;
 h_0 — начальное показание по шкале микроманометра в неподключенном к системе состоянии;
 α — угол наклона шкалы микроманометра к горизонтальной плоскости;
 Δ — поправка на нестандартный воздух.

Поправка на нестандартный воздух определяется по формуле

$$\Delta = \frac{\rho_0}{\rho_t}, \quad (9)$$

где ρ_0 — плотность стандартного воздуха (при температуре 20°C и барометрическом давлении 1013 гПа), кг/м³;
 ρ_t — плотность воздуха (при соответствующей температуре t°), кг/м³.

Скорость движения воздуха U (м/с) в точке измерения определяется по формуле

$$U = \sqrt{\frac{P_A \rho_t}{2}}$$

или для стандартных условий (температура 20°C, давление 1013 гПа)

$$U = 1,29 \sqrt{P_A} \quad (10)$$

Для измерения расхода воздуха используется лабораторная вентиляционная установка. Схема установки приведена на рис.6.

Рис.5

Измерение расхода воздуха в магнетитном воздуховоде производится в сечении, расположенном на расстоянии не менее 4-6 калибров (диаметров) от местных сопротивлений, с целью избежать их влияния на скоростное поле в исследуемом сечении.

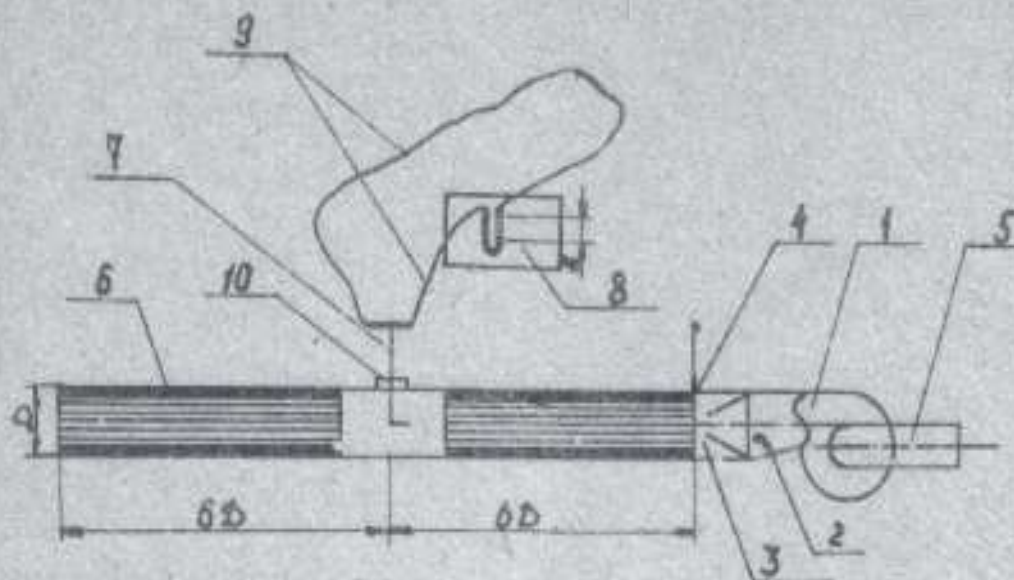


Рис.6. Схема установки для определения расхода воздуха:
1-радиальный вентилятор; 2-диффузор; 3-переход с прямоугольного сечения на круглое; 4-дюбель или дроссель; 5-всасывающий воздуховод; 6-воздуховод круглого сечения; 7-пневмометрическая трубка; 8-микроманометр; 9-резиновые шланги; 10-сантехническая муфта

Для измерения динамического давления пневмометрическая трубка вводится в исследуемое сечение через специальное отверстие в стенке воздуховода.

III. ПРОВЕДЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА

Измерение расхода воздуха в сечении воздуховода производится в следующем порядке:

1. Разбивка исследуемого сечения на эквивалентные по площади элементы и установление точек измерения производится в соответствии с рис.3,а.

Расстояние точки измерения от центра сечения воздуховода z_n (мм) определяется по формуле

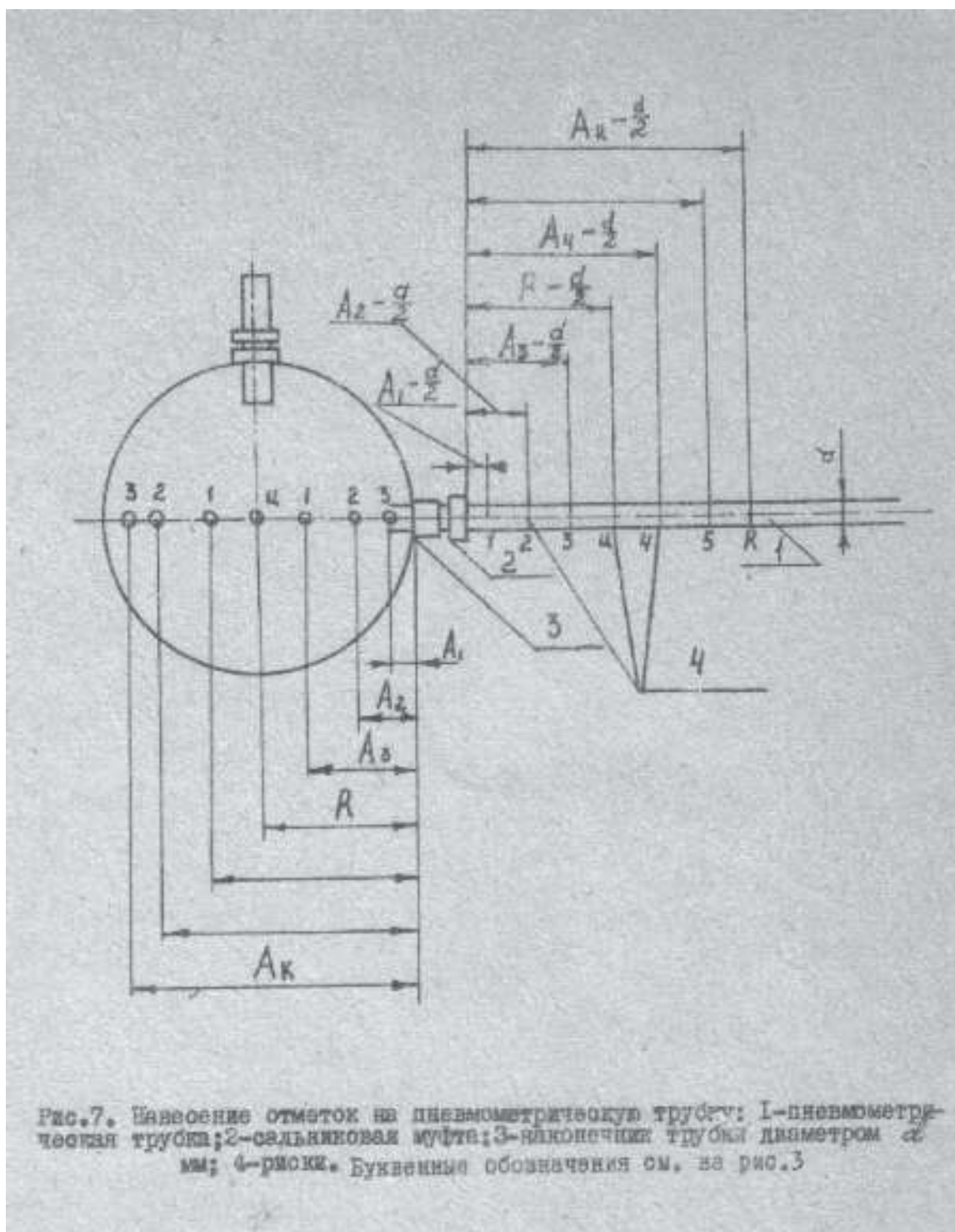


Рис. 7

$$r_n = R \sqrt{\frac{2n-1}{2m}},$$

где R – радиус воздуховода, мм;
 n – порядковый номер отсчета от центра сечения воздуховода;
 m – число колец, на которые разбито сечение воздуховода.

Расстояние точки измерения от стенки воздуховода A_k определяется по формуле

$$A_k = R \pm r_n$$

или для данного случая по формулам

$$A_1 = R - r_3 ; \quad A_4 = R + r_1 ;$$

$$A_2 = R - r_2 ; \quad A_5 = R + r_2 ;$$

$$A_3 = R - r_1 ; \quad A_6 = R + r_3 .$$

2. Нанесение отметок на пневмометрической трубке в соответствии с расположением точек измерения на рис.7.

3. Измерение динамического давления в соответствующих точках путем последовательного перемещения пневмометрической трубки по двум взаимно перпендикулярным диаметрам. Отсчет показаний по шкале микроманометра производится после фиксации наконечника трубки в точке измерения скорости (в соответствии с рисками, нанесенными на трубке) при помощи сальниковой муфты. Необходимо следить, чтобы наконечник трубки был строго параллелен оси воздуховода навстречу потоку воздуха.

1У. ОБРАБОТКА ОПЫТНЫХ ДАННЫХ

1. На основе измеренных величин динамического давления в заданных точках сечения по формулам (3-10) рассчитываются значения скоростей и коэффициент неравномерности поля скоростей в данном сечении.

2. По формуле (2) расчетом определяется расход воздуха ($\text{м}^3/\text{ч}$) в заданном сечении воздуховода.

3. По данным измерений в координатах R, U строится эпюра скоростей в заданном поперечном сечении для одного из диаметров.

По горизонтальной оси откладывается значение скорости воздуха V (в масштабе 1 см соответствует 1 м/с). Горизонтальная ось координат совмещается с осью воздуховода. По вертикальной оси откладываются расстояния от оси воздуховода до точек измерения динамических давлений (в масштабе 1 см соответствует 10 см). Координатная сетка дана ниже.

Полученные данные заносятся в табл.2.

Т а б л и ц а 2

	Горизонтальный диаметр								Вертикальный диаметр							
	1	2	3	4 ось	5	6	7	8	1	2	3	4 ось	5	6	7	8
h_A																
H_A																
v																
v_{cp}	$v_{cp} = \frac{v_o^r + v_o^b}{2} =$															
v_{cp}	$v_{cp}^r = \frac{\sum v_{r-2m}^r}{m} =$								$v_{cp}^b = \frac{\sum v_{r-2m}^b}{m} =$							
K	$K^r = \frac{v_{cp}^r}{v_{cp}^o} =$								$K^b = \frac{v_{cp}^b}{v_{cp}^o} =$							
K	$K = \frac{K^r + K^b}{2}$															

Координатная сетка эсперы скоростей



Рис.9