

Определение расходов воздуха в воздуховоде круглого сечения методом равновеликих колец

Цель работы

Настоящая лабораторная работа воспроизводит реальную работу, которую приходится выполнять инженеру-вентиляционщику при наладке смонтированных или капитально отремонтированных вентиляционных систем. В процессе капитального ремонта оборудование заменяется на более новое, так как установленное изначально не производится. Новое оборудование, как правило, имеет несколько иные, нежели заменяемое, характеристики, его установка приводит к разрегулировке вентиляционной системы, что и вынуждает проводить повторную наладку.

Целью лабораторной работы является расширение знаний студентов в области аэродинамики воздуховодов и показ того, что фактические скоростные поля в вентиляционных воздуховодах могут значительно отличаться от классического скоростного поля, которое формируется на прямолинейном участке круглого воздуховода значительной протяжённости (рис. 1).

Этапы выполнения лабораторной работы

Лабораторная работа состоит из следующих этапов:

- измерение величин динамических давлений в точках поперечного сечения воздуховода, как в горизонтальном, так и вертикальном направлениях;
- вычисление скоростей в точках замера по величине динамического давления;
- построение эпюр скоростей по результатам замеров;
- определение средней скорости в поперечном сечении воздуховода;
- определение расхода воздуха в воздуховоде.

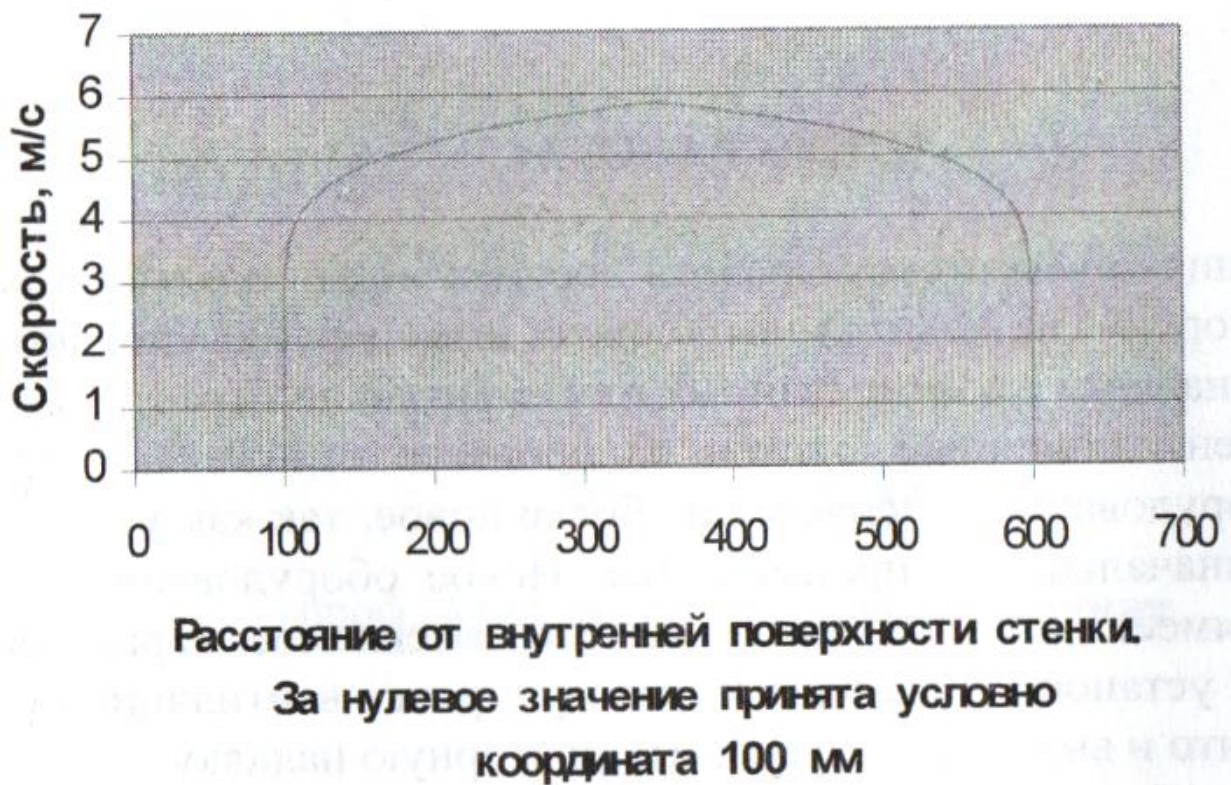


Рис. 1. Поле скоростей в трубе круглого сечения диаметром 500 мм при средней скорости в поперечном сечении 5 м/с и температуре 20° С

Определение скорости и расхода воздушного потока в воздуховоде или вентиляционном канале

Общепринятый в вентиляции способ определения расхода состоит в вычислении расхода по величинам средней скорости и площади поперечного сечения воздуховода или канала.

Промышленностью выпускается значительное количество электрических приборов, имеющих миниатюрные датчики скорости и позволяющих измерять скорости в любой точке поперечного сечения воздуховода или канала. Диапазон скоростей, которые могут измерять эти приборы, достаточен для выполнения наладочных работ.

Если измерительный прибор электрический, скорость определяется по показаниям, высвечивающимся на дисплее. В лабораторной работе динамические давления в расчётных точках измеряются с помощью трубки Пито (отборник давления) и микроманометра ММН (прибор, измеряющий переданное от

отборника давление по резиновым шлангам), а скорость по величине динамического давления $P_{\text{дин}}$ вычисляется как

$$v = \sqrt{\frac{2P_{\text{дин}}}{\rho}},$$

где ρ – плотность воздуха, кг/м³; в настоящей лабораторной работе может быть принята равной 1,2 кг/м³.

Часовой объёмный расход L , м³/ч, воздуха в воздушном потоке рассчитывается по формуле

$$L = 3600 A, \quad (1)$$

где $v_{\text{ср}}$ – средняя скорость по площади поперечного сечения воздуховода или канала, м/с;

A – площадь поперечного сечения воздуховода или канала, м².

Действие трубки Пито и микроманометра ММН не зависит от наличия источника электрической энергии, и, как указывалось выше, микроманометром измеряется динамическое давление, по его величине вычисляется скорость. Но этими приборами удаётся с должной степенью точности измерять скорость 4 м/с и более. Для скоростей, меньших 4 м/с, и раньше, и теперь применяют электрические измерительные приборы.

Важным для получения точного результата является выбор точек замера в поперечном сечении воздуховода. С этой целью поперечное сечение воздуховода делится на «элементарные площадки», в центре которых и производятся измерения. Если воздуховод круглого сечения, «элементарными» площадками являются концентрические кольца, а точки замера располагаются на оси концентрических колец. Если воздуховод прямоугольный или квадратный, элементарные площадки прямоугольные или квадратные, а точка измерения располагается на пересечении диагоналей элементарной площадки.

Если площади концентрических колец в поперечном сечении круглого или ячеек прямоугольного (квадратного) воздуховода одинаковы, средняя скорость может быть вычислена по несложной формуле

$$v_{\text{ср}} = \frac{\sum v_i}{i},$$

где v_{cp} – среднее значение скорости в поперечном сечении воздуховода или канала, м/с;

v_i – локальное значение скорости, м/с;

i – количество элементарных концентрических колец в поперечном сечении круглого или ячеек в прямоугольном (квадратном) воздуховоде.

Деление на элементарные участки одинаковой площади не всегда может быть выполнено. Если точки замера являются центрами элементарных площадок различных размеров, средняя скорость вычисляется как

$$v_{cp} = \frac{\sum a_i v_i}{A}$$

где a_i – площадь элементарной площадки;

A – площадь поперечного сечения воздуховода.

Конструктивное оформление мест производства замера давлений

Независимо от способа измерения скорости в воздуховоде, в стенке воздуховода должно быть устроено отверстие для ввода зонда. Проектом вентиляции в местах, где следует выполнять замеры в процессе пусконаладочных работ, должны предусматриваться специальные лючки, закрываемые герметичной крышкой или пробкой. Иногда эти лючки называют «питометражными», подтверждая названием, что измерение давлений внутри воздуховода будет проводиться трубкой Пито, хотя через них может вводиться и электрический зонд. После проведения измерений лючки необходимо закрыть. Если лючки не предусмотрены, отверстие минимально необходимого размера приходится пробивать в стенке воздуховода. После проведения замеров отверстие следует герметизировать во избежание присосов или потерь через них воздуха. Трубка Пито (рис. 2) устанавливается в воздуховоде отверстием полного давления навстречу воздушному потоку. К микроманометру шланги присоединяются по дифференциальной схеме.

Конструкции пневмометрической трубки (трубки пито)

Пневмометрическая трубка служит для измерения давлений внутри воздухопроводов. Она объединяет в себе отборники полного и статического давления. Отборник полного давления представляет собой отверстие на закруглённом торце трубки, отборник статического давления - отверстие на цилиндрической поверхности трубки. Каждый вид давления выводится от отборника давления с помощью металлической трубки, которая заканчивается штуцером для резинового шланга, подводящего давление к микроманометру. Штуцер, к которому подводится полное давление, маркируется знаком «плюс», штуцер статического давления – знаком «минус». В зависимости от конструкции прибор «трубка Пито» может представлять собой две спаянные друг с другом трубки, соответственно полного и статического давления (конструкция ВЦНИИОТ) или одна из трубок может размещаться внутри другой (конструкция ГПИ Проектпромовентиляция). Изготавливаются трубки Пито разной длины, в зависимости от размеров поперечного сечения воздухопровода, давление в котором измеряется.

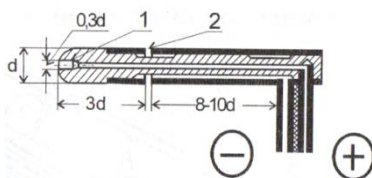


Рис 2. Чертёж измерительной части трубки Пито

Микроманометр ММН

Общий вид микроманометра ММН представлен на рис. 3.

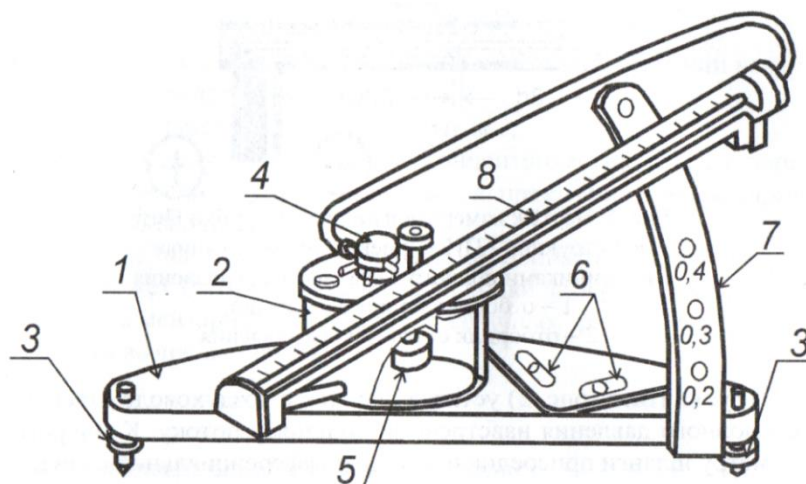


Рис. 3. Микроманометр ММН: 1 – плита, на которой смонтированы элементы микроманометра; 2 – неподвижный резервуар со спиртом, закрытый герметичной крышкой; 3 – регулировочные винты, с помощью которых плита приводится в горизонтальное положение; 4 – трёхходовой кран, смонтированный на крышке резервуара; 5 – регулятор нулевого положения мениска, служащий для приведения положения мениска в нулевое положение после заправки или дозаправки микроманометра спиртом; 6 – уровни с цилиндрическими ампулами для установки плиты в горизонтальное положение; 7 – кронштейн с фиксатором для установки измерительной трубки в определённом положении относительно горизонта; 8 – измерительная стеклянная трубка

Пределы измерений микроманометра составляют $0...240 \text{ кг/м}^2$ при статическом давлении $0,1 \text{ кгс/см}^2$. В качестве рабочей жидкости применяется только этиловый спирт плотностью $\rho_c = 0,8095 \pm 0,005 \text{ г/см}^3$. Применение других жидкостей исключено, так как на пластине, с помощью которой фиксируется угол наклона измерительной трубки к горизонту, указаны произведения синуса угла наклона и плотности спирта.

Давление, измеряемое микроманометром, Па, в случае совпадения мениска с нулевым значением шкалы определяется по формуле

$$p = gH_K K,$$

где g – ускорение свободного падения, м/с^2 ;

H_K – показание микроманометра, считываемое со шкалы, нанесенной на капилляр;

K – поправочный коэффициент, учитывающий синус угла наклона и стандартную плотность спирта.

Если в микроманометре мениск по каким-либо причинам не совпадает с нулевым делением шкалы, расчёт ведётся по следующей формуле

$$p = g(H_K - H_0)K. \quad (2)$$

Скорость, соответствующая динамическому давлению p_d , вычисляется по формуле

$$v = 0,07527 \sqrt{p_d(273 + t_s)} \quad (3)$$

где p_d – динамическое давление, Па, измеренное микроманометром;

t_s – температура перемещаемого воздуха, $^{\circ}\text{C}$.

В практической наладке место замера расхода выбирается на максимально возможном расстоянии от ближайшего местного сопротивления; это расстояние не

должно быть меньшим 5...6 калибров, чтобы в максимально возможной степени уменьшить влияние местного сопротивления на скоростное поле.

Проведение эксперимента

Измерение расхода воздуха в исследуемом сечении воздуховода производится в следующем порядке:

- Исследуемое сечение разбивается на 2-3 равновеликих concentрических кольца и центральный диск такой же площади, как и равновеликие кольца.
- Выбираются точки для выполнения замеров в соответствии с рис. 4,а.
- Вычисляются координаты точек замера относительно стенки воздуховода.

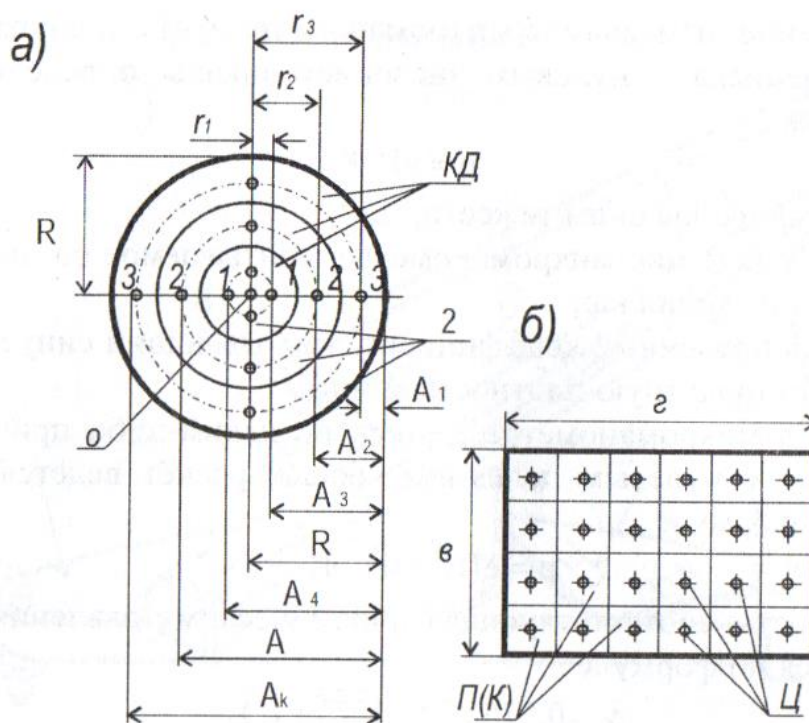


Рис. 4. Точки замера в воздуховодах круглого и прямоугольного (квадратного) сечения: а – круглого сечения; КД – равновеликие по площади кольца и диск; 1,2,3 – точки замера на осях равновеликих колец и центрального диска с площадью, равной площади с concentрическими кольцами; R – радиус воздуховода в исследуемом поперечном сечении, равный 200 мм; r – расстояние точки замера от центра воздуховода, мм; $A_{1,2,3,...,k}$ – расстояние от стенки воздуховода до точки замера, мм; б – прямоугольного (квадратного) сечения; в и g – размеры прямоугольного сечения; П(К) – равновеликие прямоугольники – квадраты в квадратном воздуховоде; Ц – центры равновеликих прямоугольников – квадратов

Расстояние точки измерения от оси воздуховода r_n , мм, определяется по формуле

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

где R – радиус воздуховода в исследуемом сечении, мм; n – порядковый номер точки замера от центра сечения; m – число колец, на которые разбито сечение воздуховода. Расстояние от точки измерения до стенки воздуховода A_k определяется по формуле

$$A_k = R \pm r.$$

Для случая, представленного на рис. 4,а, имеют место следующие расстояния

$A_1 = R - r_3$	$A_4 = R + r_1$
$A_2 = R - r_2$	$A_5 = R + r_2$
$A_3 = R - r_1$	$A_6 = R + r_3$

- Измеряются динамические давления в соответствующих точках путём последовательного перемещения пневмометрической трубки по двум взаимно перпендикулярным диаметрам. Отсчёт показаний по шкале капилляра микроманометра производится после фиксации наконечника трубки в точке измерения скорости (в соответствии со шкалой, нанесенной на пневмометрической трубке). Необходимо следить, чтобы наконечник трубки был строго параллелен оси воздуховода и был направлен навстречу потоку воздуха в воздуховоде.

Результаты замеров записываются в таблицу 1.

Таблица 1

Таблица для записи и обработки результатов замеров скоростей в поперечном сечении круглого стального воздуховода

Параметр	Горизонтальный диаметр									Вертикальный диаметр								
h_d																		
K																		
P_d																		
V																		
V_{CP}	$v_{гориз}^{cp} = \frac{\sum v_{2m+1}^{гориз}}{m}$									$v_{верт}^{cp} = \frac{\sum v_{2m+1}^{верт}}{m}$								

$V_{\text{общ}}^{\text{ср}}$	$v_{\text{общ}}^{\text{ср}} = \frac{v_{\text{гориз}}^{\text{ср}} + v_{\text{верт}}^{\text{ср}}}{2}$	
$K_{\text{п/равн в направ- лениях}}$	$K_{\text{гориз}}^{\text{неравн}} = \frac{v_{\text{гориз}}^{\text{ср}}}{v_{\text{общ}}^{\text{ср}}}$	$K_{\text{верт}}^{\text{неравн}} = \frac{v_{\text{верт}}^{\text{ср}}}{v_{\text{общ}}^{\text{ср}}}$
$K_{\text{п/равн общий}}$	$K_{\text{общ}}^{\text{неравн}} = \frac{K_{\text{гориз}}^{\text{неравн}} + K_{\text{верт}}^{\text{неравн}}}{2}$	

Обработка замеров

1. На основе измеренных величин динамического давления в заданных точках сечения рассчитывают:

- динамическое давление в точке замера по формулам (2) или (3);
- локальные скорости в точках 1, 2, 3, 4, 0, 5, 6, 7, 8.

2. Далее вычисляются:

- средние скорости по горизонтальному и вертикальному диаметрам (формулы приведены в таблице;
- средняя скорость для скоростного поля воздуховода в целом (формула приведена в таблице);
- расход воздуха в воздуховоде по формуле (1);
- коэффициенты неравномерности скоростного поля:
 - по горизонтальному диаметру;
 - по вертикальному диаметру;
 - общий для всего воздуховода.

Формулы для расчёта последних трех подпунктов приведены в таблице.

По результатам измерений и обработки замеров строятся скоростные поля вдоль вертикального и горизонтального диаметров.

Регулирование воздуховодов системы вентиляции

Цель работы

Настоящая лабораторная работа частично воспроизводит реальную работу, которую приходится выполнять инженеру-вентиляционщику по наладке смонтированных или капитально отремонтированных вентиляционных систем.

Вентиляционные системы после монтажа или капитального ремонта приходится регулировать, так как вновь смонтированные или капитально отремонтированные системы обычно не подают предусмотренное проектом количество воздуха в помещения. Причины этого нежелательного явления могут быть следующими:

- воздуховоды стандартных диаметров не позволяют в достаточной степени выполнить их аэродинамическую увязку;
- фактические характеристики вентиляторов отличаются от характеристик, приводимых в каталогах;
- точный аэродинамический расчёт не выполнялся, подбор диаметров производился по скоростям;
- вентиляционная система смонтирована с отступлениями от проекта;
- в процессе выполнения расчётов были допущены ошибки.

Капитально отремонтированные системы ранее были отрегулированы, но во время капитального ремонта обычно производится замена вентиляционного оборудования на более современное, так как прежнее уже не выпускается. Устанавливаемое современное оборудование может иметь несколько иные характеристики, что приводит к разрегулировке системы и необходимости проведения повторных наладочных работ.

Последовательность выполнения наладочных работ

Прежде чем приступить непосредственно к наладке и регулировке вентиляционной системы, обязательно следует выполнить ряд поверочных работ:

1. Визуальным осмотром следует удостовериться, что система смонтирована в строгом соответствии с проектом, необходимо проверить соответствие проекту

оборудования, трассировки и диаметров воздуховодов. В случае выявления несоответствий необходимо потребовать от монтажной организации устранить выявленные недочёты. До их полного устранения наладочные работы выполнять не следует, так как претензии к проектировщикам могут быть предъявлены лишь в случае невозможности наладки вентиляционной системы, смонтированной в строгом соответствии с проектом.

2. Следует удостовериться в достаточной плотности сети воздуховодов. С этой целью замеряются фактические расходы по всем (в зависимости от назначения системы) приточным или вытяжным решёткам, а также фактическая подача вентилятора. Если сумма расходов по всем решёткам или воздухораспределителям незначительно отличается от подачи вентилятора, плотность сети воздуховодов достаточна, можно выполнять последующий этап работ. В противном случае следует потребовать от монтажной организации обеспечить необходимую плотность сети. Вентиляционную систему с неплотной сетью воздуховодов невозможно отрегулировать, так как приточный воздух по пути к помещениям попросту теряется, а в вытяжных системах присосы не позволяют удалять в требуемом количестве воздух от мест вытяжки.

3. Необходимо сопоставить фактическую и предусмотренную проектом подачу. Если фактическая подача вентилятора равна или больше проектного значения, можно приступать к наладочным работам. Если фактическая подача вентилятора меньше проектного значения, наладочные работы теряют смысл, так как при недостаточном количестве подаваемого вентилятором воздуха невозможно обеспечить подачу притока в помещение в необходимых объёмах. Перед проведением наладочных работ следует обеспечить необходимую подачу вентилятора, этого можно добиться двумя путями:

- заменой уже смонтированного вентиляционного агрегата на другой, развивающий большие напор и расход;
- уменьшением диаметра шкива на электродвигателе, если вентиляционный агрегат имеет клиноремённую передачу, за счет чего увеличивается частота вращения, напор и подача. Увеличение частоты вращения приводит не только к увеличению развиваемого вентилятором напора и подачи, но возрастает и

потребляемая мощность. В частности, увеличение частоты вращения на 10% приводит к возрастанию требуемой мощности примерно на 30%. Если установленный электродвигатель достаточного запаса мощности не имеет, придётся заменить его или вентиляционный агрегат.

Виды регулирования

После того, как фактическая подача стала равна или несколько превышать предусмотренную проектом, можно приступать к регулированию. Следует иметь в виду, что факт превышения фактического расхода над проектным свидетельствует о том, что сечения воздуховодов или каналов по какой-то причине завышены относительно требуемых. Этим можно воспользоваться для того, чтобы снизить потребление электрической энергии из сети и уменьшить эксплуатационные расходы. Способ наладки сети воздуховодов, обеспечивающий снижение потребляемой электрической мощности относительно проектных значений, получил название *качественное регулирование*. Этот способ более трудоёмок, так как потребует уменьшения частоты вращения вентилятора, что не всегда осуществимо или может быть целесообразным с экономической точки зрения. Наряду с качественным способом существует менее трудоёмкий *количественный способ регулирования*. Этот способ состоит в фактическом увеличении аэродинамического сопротивления сети воздуховодов до проектных значений, но расход электроэнергии возрастает и становится равным проектному. Увеличение аэродинамического сопротивления ответвлений достигается установкой на ответвления диафрагм или дроссель-клапанов.

До выполнения собственно регулировочных работ при качественном регулировании определяется новая частота вращения электродвигателя, обеспечивающая запроектированную подачу при уменьшенных потерях давления в сети, чтобы впоследствии можно было выполнить наладочные работы с учетом завышенных сечений воздуховодов.

Определение требуемой частоты вращения обычно выполняется графическим построением (рис. 1):

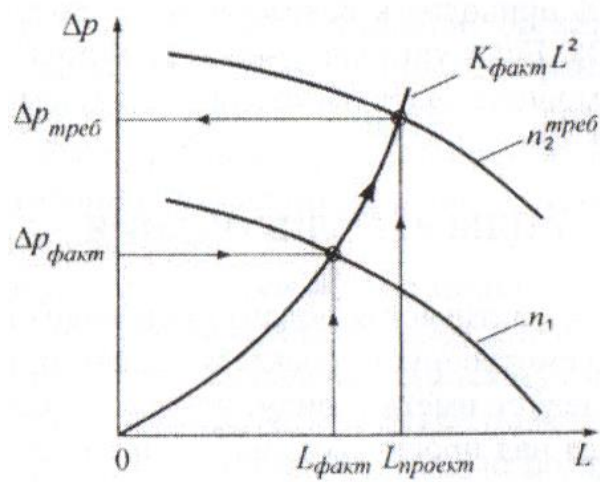


Рис. 1. К определению новой величины частоты вращения, позволяющей осуществить качественное регулирование вентиляционной системы в условиях $L_{\text{факт}} > L_{\text{проект}}$

- определяется фактическая характеристика сопротивления сети по фактической подаче и фактическому напору, развиваемому вентилятором, с помощью квадратичной зависимости между подачей и напором, предложенной профессором Бутаковым

$$\Delta p_{\text{факт}} = s_{\text{факт}} \cdot L_{\text{проект}}^2$$

где $s_{\text{факт}}$ – характеристика сопротивления сети вентиляционных воздуховодов;

$\Delta p_{\text{факт}}$ – фактический напор, развиваемый вентилятором в сети, Па;

$L_{\text{факт}}$ – фактическая подача вентилятора, м³/ч;

- вычисляется фактическая характеристика сопротивления налаживаемой вентиляционной системы

$$s_{\text{факт}} = \frac{\Delta p_{\text{факт}}}{L_{\text{проект}}^2}.$$

- на характеристику вентилятора наносится параболическая кривая

$$\Delta p = s_{\text{факт}} L^2$$

- через точку на оси абсцисс, соответствующую проектному расходу $L_{\text{проект}}$, проводится вертикаль до пересечения с параболой. Полученная точка является рабочей для проектного значения частоты вращения.

По этой рабочей точке определяется требуемая частота вращения рабочего колеса вентилятора. Рекомендуется принимать несколько большее значение

частоты вращения, что обеспечит необходимый запас напора на случай возникновения непредвиденных потерь в сети во время регулировочных работ.

В вентиляционных сетях, воздуховоды которых соединяются с помощью фланцев или фланцевых соединений, сопротивления ответвлений часто увеличивают с помощью диафрагм. Диафрагму изготавливают из листа стали толщиной 0,7 мм по форме и размерам фланца воздуховода, в который она устанавливается. Поскольку диафрагма имеет малую толщину и место её установки определить сложно, для обозначения её положения диафрагма выкраивается с ручкой, которая выходит за пределы воздуховода. Ручка позволяет манипулировать диафрагмой при её установке, облегчая этот процесс. В случае необходимости диафрагму с ручкой легко обнаружить и заменить.

В вентиляционные сети с ниппельными и бандажными соединениями установить диафрагму практически невозможно. В этом случае на ответвления устанавливаются дроссель-клапаны, которые обладают рядом недостатков:

- дороже диафрагмы;
- зависимость сопротивления дроссель-клапана от степени закрытия клапана в области высоких сопротивлений имеет крутопадающий участок, что приводит к резкому изменению сопротивления при незначительном повороте диска клапана; точное регулирование в этом диапазоне характеристики невозможно;
- существует опасность произвольного нарушения регулировки вследствие случайного поворота диска клапана.

В лабораторном стенде регулирование производится с помощью стационарно установленных диафрагм, диаметр отверстия которых можно изменять.

Лабораторный стенд

Стенд представляет собой приточную вентиляционную систему, состоящую из вентилятора, камеры статического давления и сети воздуховодов (рис. 2). Приток подаётся радиальным вентилятором. Напорный воздуховод выходит из выхлопного отверстия

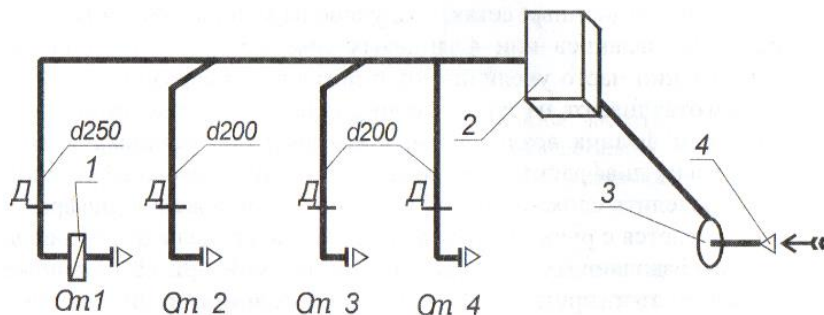


Рис. 2. Аксонометрическая схема воздухопроводов лабораторного стенда:

Д – диафрагма для измерения расхода; 1 – калорифер; 2 – камера статического давления; 3 – вентилятор; 4 – плавный вход в воздухопровод

вентилятора под углом к горизонту. По достижении отметки оси магистрали производится поворот на 90° с помощью камеры статического давления, в которой установлены выравнивающие скоростное поле воздушного потока устройства в виде спрямляющих решёток и слоёв пористого материала. Тем не менее, эти мероприятия оказались недостаточно эффективными и, как показывают замеры скоростного поля в магистрали, не смогли устранить искажения, вызванного истечением воздуха из выхлопного отверстия вентилятора.

Сеть воздухопроводов состоит из магистрали и четырех стояков. Стояк 4 имеет диаметр 250 мм, к нему в качестве местного сопротивления присоединён калорифер. Прочие три стояка имеют диаметр 200 мм.

Регулирующие и измерительные устройства

На стояках установлены измерительные ирисовые диафрагмы (рис. 3), позволяющие не только измерять, но и изменять расход воздуха в стояках. На фланцах нанесены шкалы, позволяющие определить степень открытия диафрагмы. Изменение площади отверстия производится перемещением движка вдоль кромки фланца диафрагмы. На ответвлениях диаметром 200 мм шкала имеет диапазон 6,6...31,7, при диаметре ответвления 250 мм – 8,5...59,2. Сверху и снизу диафрагмы имеются штуцеры отборников статического давления, позволяющие измерять разность статических давлений.

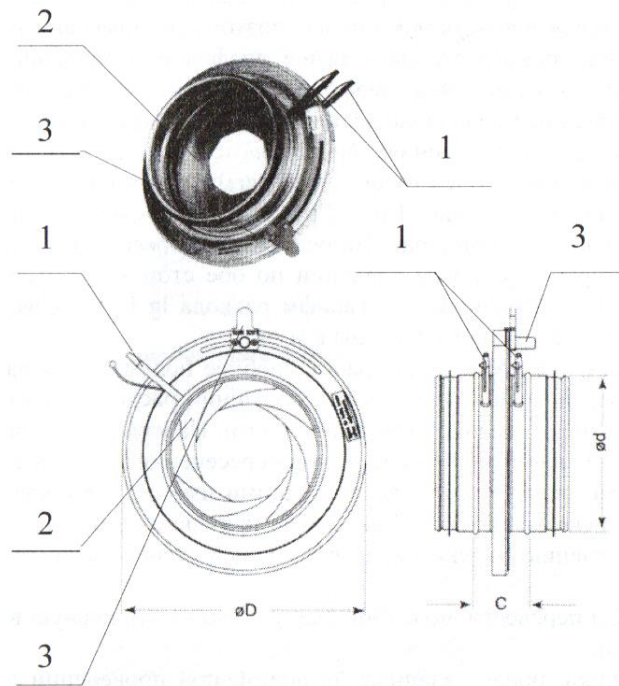


Рис. 3. Конструкция ирисовой диафрагмы: 1 – штуцеры отборников статического давления; 2 – «лепестки» ирисовой диафрагмы; 3 – рычаг, перемещением которого изменяется диаметр отверстия для прохода воздуха

Измерение расхода

Диафрагма является аэродинамическим сопротивлением, установленным в воздушном потоке, поэтому до диафрагмы (в случае лабораторного стенда – выше диафрагмы) давление будет большим, нежели после диафрагмы, а разность этих давлений расходуется на преодоление сопротивления диафрагмы.

Расходы в ответвлениях определяются по разности статических давлений по обе стороны диафрагмы с помощью графиков, представленных на рис. 4 и 5. Графики построены в логарифмической системе координат. На оси абсцисс графиков откладывается логарифм разности давлений по обе стороны диафрагмы – $\lg(\Delta p)$, по оси ординат – логарифм расхода $\lg L$, измеряемого в л/с. В скобках указаны расходы в м³/ч.

В процессе наладочных работ удобнее пользоваться расходами, измеренными в м³/с, так как все линии расходов на графике соответствуют именно этой размерности. На каждом из графиков имеются наклонные прямые, точки пересечения которых с вертикальными прямыми, соответствующими измеренному давлению, укажут искомый расход. Наклонные прямые соответствуют каждому значению шкалы, характеризующей степень открытия диафрагмы.

Чтобы перевести л/с в м³/ч, следует умножить первую величину на 3,6.

Графики, представленные на рис. 4, при проведении лабораторной работы приходится использовать двояким образом:

- по величине измеренной разности статических давлений по обе стороны диафрагмы определяется расход;
- определяется необходимая разность статических давлений, которую следует обеспечить в ответвлении для получения заданного расхода в стояке.

Если положение движка не совпадает с делениями шкалы, производится интерполяция между соседними прямыми, соответствующими ближайшим большему и меньшему значениям степени открытия диафрагмы.

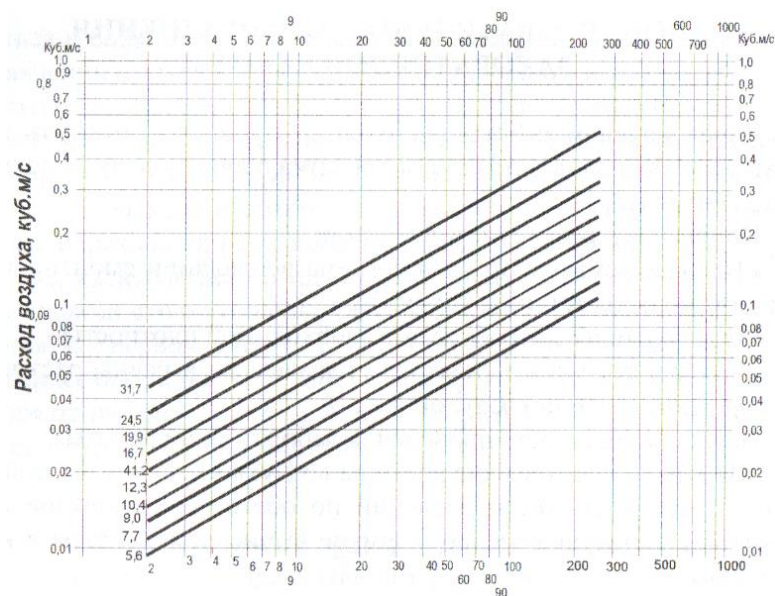


Рис. 4. График для определения расходов через диафрагму диаметром 200 мм

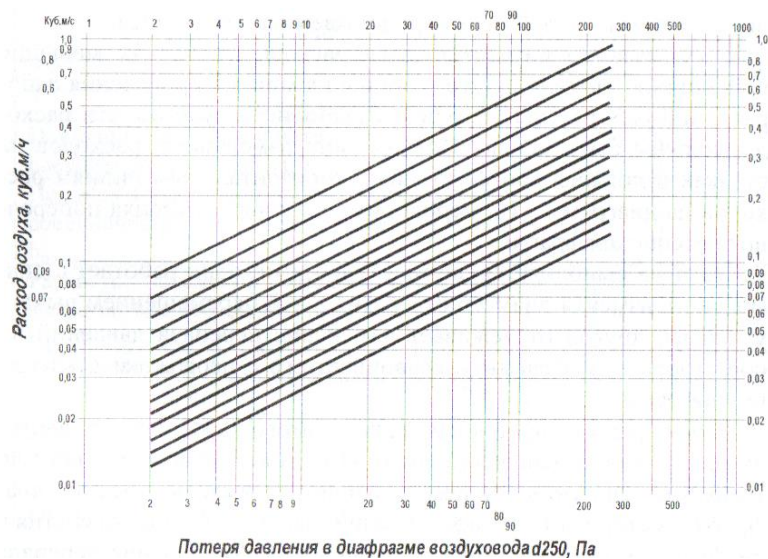


Рис. 5. График для определения расходов через диафрагму диаметром 250 мм

Последовательность выполнения лабораторной работы

Перед началом работы необходимо полностью открыть диафрагмы, обеспечив тем самым максимальную подачу воздуха в сеть вентилятором.

Приступая к работе, предполагаем:

- налаживаемая приточная система вентиляции смонтирована в строгом соответствии с проектом.
- Воздуховоды сети обладают необходимой плотностью.
- Замеры подачи вентилятора произведены и равны расходу в поперечном сечении воздуховода.

Последовательность проведения лабораторной работы:

- замеряем фактические расходы воздуха в стояках. С этой целью измеряем разности давлений по обе стороны каждой диафрагмы на ответвлении, по формуле вычисляем расходы в каждом стояке.
- Суммируем расходы в ответвлениях и сопоставляем полученный результат с расходом на выходе из вентилятора. Если невязка не превышает 15%, то продолжаем работу и далее.

Преподаватель назначает новые расходы на стояках, меньшие по величине, нежели существующие на момент проведения лабораторной работе. Для упрощения выполнения работы эти расходы должны быть меньше фактических измеренных расходов на стояках и должны соответствовать горизонтальным линиям расходов на диаграмме. Их необходимо получить, изменяя поперечное сечение диафрагм.

Наладка выполняется двумя студентами: один работает с диафрагмой, изменяя диаметр отверстия в ней перемещением рычага у шкалы, другой отслеживает изменение перепада давлений по обе стороны диафрагмы и сравнивает его с перепадом давления по диаграмме.

Работу рекомендуется начинать с самого удалённого от вентилятора стояка. Уменьшение расхода в стояке от фактического до требуемого достигается перемещением рычага на корпусе диафрагмы в сторону больших значений шкалы. Сечение отверстия в диафрагме постепенно будет уменьшаться. Увеличение перепада давления по обе стороны диафрагмы должно постоянно отслеживаться и

соотноситься с перепадами давления по диаграмме в направлении справа налево по горизонтальной линии постоянного расхода для данного стояка. По достижении совпадения разности давлений, измеренных микроманометром, с перепадом давлений на горизонтальной линии диаграммы, соответствующей заданной величине расхода в стояке, записывают это значение в таблицу. Затем переходят к регулированию расхода для следующего стояка, затем следующего и т.д. По завершении регулирования расходов на всех стояках вновь проверяют соответствие перепада давления на первом стояке установленному ранее значению. Как правило, оно изменится. Поэтому в прежнем порядке ещё раз повторяют наладку системы. Удовлетворительный результат удаётся получить с 3-й или 4-й попытки. Невязка разностей давлений по обе стороны диафрагмы по результатам 2-го и 3-го приближений определяется по формуле

$$\text{Невязка} = \frac{\Delta p_2 - \Delta p_3}{\Delta p_3} \cdot 100$$

Наладка может считаться завершённой, если невязка не превышает 10%.

Таблица 2.

Таблица записи результатов измерений расходов в стояках и результатов замеров разностей давления в процессе выполнения наладочных работ

Измеряемая величина	Ед. изм.	№ стояков			
		1	2	3	4
1	2	3	4	5	6
<i>Измерение расходов в стояках</i>					
Показания микроманометра, при- соединённого до диафрагмы, $h_{\text{до}}$	Деления шкалы				
Показания микроманометра, при- соединённого после диафрагмы, $h_{\text{после}}$	То же				
Разность показаний микроманометра по обе стороны диафрагмы, $h_{\text{до}} - h_{\text{после}}$	То же				

Коэффициент K	б/р				
Разность давлений $9,81(h_{\text{до}} - h_{\text{после}})K$	Па				
Степень открытия диафрагмы	Деления шкалы				
Расход воздуха «на проход»	м ³ /ч				
1	2	3	4	5	6
<i>Результаты наладочных работ</i>					
1 -е приближение					
Показания микроманометра, при- соединённого до диафрагмы, $h_{\text{до}}$	Деления шкалы				
Показания микроманометра, при- соединённого после диафрагмы, $h_{\text{после}}$	То же				
Разность показаний микроманометра по обе стороны диафрагмы, $h_{\text{до}} - h_{\text{после}}$	Па				
Коэффициент K	б/разм				
Разность давлений, $\Delta p_1 = 9,81(h_{\text{до}} - h_{\text{после}})K$	Па				
2-е приближение					
Показания микроманометра, при- соединённого до диафрагмы, $h_{\text{до}}$	Деления шкалы				
Показания микроманометра, при- соединённого после диафрагмы, $h_{\text{после}}$	То же				
Разность показаний микроманометра по обе стороны диафрагмы, $h_{\text{до}} - h_{\text{после}}$	То же				
Коэффициент K	б/разм				
Разность давлений $\Delta p_2 = 9,81(h_{\text{до}} - h_{\text{после}})K$	Па				
3-е приближение					
Показания микроманометра, при-	Деления				

соединённого до диафрагмы, $h_{\text{до}}$	шкалы				
Показания микроманометра, при- соединённого после диафрагмы, $h_{\text{после}}$	То же				
Разность показаний микроманометра по обе стороны диафрагмы, $h_{\text{до}}$	То же				
Коэффициент K	б/разм				
Разность давлений $\Delta p_3 = 9,81(h_{\text{до}} - h_{\text{после}})K$	Па				