

4. Лабораторный практикум

Приборы и методика измерения параметров микроклимата помещения: температуры, влажности, подвижности воздуха.

В настоящее время промышленность выпускает совершенные приборы для измерения параметров воздуха: температуры, относительной влажности и скорости воздуха. Действующими нормами предусмотрено использование в испытаниях вентиляционных систем термометров, психрометров, анемометров, приемников полного давления и комбинированных приемников для измерения статического, динамического и полного давления. Эти приборы применяются также в научно-исследовательской практике.

Примерами современных электронных измерительных приборов являются и отечественный прибор «МД1-2000» и серия приборов TASTO.

Измеритель скорости и перепада давления «МД1-2000» предназначен для измерения давлений и скорости воздуха при наладке вентиляционных систем (рис. 21.3).

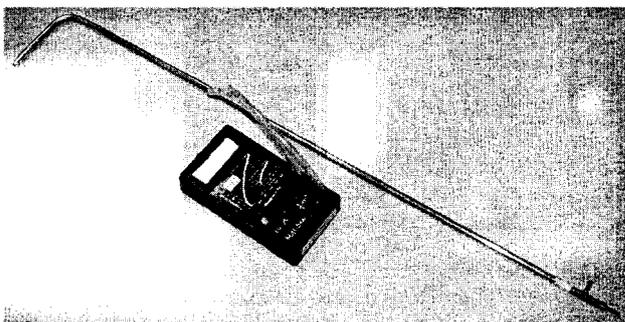


Рис. 21.3. Измеритель скорости и перепада давления в воздуховодах «МД1-2000»

Прибор состоит из миниатюрного полупроводникового дифференциального датчика давления, согласующего усилителя, цифрового вольтметра, трубки Пито-Прандтля. Результаты измерения, Па, высвечиваются на экране. Индикация результатов измерения - цифровая. Коэффициент усиления и смещения нуля - корректируются с помощью подстроечных регуляторов на передней панели. Прибор прост и удобен в пользовании.

Параметры прибора:

- диапазон измерения давления, Па 0-2000
- погрешность измерения, Па не более 5
- диапазон измерения скорости потока, м/с 2-50
- погрешность измерения скорости потока, м/с 0,25
- электропитание - один элемент «+9 В» или аналогичный
- размеры, мм 125x70x25 мм

Широкое применения для измерения скорости, температуры, относительной влажности получили электронные приборы (рис. 21.4).

Рис. 21.4. Измерители скорости, температуры и относительной влажности воздуха серии TASTO

Кроме электронных применяют и традиционные измерительные приборы.

Температуру измеряют *ртутными* или *спиртовыми термометрами* и *термопарами*. В исследовательских работах применяют термометры с ценой деления шкалы $0,1^\circ\text{C}$, для технических измерений $-0,5$ или $1,0^\circ\text{C}$. Относительная влажность воздуха измеряется также *аспираци-онными психрометрами* (психрометр Ассмана) (рис. 21.5). Психрометр состоит из двух термометров: сухого и мокрого, ртутные шарик которых заключены в двойные трубчатые гильзы для защиты от теплового облучения. Ртутные шарик термометров обдувают потоком воздуха со скоростью, превышающей 4 м/с, что способствует более точному определению температуры мокрого термометра. Вентилятор с пружинным или электрическим приводом вентилятора смонтирован в верхней части прибора. Отсос воздуха производится через трубку, присоединенную к вентилятору. На шарик мокрого термометра одевается чехол из батиста или иной тонкой ткани, который смачивается водой перед измерениями, после чего включается вентилятор. Применение «толстой» ткани для изготовления чехлов не допускается, так как это приводит к значительным погрешностям

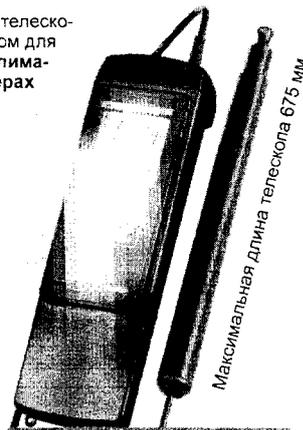
Погрешность системы: (при +22°C)
 ±1 цифра ±0,05 м/с ± 5% (0...2 м/с)
 ±0,5 м/с ± 5% (2...10 м/с)
 ±0,5°C

Компактный со встроенным зондом влажности для измерений скорости в помещениях



Погрешность системы: (при +22°C)
 ±1 цифра ±0,015 м/с ± 5% (0...2 м/с)
 ±0,5 м/с ± 5% (2...20 м/с)
 ±0,5°C (0...+50°C), ±0,7°C (50...70°C)

С раздельным телескопическим зондом для измерений в климатических камерах на вытяжных каналах и т.д.



в измерениях. Показания сухого и мокрого термометров снимают при наступлении стационарного теплового режима обеих термометров, во время которого температуры сухого и мокрого термометров не изменяются.

Нормативными документами обстановка теплового комфорта оценивается *результурующей температурой помещения*, которая является комплексным показателем совместного действия на человека радиационной температуры помещения и температуры воздуха помещения. Результирующая температура измеряется с помощью *шарового термометра*, описание которого было дано в главе I.

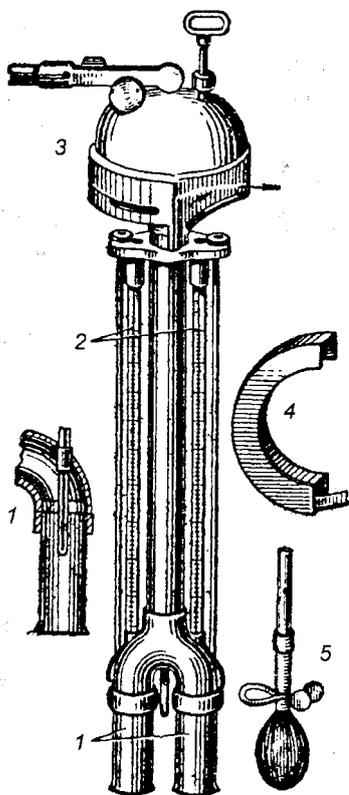


Рис. 21.5. Аспирационный психрометр 1 - металлические гильзы, в которых находятся шарики термометров; 2- термометры; 3- вентилятор; 4- предохранитель от ветра для замеров влажности наружного воздуха; 5- пипетка для смачивания мокрого термометра

Скорость движения в помещениях, в плоскости приточных и вытяжных решеток, в открытых проемах окон, ворот и аэрационно-световых фонарей измеряются анемометрами: *крыльчатками* и *чашечными*, (рис. 21.6). Традиционный анемометр состоит из крыльчатки, вращаемой воздушным потоком и счетчика числа оборотов с циферблатом, стрелки которого показывают количество оборотов. Крыльчатый анемометр служит для измерения скоростей воздушных потоков в пределах от 0,5 до 1 м/с, так как крыльчатка имеет плоские лопасти, выполненные из алюминиевой фольги. Скорость воздушного потока определяется по частоте вращения крыльчатки (об/мин) с помощью тарировочного графика. Частота вращения определяется по разности показаний счетчика за определенный промежуток времени (обычно за 100 с). Скорости воздушного по-

тока в пределах от 1 до 20 м/с измеряют чашечными анемометрами, крыльчатка которых хотя и более инерционна, но обладает большей прочностью.

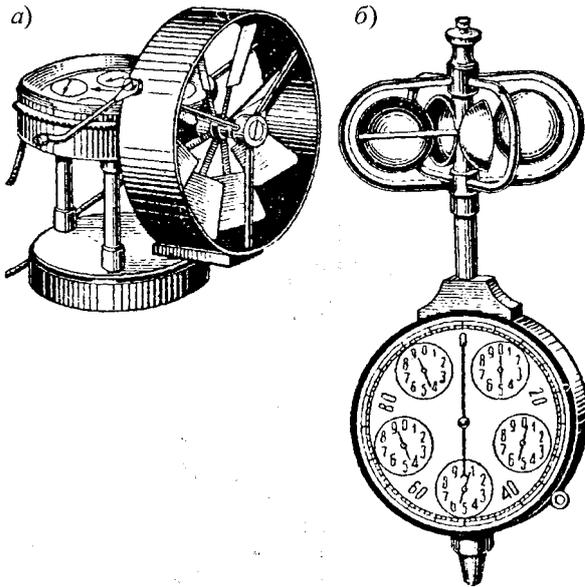


Рис. 21.6. Анемометры а - крыльчатый; б - чашечный

Давления в воздуховодах измеряют микроманометрами. Для отбора давления применяют приемники давления, размеры которых определены ГОСТ.

ГОСТом устанавливаются точки в поперечном сечении воздуховодов, в которых надлежит производить измерения (рис. 21.7).

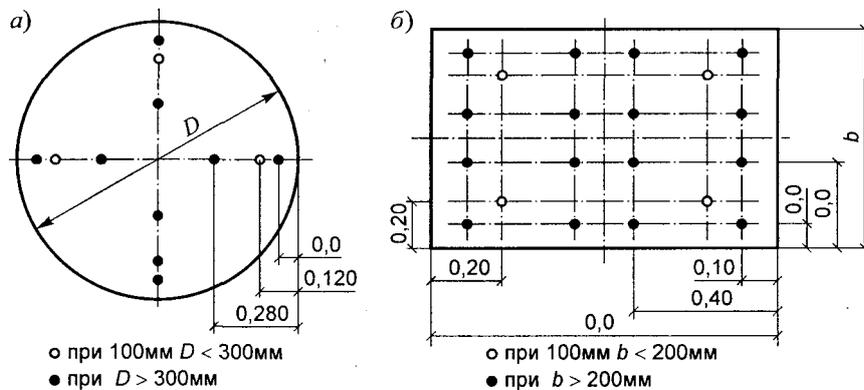


Рис. 21.7. Координаты точек измерения давлений и скоростей воздуха в воздуховодах цилиндрического (а) и прямоугольного (б) сечений

Комбинированный приемник давления является частью пневмо-метрической трубки (рис. 21.3), соединяемой с микроманометром резиновыми шлангами. Комбинированные приемники давления известны как пневмометрические трубки или трубки Пито. Их изготавливают различной формы.

При наладке вентиляционных систем через специальные отверстия (просверленные или специально устраиваемые при монтаже воздуховодов лючки) пневмометрическая трубка устанавливается перпендикулярно оси воздуховода так, чтобы отверстие, воспринимающее полное давление, было направлено навстречу потоку воздуха, а ось напорного конца была параллельна воздушному потоку.

Для измерения давления применяют микроманометр ММН, (рис. 21.8) относящийся к жидкостным микроманометрам чашечного типа. Микроманометр состоит из резервуара и стеклянной трубки, которая может устанавливаться под различными углами к горизонту. В чашечных микроманометрах площадь зеркала жидкости в резервуаре превышает площадь поперечного сечения стеклянной трубки в 300-400 раз. При поступлении жидкости в капилляр уровень жидкости в резервуаре практически не изменяется и давление определяется высотой столба жидкости в капилляре. Для увеличения диапазона измеряемых давлений и получения приемлемой точности капилляр устанавливают под различными фиксированными углами к горизонту. На планке, поддерживающей стеклянный капилляр, имеются отверстия, соответствующие значениям постоянной прибора: 0,2, 0,3, 0,4, 0,6 и 0,8. Постоянная прибора равна произведению синуса угла наклона стеклянной трубки на плотность жидкости, заполняющей чашку микроманометра (подкрашенный этиловый спирт). На трубке прибора нанесены миллиметровые деления от 0 до 200 мм. Станина прибора в процессе измерения должна быть горизонтальной, что контролируется двумя уровнями: поперечным и продольным.

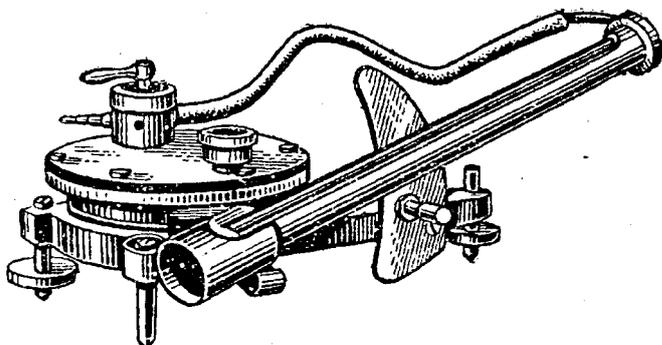


Рис. 21.8. Микроманометр ММН

Действительное давление, зависящее от угла наклона трубки микроманометра, определяется по формуле:

$$P_{\text{действ}} \sim (H_{\text{изм}} - H_0)K,$$

где $H_{\text{изм}}$ и H_0 - соответственно, показания микроманометра при измерении давления и начальное; K - характеристика прибора, зависящая от угла наклона стеклянной трубки к горизонту.

Определение расхода воздуха в элементах системы вентиляции для определения коэффициентов местного сопротивления приточного тройника.

Цель лабораторной работы: определение коэффициентов местного сопротивления (далее КМС) «на проход» и «на ответвление» для тройника с врезкой ответвления в магистраль под углом $\alpha = 30^\circ$.

Работа выполняется на универсальном лабораторном стенде, схема которого представлена на рис. 1.

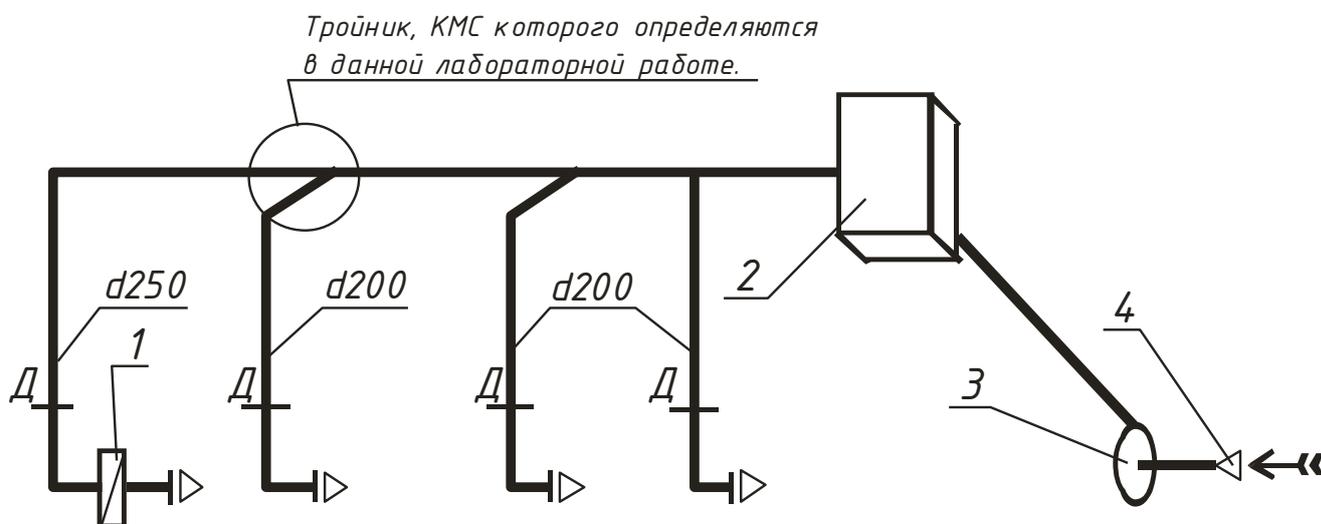


Рис. 1. Аксонометрическая схема воздухопроводов универсального лабораторного стенда.

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

Стенд является универсальным, так как позволяет выполнять несколько лабораторных работ:

- исследование закономерностей приточной струи;
- определение расхода в воздуховоде круглого сечения методом равновеликих колец;
- регулирование системы вентиляции;

- определение коэффициентов местного сопротивления приточного тройника «на проход» и «в ответвлении».

Описание лабораторного стенда.

Лабораторный стенд представляет собой небольшую приточную вентиляционную систему, выполненную в натуральную величину. Данная приточная система состоит из вентилятора, камеры статического давления, к которой присоединена сеть воздухопроводов, состоящая из магистрали и 4-х стояков. Ближайший к статической камере стояк присоединён к магистрали под углом 90° (так называемая «прямая врезка»), следующие два – под углом 30° («косая врезка»), последний по ходу движения воздуха стояк присоединён к магистрали с помощью отвода 90° .

Измерительные приборы и устройства лабораторного стенда:

1. Микроманометр ММН – 1 шт.
2. Измерительные диафрагмы ирисового типа.

Диафрагмы установлены на каждом из стояков. Общий вид и схема устройства диафрагм представлены на рис. 2.

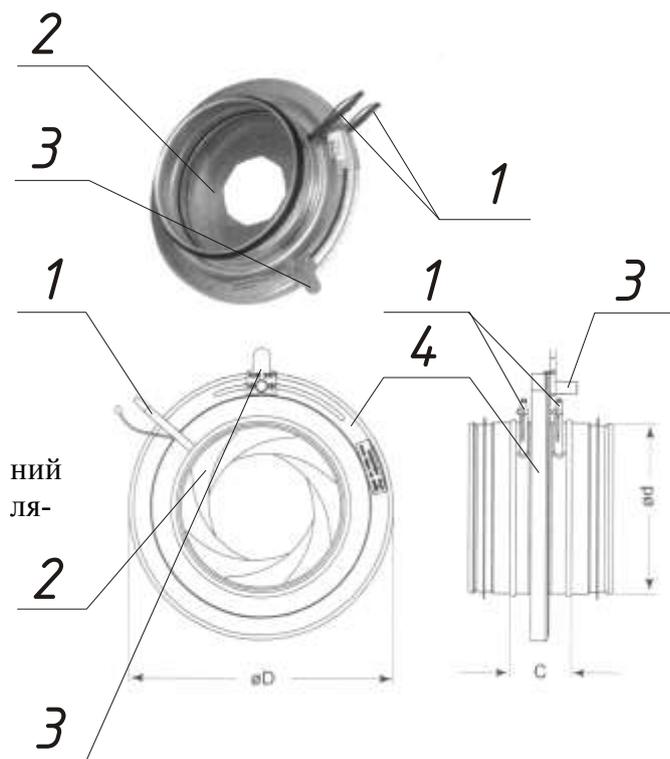


Рис. 2. Конструкция ирисовой диафрагмы.

1 – штуцеры отборников статического давления; 2 – «лепестки» ирисовой диафрагмы; 3 – рычаг, перемещением которого изменяется диаметр отверстия для прохода воздуха. 4 – корпус кольцевой формы, внутри которого смонтированы «лепестки» ирисовой диафрагмы; 4 – корпус кольцевой формы для монтажа «лепестков» ирисовой диафрагмы.

Микроманометром измеряется перепад давления по обе стороны диафрагмы в Па. Расход определяется с помощью диаграмм, представленных на рис. 3 и 4.

Пояснения к определению расхода воздуха в стояках с помощью диафрагм. Для измерения расхода воздуха на стояках стенда смонтированы ирисовые диафрагмы. «Лепестки» диафрагмы смонтированы внутри корпуса кольцевой формы, на образующей которого нанесена шкала, с помощью которой оценивается степень открытия попереч-

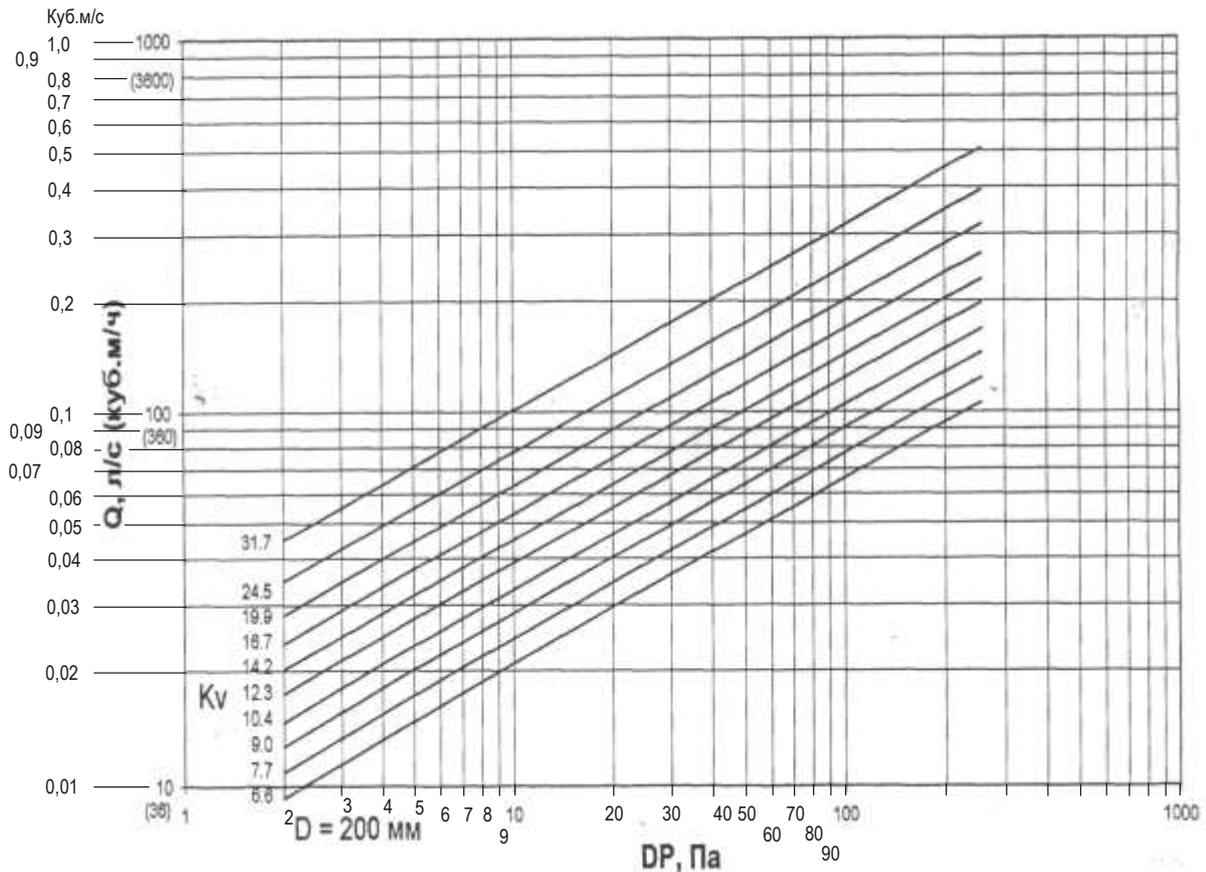


Рис. 3. Диаграмма для определения расхода в воздуховоде диаметром 200 мм, $\text{м}^3/\text{с}$, по значениям степени открытия диафрагмы и перепада давлений по обе стороны диафрагмы.

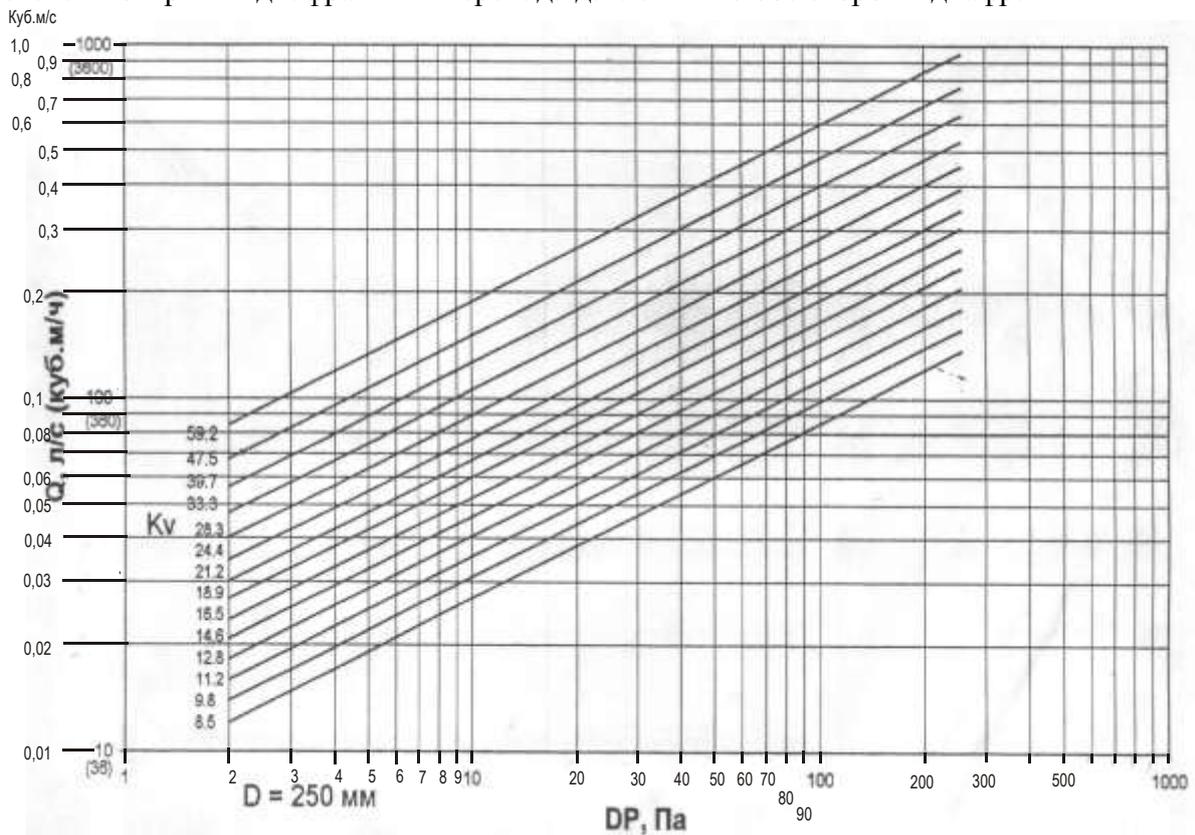


Рис. 4. Диаграмма для определения расхода в воздуховоде диаметром 250 мм, м³/с, по значениям степени открытия диафрагмы и перепада давлений по обе стороны диафрагмы.

ного сечения воздуховода. У диафрагмы для воздуховода диаметром 200 мм максимальной степени открытия соответствует значение шкалы 31,4, минимальной – 6,6. Если диаметр воздуховода 250 мм, для максимального открытия 59, минимального – 12,8. На рис. 3 и 4 представлены диаграммы, позволяющие определять расход, м³/с, по величинам степени открытия и перепада давлений по обе стороны диафрагмы. Каждому делению шкалы соответствует своя прямая на графике. Если рычаг, с помощью которого изменяется площадь отверстия в диафрагме, занимает некоторое промежуточное положение, расход для данного перепада давлений определяется интерполяцией. Диаграмма позволяет определять секундные расходы, которые несложно пересчитать в часовые, если это необходимо.

Пояснения к определению перепада давлений по обе стороны диафрагмы с помощью микроманометра ММН.

Диафрагма (рис 2) имеет пластмассовые штуцеры для измерения давлений выше и ниже диафрагмы. С помощью резиновых шлангов микроманометр присоединяется к этим штуцерам. Давление в сечении воздуховода, расположенном выше диафрагмы, превышает давление ниже диафрагмы, поэтому верхний штуцер присоединяется к штуцеру микроманометра, маркированным знаком «+». Штуцер, расположенный ниже, присоединяется к штуцеру крана микроманометра, маркированного знаком «-». Диафрагмы для определения расхода по перепаду давлений по обе стороны диафрагмы составлены для давления, измеренного в Па. Микроманометр проградуирован в системе единиц МКГСС, поэтому давление, вычисленное по показаниям манометра, необходимо умножить на ускорение силы тяжести 9,81 м/с².

Принятые в настоящей лабораторной работе названия элементов, из которых состоит тройник:

- часть тройника до разделения потоков называется «ствол»;
- часть тройника после разделения потоков, в котором нет изменения направления движения воздуха, называется «проход»;
- часть тройника после разделения потоков, в котором происходит изменение направления воздушного потока, называется «ответвление».

Точки измерения статического давления.

Измерения статического давления на входе в приточный тройник, на выходе воздушного потока из тройника в магистраль и ответвление производится через небольшие отверстия в стенке воздуховода в непосредственной близости от соединений тройника с магистралью и ответвлением. Поэтому учитывать потери давления на участках магистрали и ответвления, примыкающих к тройнику, не требуется.

Последовательность выполнения лабораторной работы.

1. Предварительно записываются коэффициент угла наклона капилляра к горизонту и начальное показание микроманометра h_0 до подключения к сети воздухопроводов с тем, чтобы впоследствии ввести необходимую поправку в показания микроманометра. Обычно оно не равно 0.
2. Производятся замеры расходов воздуха в ответвлении и на выходе из тройника в магистраль.
3. Измеряются статические давления на входе воздушного потока в приточный тройник («ствол»), на выходе из ответвления («ответвление») и на входе в магистраль после тройника («проход»).
4. Расход воздуха на входе в тройник вычисляется как сумма расходов в ответвлении и на входе в магистраль после тройника.
5. Вычисляются скорости воздуха и динамические давления в стволе, ответвлении и проходе.
6. Полные давления воздуха на этих участках вычисляется как сумма статического и динамического давлений.
7. Коэффициент местного сопротивления на проход равно разности полных давлений «ствол»-«проход», делённое на динамическое давление воздуха в проходе.
8. Коэффициент местного сопротивления в ответвлении равно разности полных давлений «ствол»-«ответвление», делённое на динамическое давление в ответвлении.

Определение коэффициентов местного сопротивления тройника определяется для 4-х величин расхода

Таблица записи результатов измерений и расчётов полных давлений и КМС ответвления и на проход.

Определение полных давлений в стволе, ответвлении и проходе.

Статические давления ствола, ответвления и прохода измеряются непосредственно с помощью отверстий в стенке воздухопроводов.

Из экспериментов известно, что скоростные поля в воздухопроводах лабораторного стенда имеют неправильную форму. Поэтому динамические давления рассчитывают по величинам расхода и диаметра воздухопроводов. Полное давление вычисляется как сумма статического и динамического давлений соответственно в ответвлении, проходе и стволе.

Таблица записи результатов измерений и расчёта расходов в стояках.

$K = \dots h_0 = \dots$

№№ п/п	Измеряемая величина	Ед. измере- ния	№№ экспериментов			
			1	2	3	4
Измерение расхода «на проход», диаметр 200 мм						
1	Разность давлений по обе стороны диафрагмы	Деления шкалы				
2	Коэффициент К	Б/разм				
3	Разность давлений	Па.				
4	Степень открытия диафрагмы	деления				
5	Расход воздуха «на проход»	м ³ /ч				
Измерение расхода «на ответвление», диаметр 250 мм						
1	Разность давлений по обе стороны диафрагмы, h	Деления шкалы				
2	Коэффициент К	Б/разм				
3	Разность давлений, p	Па				
4	Степень открытия диафрагмы	деления				
5	Расход воздуха «на ответвление», $L_{отв}$	м ³ /ч				
Расход воздуха в стволе, диаметр 315 мм.						
1	Расход воздуха в «стволе», $L_{ств} = L_{проход} + L_{отв}$	м ³ /ч				

Определение полных давлений в ответвлении, проходе и стволе тройника.

Полное давление в стволе тройника.

$K = \dots h_0 = \dots$

Полное давление в стволе тройника, диаметр 315 мм.						
1	Показания микроманометра при измерении статического давления в стволе	Деления шкалы				
2	Коэффициент К	Б/разм				
3	Статическое давление в стволе тройника	Па				

	Расход воздуха в стволе,	м ³ /ч				
	Средняя скорость воздуха в стволе	м/с				
	Динамическое давление воздуха в стволе	Па				
1	Полное давление воздуха в стволе	Па				

Полное давление в ответвлении тройника.

Полное давление в ответвлении тройника.						
1	Показания микроманометра при измерении статического давления в ответвлении	Деления шкалы				
2	Коэффициент К	Б/разм				
3	Статическое давление в ответвлении тройника	Па				
	Расход воздуха в ответвлении	м ³ /ч				
	Средняя скорость воздуха в ответвлении	м/с				
	Динамическое давление в ответвлении	Па				
1	Полное давление воздуха в ответвлении	Па				

Коэффициенты местного сопротивления тройника на проход						
1	Полное давление в стволе	Па				
2	Полное давление в проходе	Па				
3	Потери давления на проход	Па				
	Динамическое давление в проходе	Па				
	КМС на проход	Б/разм				
По справочным данным						
	КМС на проход	Б/разм				

Коэффициенты местного сопротивления тройника на ответвление						
1	Полное давление в стволе	Па				
2	Полное давление в ответвлении	Па				
3	Потери давления на проход	Па				
	Динамическое давление в проходе	Па				
	КМС на проход	Б/разм				
По справочным данным						
	КМС на проход	Б/разм				

Сопоставить по таблицам 22.53 и 22.54 Справочника проектировщика 1992.