

Лабораторная работа

ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ РАБОТЫ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ УСТАНОВОК

13.1. Цель работы

Научиться измерять скорости и расходы воздуха в воздухопроводах. Научиться измерять и определять потери давления в воздухопроводах.

13.2. Общие сведения

В вентиляционной технике давление обозначают: P — абсолютное давление; $\pm H$ — избыточное давление, т. е. разность между абсолютным давлением P в измеряемой точке и атмосферным давлением P_a в помещении:

$$\pm H = P - P_a \quad (1)$$

при $P > P_a$ избыточное давление H положительно «+», при $P < P_a$ — отрицательно «-».

Внутри вентиляционных воздухопроводов при движении воздуха различают три вида давлений: статическое $P_{ст}$, динамическое P_d и общее P_o . Статическое давление действует по всем направлениям по закону Паскаля. Динамическое давление действует только в направлении скорости и равно:

$$P_d = \frac{\rho \cdot v^2}{2} \quad (2)$$

Общее давление всегда равно сумме статического и динамического:

$$P_o = P_{ст} + P_d \quad (3)$$

Избыточные давления в воздухопроводе на основании формулы (1) выражают следующим образом:

$$\pm H_{ст} = P_{ст} - P_a \quad (4)$$

$$H_d = P_d - P_{д.а} = P_d = \frac{\rho \cdot v^2}{2} > 0 \quad (5)$$

$$\pm H_o = P_o - P_a \quad (6)$$

Динамическое давление в атмосфере помещения принимают равным нулю $P_{д.а} = 0$. Зависимость между избыточными давлениями выражается следующей формулой:

$$\pm H_o = \pm H_{ст} + H_d \quad (7)$$

Необходимые приборы и инструменты: пневмометрическая трубка, микроанометр, анемометр, шланги, шнур, линейка, рулетка или метр

13.3. Описание лабораторной установки

Вентиляционная установка (см. рис. 1) с двумя всасывающими фильтрами аспирирует дисковый триер 1 через аспирационный носок 2 и конфузор 5, башмак и головку норрии 17 (НЦГ-10) и рабочее помещение лаборатории через входной коллектор 7. В установке предусмотрена возможность отключения отсоса воздуха из помещения задвижкой 8.

Воздух от пыли очищают во всасывающих фильтрах 10 и 16, которые работают параллельно. Двухсекционный фильтр ФВ-30 (1БФМ-30) очищает воздух дискового триера и башмака норрии.

Односекционный фильтр 16 лабораторного типа производительностью до 600 м³/ч работает на очистке воздуха головки нории.

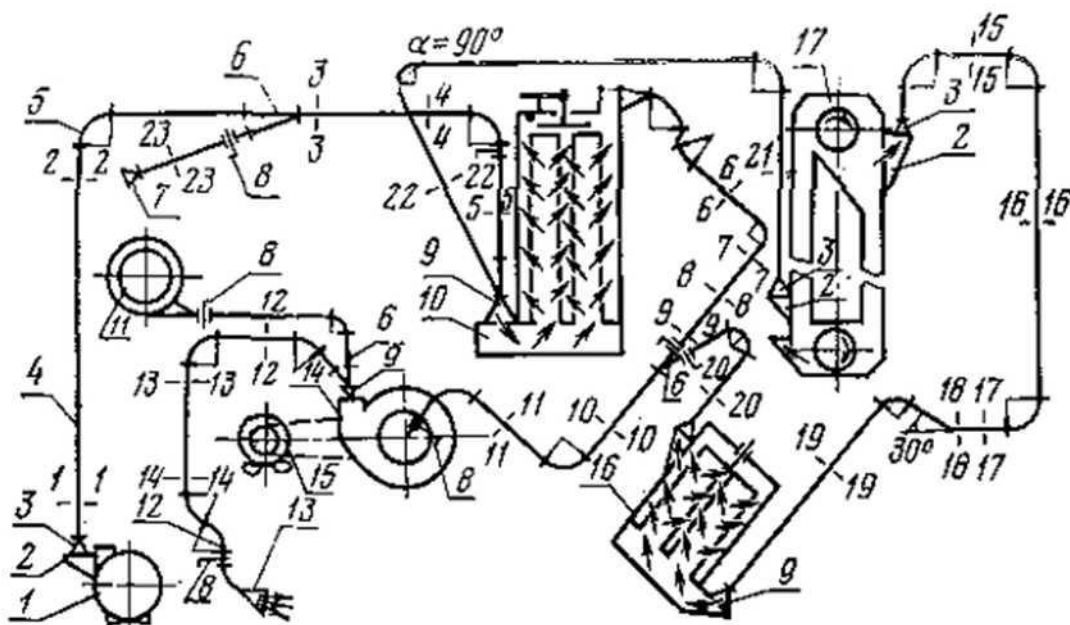


Рис. 1. Схема вентиляционной установки с фильтрами:

1 — дисковый триер; 2 — аспирационный носок; 3 — конфузор; 4 — прямик; 5 — отвод; 6 — тройник; 7 — входной коллектор; 8 — задвижка; 9 — диффузор; 10 — всасывающий фильтр производственный; 11 — опытный электропылеотделитель; 12 — «утка»; 13 — диффузор на выхлопе; 14 — вентилятор; 15 — электродвигатель; 16 — фильтр лабораторный; 17 — нория

На входе воздуха в фильтры установлены диффузоры 9. Параллельные потоки воздуха объединены тройниками 6.

Воздух в вентиляционной установке перемещает центробежный вентилятор ВЦП-3 (Ц6-46) №3. Вентилятор приводится во вращение от электродвигателя 15 ременной передачей. В установке применен электродвигатель постоянного тока типа ПН-10 напряжением 110 В, мощностью 1,6 кВт с максимальной частотой вращения $n = 2000$ об/мин. Электродвигатель питается от сети переменного тока напряжением 220 В через селеновый выпрямитель типа ВУ-100/24. Выпрямленное напряжение можно изменять от 26 до 110 В, что позволяет изменять частоту вращения электродвигателя и вентилятора от 750 до 1500 об/мин при диаметрах шкивов на электродвигателе 110 мм, на вентиляторе 140 мм.

Очищенный воздух после вентилятора удаляется из помещения по воздухопроводам. Для уменьшения потерь давления на выхлопе установлен диффузор 13.

В вентиляционной установке предусмотрена возможность работы по второму варианту с рециркуляцией. В этом случае очищенный воздух после вентилятора не удаляют наружу, а подают в рабочее помещение после дополнительной повторной очистки в опытном электропылеотделителе 11. При работе установки по схеме рециркуляции задвижку 8 в воздухопроводе перед сечением 12—12 закрывают, а задвижку, установленную перед опытным электропылеотделителем 11, открывают.

Для выполнения лабораторной работы на этой установке предусмотрена возможность измерения давлений в различных частях на прямых участках воздухопроводов. Для измерения статических давлений в стенках воздухопроводов установлены штуцера, а для измерения общих и динамических давлений предусмотрены специальные отверстия диаметром до 25 мм с заглушками. Места размещения этих отверстий обозначены на схеме (см. рис. 1) цифрами 1—12—2 и т. д. до 22—22.

Рабочие места для измерения давлений оборудованы лабораторными столами со щитами, на которых размещены контрольно-измерительные приборы.

На каждом рабочем месте имеется пневмометрическая трубка типа МИОТ с резиновыми шлангами и микроманометром типа ММН. На щитах лабораторных столов закреплены

простейшие U-образные микроманометры и чашечный микроманометр с неподвижной наклонной шкалой типа ТНЖ.

Вентиляционная установка, показанная на рисунке 1, может быть реконструирована. Лабораторный односекционный всасывающий фильтр 16 можно демонтировать и вместо него установить батарейный циклон 4БЦШ-225 со шлюзовым затвором.

Систему воздухопроводов переделывают таким образом, что запыленный воздух поступает на очистку вначале в батарейный циклон 4БЦШ-225, затем во всасывающий фильтр 1БФМ-30.

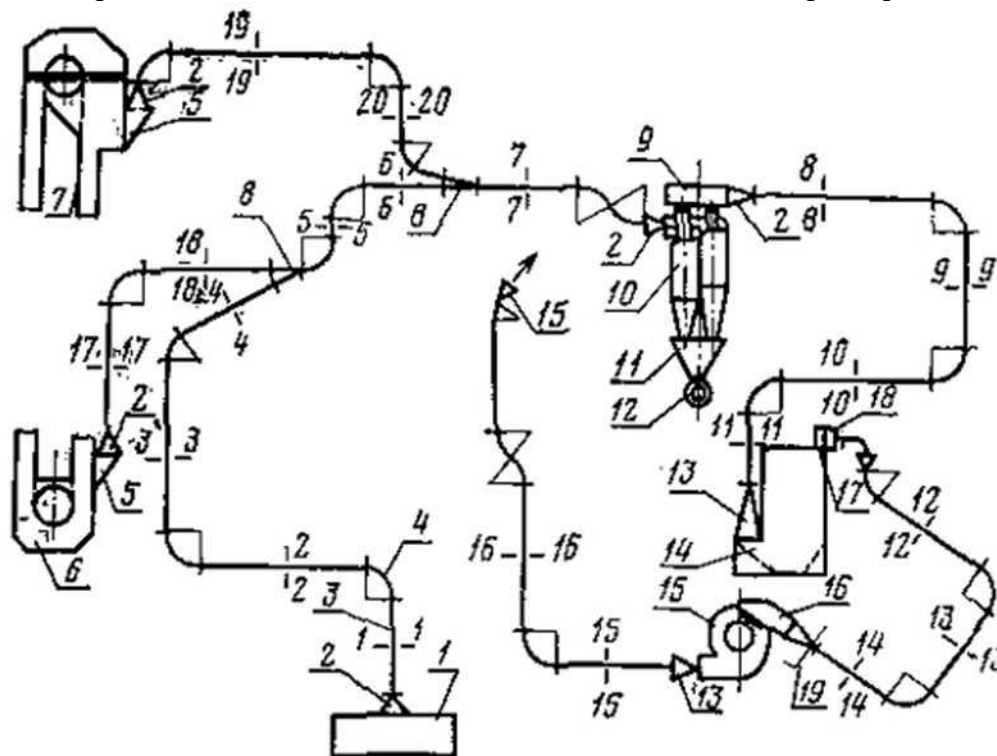


Рис. 2. Схема вентиляционной установки с двукратной очисткой воздуха в батарейном циклоне и всасывающем фильтре:

1 — дисковый триер; 2 — конфузор; 3 — прямик; 4 — отвод; 5 — аспирационный носок; 6 — башмак норрии; 7 — головка норрии; 8 — тройник; 9 — выходная коробка; 10 — батарейный циклон; 11 — бункер для пыли; 12 — шлюзовой затвор; 13 — диффузор; 14 — всасывающий фильтр; 15 — вентилятор; 16 — коробка ЦАГИ; 17 — выходная коробка; 18 — коллектор; 19 — задвижка

Из схемы установки (рис. 2), видно, что воздух отсасывается от дискового триера 1 через конфузор 2, от башмака норрии 6 и головки 7 через аспирационные носки 5 и конфузоры 2 воздухопроводами 3, объединяется тройниками 8, поступает в батарейный циклон 10, затем во всасывающий фильтр 14.

После всасывающего фильтра воздух поступает в сборный коллектор 18 и по воздухопроводам передается в центробежный вентилятор 15, на входном отверстии которого установлена коробка 16 (ЦАГИ).

На выходе из вентилятора установлен диффузор 13 с переходом квадрата на круг.

На прямых участках воздухопроводов в местах измерения давлений предусмотрены штуцера и отверстия с заглушками. Места измерения давлений на схеме (см. рис. 2) обозначены цифрами сечений от 1—1, 2—2 до 20—20.

13.4. Порядок выполнения работы.

13.4.1. Измерение скорости и расходов воздуха

Осматривают вентиляционную установку и находят заданные два сечения воздухопроводов по схеме, приведенной на рисунке 1 или 2. Составляют формы таблиц 1 и 2 или берут их готовыми.

Замеряют диаметры воздухопроводов в двух последовательных сечениях и наносят их величины на схему и в таблицы 1 и 2. Определяют площади поперечных сечений воздухопроводов по формуле или из приложения 4, или по номограмме (рис. 3). На третьей вертикали номограммы справа даны диаметры воздухопровода (в мм), а слева против каждого диаметра выставлены площади поперечного сечения (в м²).

По замеренным диаметрам воздухопроводов из приложения 2 находят расстояния шести точек замеров от стенки воздухопровода и записывают эти расстояния в таблицу. На пневмометрической трубке откладывают величину расстояния каждой точки, наносят риски или устанавливают резиновые кольца.

Таблица 1

Рабочая таблица результатов измерения давлений в воздухопроводах

Номер точки замера	Расстояние точки замера от стенки воздухопровода «С», мм	Избыточные давления								
		общее			статическое			динамическое		
		Длина шкалы <i>l</i> , мм	Коэффициент <i>K</i>	$\pm H_0$, Па	Длина шкалы <i>l</i> , мм	Коэффициент <i>K</i>	$\pm H_{СТ}$, Па	Длина шкалы <i>l</i> , мм	Коэффициент <i>K</i>	$\pm H_Д$, Па
Сечение 1-е Диаметр $D_1 =$ мм										
1										
2										
3										
4										
5										
6										
Сечение 2-е Диаметр $D_2 =$ мм										
1										
2										
3										
4										
5										
6										

Таблица 2

Сводная таблица замеров и расчетов скоростей и расходов воздуха

Сечение	Номер сечения по схеме	Диаметр воздухопровода <i>D</i> , мм	Площадь сечения воздухопровода <i>S</i> , м ²	Среднее динамическое давление $H_{Дср}$, Па	Средняя скорость $v_{ср}$, м/с	Расход воздуха <i>Q</i>		Расхождение расходов воздуха, %	Примечание
						м ³ /с	м ³ /ч		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1-е									
2-е									

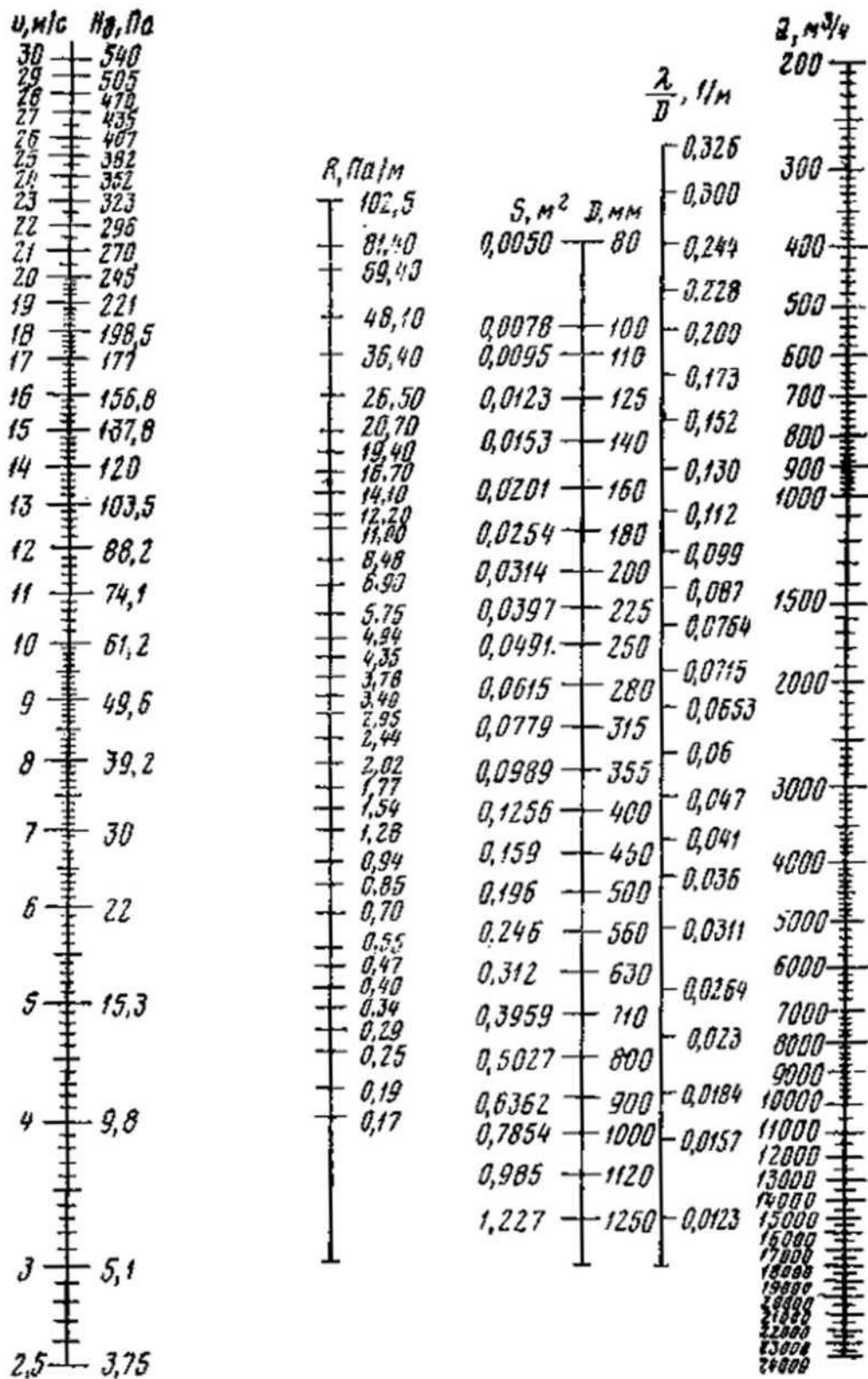


Рис. 3. Номограмма для расчета вентиляционных воздухопроводов

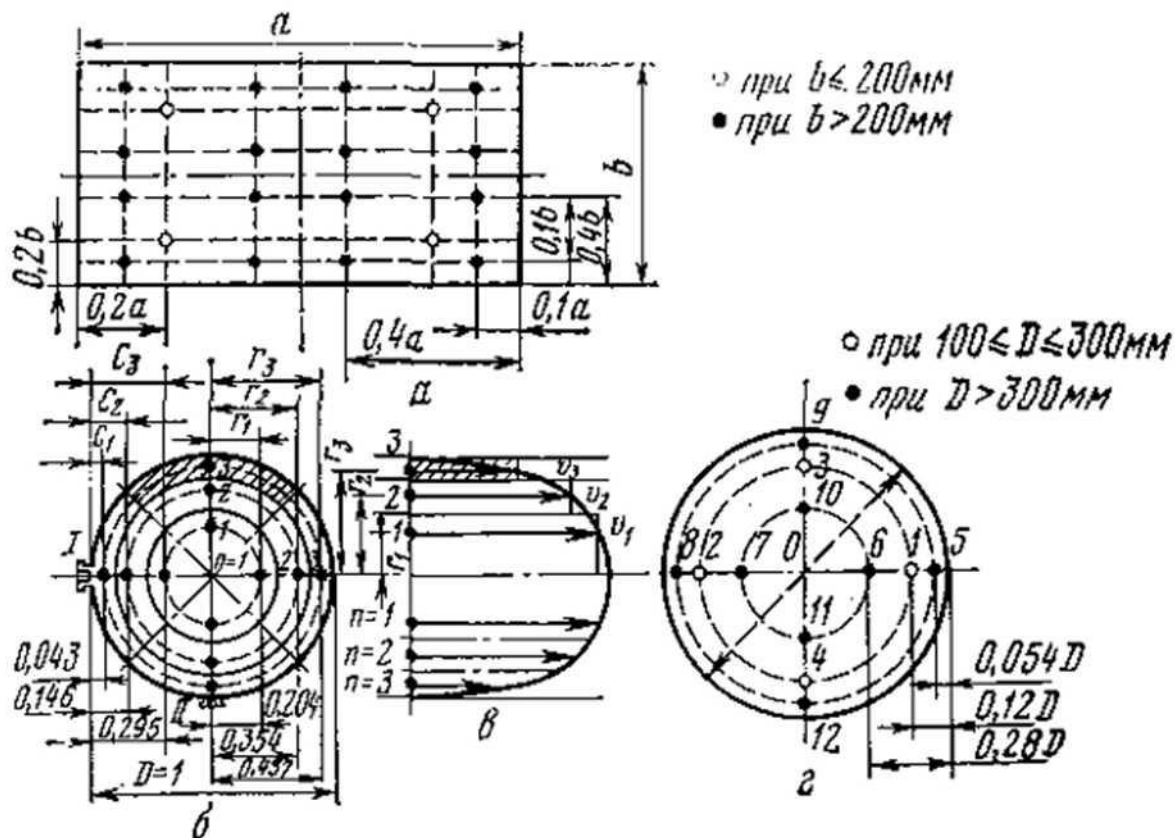


Рис. 4. Схемы размещения точек замеров в воздухопроводе:

а) прямоугольный воздухопровод по ГОСТ 12.3.018-79; б) круглый воздухопровод по общепринятой методике; в) поле скоростей; г) круглый воздухопровод по ГОСТ 12.3.018-79

Точки замера давлений принимают в центре колец равновеликой площади, на которые разбивают сечение воздухопровода. Количество колец принимают не менее трех при диаметрах до 200 мм.

Схемы размещения точек измерения динамических давлений и скоростей внутри воздухопровода приведены на рисунке 4.

Расстояния точек замера от центра круглого воздухопровода находят по следующей формуле:

$$r_n = R \sqrt{\frac{2 \cdot n - 1}{2 \cdot m}}, \text{ мм} \quad (8)$$

где R — радиус воздухопровода, мм;

n — номер точки замера от центра воздухопровода;

m — число колец, на которые разбивают воздухопровод (по ГОСТ 17.2.4.01-80 при $D < 200$ мм принимают три кольца; при $D = 200 \dots 400$ мм — четыре кольца; при $D = 400 \dots 600$ мм — пять колец; при $D = 600 \dots 800$ мм — шесть колец).

Расстояния «С» точек замера от стенки воздухопровода (см. рис. 4), пересчитанные с учетом формулы (8), даны в приложении 2.

По ГОСТ 12.3.018-79 «Системы вентиляционные. Методы аэродинамических испытаний» число точек измерения принимают меньше. В круглых воздухопроводах при диаметре до 300 мм принимают четыре точки: по две точки по двум взаимно перпендикулярным направлениям (см. рис. 4, г). Расстояние этих точек от стенки воздухопровода принимают равным $C_1 = 0,12D$. При диаметре воздухопровода больше 300 мм принимают восемь точек: по четыре точки по каждому направлению. Размещение точек замера по этому стандарту в прямоугольных воздухопроводах показано на рисунке 4, а.

Замеряют общие и динамические давления в каждой точке, руководствуясь рисунком 5. Или замеряют общее и статическое давления, а динамическое находят по разности из формулы (7). Результаты измерений записывают в таблицу 1.

На рисунке 5, а показано измерение общего, статического и динамического давлений во всасывающем воздухопроводе до вентилятора чашечным микроманометром с наклонной шкалой. На рисунке 5,б показано измерение давлений в нагнетательном воздухопроводе после вентилятора.

Для измерения общего давления во всасывающем воздухопроводе пневмометрическую трубку полного давления подсоединяют к штуцеру наклонной трубки микроманометра. При этом штуцер чашки открыт и соединен с атмосферой (см. рис. 5, а).

При измерении общего давления в нагнетательном воздухопроводе пневмометрическую трубку общего давления подсоединяют к штуцеру чашки микроманометра. При этом штуцер трубки соединен с атмосферой (см. рис. 5, б).

Схема измерения статического давления во всасывающем воздухопроводе показана на рисунке 5, а, а в нагнетательном воздухопроводе — на рисунке 5,б. Пневмометрическую трубку статического давления подсоединяют во всасывающем воздухопроводе к штуцеру трубки микроманометра, а штуцер чашки соединяют с атмосферой. В нагнетательном воздухопроводе пневмометрическую трубку статического давления подсоединяют к штуцеру чашки микроманометра, а штуцер наклонной трубки соединяют с атмосферой.

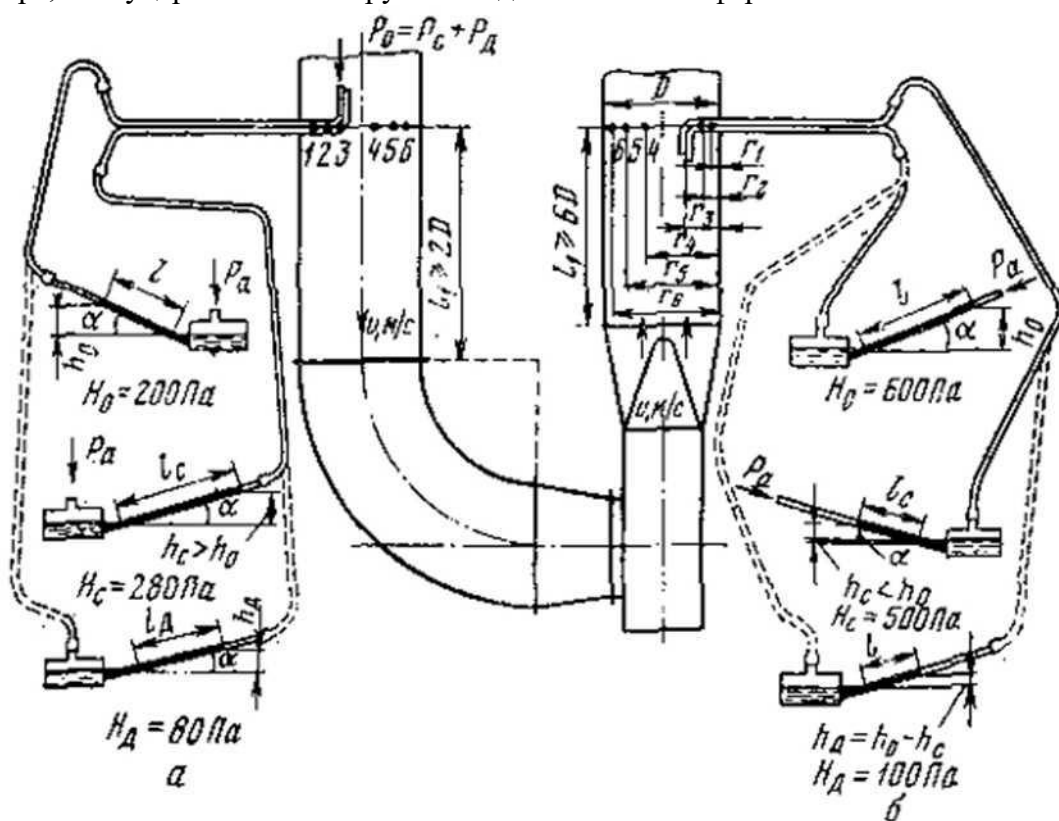


Рис. 5. Схема измерения давлений:
а) во всасывающем воздухопроводе; б) в нагнетающем воздухопроводе.

Динамическое давление во всасывающем и нагнетательном воздухопроводах измеряют одинаково: полное давление от пневмометрической трубки подсоединяют к штуцеру чашки микроманометра, а статическое давление — к штуцеру наклонной трубки микроманометра (см. рис. 5).

Точки измерения давлений в воздухопроводах принимают по приложению 2 и по рисунку 4.

Среднюю скорость определяют по среднему динамическому давлению:

$$v_{Д.ср} = \sqrt{\frac{2 \cdot H_{Д.ср}}{\rho}} = 1,29 \sqrt{H_{Д.ср}} \quad (9)$$

где $H_{Д.ср}$ — среднее динамическое давление, Па.

Величину среднего динамического давления находят по формуле:

$$H_{д.ср} = \left(\frac{\sqrt{H_{д1}} + \sqrt{H_{д2}} + \dots + \sqrt{H_{дn}}}{n} \right)^2 \quad (10)$$

где $H_{д1}, H_{д2}, \dots, H_{дn}$ — динамические давления, замеренные в заданных точках поперечного сечения воздухопровода, Па;

n — число точек замера (принимают при диаметре воздухопровода $D < 200$ мм — 6 точек; при $D = 200 \dots 400$ мм — 8 точек; при $D = 400 \dots 600$ мм — 10 точек, при $D = 600 \dots 800$ мм — 12 точек).

Для более точных замеров точки должны быть расположены по двум взаимно перпендикулярным плоскостям (см. рис. 4).

Среднюю скорость можно также определить по формуле:

$$v_{ср} = \frac{v_1 + v_2 + \dots + v_n}{n}, \text{ м/с} \quad (11)$$

где v_1, v_2, \dots, v_n — скорости воздуха в измеряемых точках (определяют по формуле (12), или по номограмме (см. рис. 3), или по приложениям 3, 4);

n — число точек замера.

$$v = 1,29 \sqrt{H_{д}} \quad (12) \quad 26$$

где $H_{д}$ — динамическое давление в Па.

Расход воздуха рассчитывают по формуле:

$$Q = S \cdot v_{ср}, \text{ м}^3/\text{с} \quad (13)$$

где S — площадь поперечного сечения воздухопровода, м^2 ;

$v_{ср}$ — средняя скорость, м/с — находят по формуле (9) или (11).

В дальнейшем в расчетах обозначают средние скорости без индекса — вместо $v_{ср}$ обозначают v .

Расход воздуха можно определить по номограмме, приведенной на рисунке 3, соединяя линейкой среднюю скорость с диаметром.

Если измерения проводились при параметрах воздуха, отличающихся от нормальных, следует пересчитать скорость и расход на нормальное состояние по формулам (14) и (15).

Перерасчет расхода воздуха и средней скорости, измеренных при рабочих условиях, на нормальные условия расхода и средней скорости проводят по формулам:

$$Q_H = Q \cdot \frac{273}{T} \cdot \frac{P}{P_H} = Q \cdot m \quad (14)$$

$$v_H = v \cdot \frac{273}{T} \cdot \frac{P}{P_H} = v \cdot m \quad (15)$$

Расхождение в расходах воздуха в двух последовательных сечениях рассчитывают по формуле (16) и записывают в графу 9 таблицы 2.

Процент расхождения между двумя любыми значениями чисел А и Б при $A > Б$ рассчитывают по формуле:

$$x = \left(\frac{A}{B} - 1 \right) \cdot 100\% \quad (16)$$

13.4.2. Измерение потерь давления в воздухопроводах

Замеряют длину l и диаметр D прямых участков воздухопровода между двумя измеряемыми сечениями. Замеряют параметры фасонных частей, расположенных между измеряемыми сечениями. Например, у отводов замеряют радиус и угол. Результаты этих замеров наносят на схему вентиляционной установки. Составляют формы таблиц 1 и 3.

Таблица 3

Сводная таблица результатов замеров и расчетов потерь давления в воздухопроводах

Сечение	Номер сечения по схеме	Диаметр воздухопровода D , мм	Среднее динамическое давление $H_{д.р.}$, Па	Средняя скорость $v_{ср}$, м/с	Длина прямых воздухопроводов l , м	Общие потери давления между сечениями $H_{п}$, Па	Потери на местные сопротивления $H_{м.с}$, Па	Потери в прямых воздухопроводах $H_{п.р.}$, Па	Величина R , Па/м			Величина λ/D			
									по замерам	по номограмме	расхождение, %	по замерам	по номограмме	расхождение, %	
1-е															
2-е															

Подготавливают микроанометр и пневмометрическую трубку для измерения общих и динамических давлений не менее чем в шести точках в двух последовательных сечениях по методике, представленной в пункте 13.4.1. Для экономии времени на выполнение лабораторной работы можно использовать результаты измерения давлений таблицы 1, выполненные в пункте 13.4.1. Для этого находят общие избыточные давления для заданных двух сечений как средние арифметические из шести измерений.

Записывают уравнение Д. Бернулли в общих избыточных давлениях для двух заданных сечений:

$$\pm H_{O(1)} = \pm H_{O(2)} + H_{п(1-2)} \quad (17)$$

где $H_{O(1)}$ и $H_{O(2)}$ — общие избыточные давления в первом и втором сечениях воздухопровода. Па;

$H_{п(1-2)}$ — потери давлений между измеряемыми сечениями, Па.

Из уравнения Д. Бернулли — формула (17) находят потери давления между измеряемыми сечениями:

$$H_{п(1-2)} = \pm H_{O(1)} - (\pm H_{O(2)}) \quad (18)$$

Величину общих избыточных давлений находят как среднее арифметическое значение по замерам из таблицы 1.

Если измеряемые сечения 1—1 и 2—2 находятся во всасывающем воздухопроводе, то общие избыточные давления $H_{O(1)}$ и $H_{O(2)}$ будут отрицательны и с учетом знаков выражение (18) принимает вид:

$$H_{п(1-2)} = -H_{O(1)} + H_{O(2)} > 0 \quad (19)$$

Общие потери давления, найденные по формуле (18), складываются из потерь давления на прямых воздухопроводах $H_{п.р.}$ и на местные сопротивления $H_{м.с.}$:

$$H_{п} = H_{п.р.} + H_{м.с.}, \text{ Па} \quad (20)$$

где $H_{м.с.}$ — потери давления на местные сопротивления подсчитываются по формуле:

$$H_{м.с.} = \sum \xi \cdot H_{д.р.}, \text{ Па} \quad (21)$$

где $\Sigma \xi$ — сумма коэффициентов местных сопротивлений между измеряемыми сечениями (находят по таблицам 4, 5 и 6);

$H_{д.ср}$ — среднее динамическое давление между сечениями 1—1 и 2—2 находят как среднее арифметическое между $H_{д.ср1}$ и $H_{д.ср2}$.

$H_{пр}$ — потери давления прямых воздухопроводов находят по следующим формулам:

$$H_{пр} = R \cdot l = \frac{\lambda}{D} l \cdot H_{д.ср}, \text{ Па} \quad (22)$$

$$H_{п} = R \cdot l + \Sigma \xi \cdot H_{д.ср} \quad (23)$$

R — потери давления на 1 м длины воздухопровода;

$$R = \frac{\lambda}{D} \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2} \quad (24)$$

λ — коэффициент сопротивления круглых прямых воздухопроводов;

l — общая длина прямых воздухопроводов (равна длине прямых участков и выпрямленной длине отвода l_0):

$$l_0 = \frac{\pi \cdot R_0 \cdot \alpha}{180} \quad (25)$$

где R_0 — радиус отвода, м;

α — угол отвода, град.

Таблица 4

Величина коэффициента местных сопротивлений конфузоров и аспирируемых машин

α h_K/D	0°	10°	30°	45°	60°	90°	120°	150°	180°
0,10	0,50	0,40	0,25	0,20	0,18	0,24	0,32	0,41	0,50
0,25	0,50	0,34	0,17	0,13	0,14	0,21	0,30	0,39	0,50
0,60	0,50	0,28	0,13	0,10	0,12	0,20	0,29	0,38	0,50
1,00	0,50	0,27	0,11	0,09	0,11	0,19	0,28	0,38	0,50

α — угол сужения конфузора
 h_K — длина конфузора

Таблица 5

Коэффициенты сопротивлений круглых гладких отводов

α , град	$R_0=D$	$R_0=1,5D$	$R_0=2D$	$R_0=2,5D$	$R_0=3D$	$R_0=6D$	$R_0=10D$
7,5	0,028	0,021	0,018	0,016	0,014	0,010	0,008
15	0,058	0,044	0,037	0,033	0,029	0,021	0,016
30	0,11	0,081	0,069	0,061	0,054	0,038	0,030
60	0,18	0,14	0,12	0,10	0,091	0,064	0,051
90	0,23	0,18	0,15	0,13	0,12	0,083	0,066
120	0,27	0,20	0,17	0,16	0,13	0,10	0,076
150	0,30	0,22	0,19	0,17	0,15	0,11	0,084
180	0,33	0,25	0,21	0,18	0,16	0,12	0,092

R_0 — средний радиус закругления отвода

Таблица 6

Коэффициенты сопротивлений диффузоров на выровненном потоке

n	Сечение	α , град							
		5	10	15	20	25	30	40	50
1,5	Кр.	0,05	0,04	0,05	0,06	0,08	0,10	0,14	0,17
	Кв.	0,06	0,06	0,08	0,11	0,15	0,19	0,27	0,32
2,0	Кр.	0,08	0,08	0,11	0,15	0,20	0,24	0,35	0,42
	Кв.	0,10	0,13	0,20	0,27	0,37	0,57	0,67	0,81
2,5	Кр.	0,09	0,11	0,15	0,21	0,28	0,35	0,50	0,60
	Кв.	0,13	0,18	0,28	0,39	0,53	0,67	0,97	1,15
3,0	Кр.	0,10	0,13	0,18	0,25	0,34	0,43	0,61	0,73
	Кв.	0,15	0,22	0,34	0,47	0,65	0,81	1,18	1,41
4,0	Кр.	0,12	0,16	0,23	0,31	0,43	0,53	0,77	0,91
	Кв.	0,17	0,27	0,42	0,59	0,81	1,02	1,48	1,76

Кр. — круглое; Кв. — квадратное

Средние динамические давления в сечениях 1—1 и 2—2 находят по формуле (10).

Величину потерь давления в прямых участках воздухопровода по замерам находят вычитанием из общих потерь давления потери на местные сопротивления, т. е.:

$$H_{\text{пр}} = H_{\text{п(1-2)}} - H_{\text{м.с}} \quad (26)$$

Зная величину потерь давления в прямых воздухом проходах и длину участка, находят потери давления на 1 м длины воздухопровода, т. е. величину R по замерам:

$$R = \frac{H_{\text{пр}}}{l} \quad (27)$$

Зная R и среднее динамическое давление $H_{\text{д.ср}}$ находят величину λ/D по замерам:

$$\frac{\lambda}{D} = \frac{R}{H_{\text{д.ср}}} \quad (28)$$

Замеренные величины R и λ заносят в таблицу 3. В эту же таблицу записывают теоретические (табличные) значения R и λ , которые находят из номограммы (см. рис. 3), соединяя линейкой среднюю скорость с диаметром воздухопровода. Величину R можно также найти из приложения 4 по скорости и диаметру.

13.5. Анализ результатов измерений и выводы

13.5.1. Анализ результатов замеров при измерении скорости и расходов воздуха

Записывают уравнение неразрывности воздушного потока, выражающее закон сохранения массы, для заданных двух сечений:

$$\rho_1 \cdot S_1 \cdot v_1 = \rho_2 \cdot S_2 \cdot v_2 = m = \text{const} \quad (29)$$

где ρ_1 и ρ_2 — плотности воздуха в измеряемых сечениях, кг/м³, зависят от давлений и температуры воздуха по формуле (30);

v_1 и v_2 — средние скорости воздуха в измеряемых сечениях, м/с;

S_1 и S_2 — площади поперечных сечений воздухопроводов, м²;

m — масса воздуха, кг/с.

Плотность воздуха зависит от давления, температуры и относительной влажности:

$$\rho = \frac{P}{R \cdot T} \quad (30)$$

где P — давление, Па;

T — температура, К;

R — газовая постоянная воздуха, для сухого воздуха $R = 287$ Дж/(кг·К) = 29,97 кГм/(кг·град).

На основании закона сохранения масс формулы (29) в идеальных условиях расходы в двух последовательных сечениях воздухопровода должны быть одинаковы.

Если по замерам получился расход воздуха во втором сечении больше, чем в первом при всасывающем воздухопроводе, то это можно объяснить двумя причинами: подсосами воздуха через неплотности во фланцевых соединениях и отверстиях для замеров, а также уменьшением плотности воздуха во втором сечении ρ_2 в результате уменьшения давления P_2 по сравнению с P_1 и соответствии с графиком (см. рис. 6) и формулой (30).

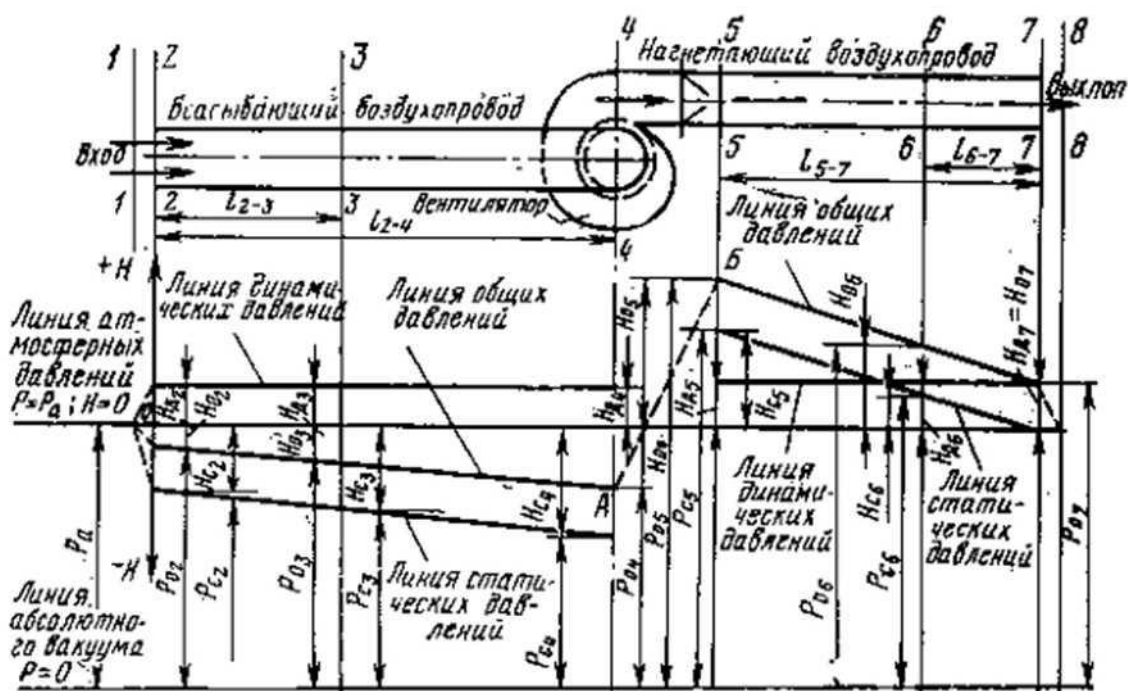


Рис. 6. График распределения давлений в вентиляционных воздухопроводах

Уменьшение плотности ρ_2 вызывает увеличение скорости v_2 в соответствии с уравнением (29) при $S_1 = S_2$. Это дает повышение расхода воздуха во втором сечении по формуле (13).

13.5.2. Анализ результатов замеров при измерении давлений

Анализируя полученные результаты замеров и расчетов, необходимо ответить на следующие вопросы:

- 1) Как определяют потери давления между двумя последовательными сечениями с применением уравнения Д. Бернулли?
- 2) По каким формулам рассчитывают потери давления на участке вентиляционной сети, имеющем прямые воздухопроводы и местные сопротивления?
- 3) Что такое R и λ и от чего они зависят?
- 4) Каковы отклонения (в %) замеренных величин R и λ от табличных значений? При отклонениях более 5% необходимо выяснить причины повышенных расхождений.

При ответе на первый вопрос нужно написать уравнение Д. Бернулли для измеряемых сечений. При ответе на второй вопрос — написать и объяснить расчетную формулу потерь

давления на участке вентиляционной сети — формула (23). При ответе на четвертый вопрос, в случае, когда замеренные величины R и λ/D окажутся больше табличных значений, следует осмотреть состояние воздухопроводов между измеряемыми сечениями. Проверить, нет ли вмятин на поверхности воздухопроводов. Также возможны выступы прокладок во фланцевых соединениях внутри воздухопровода.

Если в лаборатории имеются воздухопроводы различного диаметра, например 100 и 200 мм одинаковой длины, то замеряют потери давления на двух участках воздухопроводов одинаковой длины при одинаковой скорости воздуха разного диаметра — 100 и 200 мм. Сравнивают порученные потери давления с теорией по формуле (22).

13.6. Контрольные вопросы

- 1) Какими способами и приборам можно определить скорость воздуха?
- 2) В каких случаях применяют анемометры для измерения скорости воздуха?
- 3) Каким способом определяют среднюю скорость воздуха внутри воздухопровода?
- 4) Каковы законы распределения скоростей воздуха по поперечному сечению воздухопровода при ламинарном и турбулентном режимах потока?
- 6) По какой формуле находят среднее динамическое давление в воздухопроводе?
- 7) Какой закон выражает уравнение Д. Бернулли, как его написать в общих избыточных давлениях?
- 8) Как определить по замерам потери давления между двумя последовательными сечениями воздухопровода?
- 9) Как называют величину λ в формуле потерь давления, по каким формулам ее рассчитывают?
- 10) По какой формуле рассчитывают потери давления на местные сопротивления?