

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

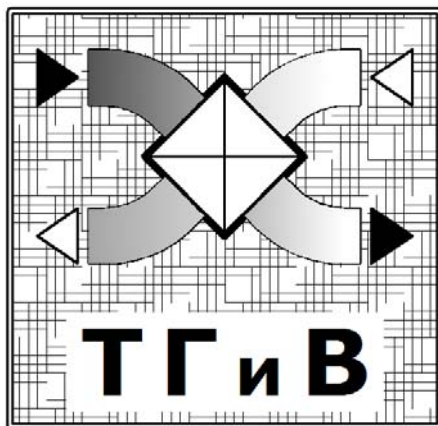
Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Оренбургский государственный университет»  
Кафедра теплогазоснабжения, вентиляции и гидромеханики

Р.Ш. МАНСУРОВ

**ВЕНТИЛЯЦИЯ.  
АЭРОДИНАМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ  
ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ СИСТЕМ  
С МЕХАНИЧЕСКИМ ПОБУЖДЕНИЕМ**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

Рекомендовано к изданию  
Редакционно – издательским советом  
государственного образовательного учреждения  
высшего профессионального образования  
«Оренбургский государственный университет»



Оренбург 2008

УДК 697.92 (076.5)

ББК 38.762.2я73

М-23

Рецензент

начальник санитарно-технической мастерской ОАО

«Оренбурггражданпроект» Н.В. Никулина

**Мансуров, Р. Ш.**

**М23**

**Вентиляция. Аэродинамический расчет вентиляционных систем с механическим побуждением [Текст]: методические указания/ Р. Ш. Мансуров. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2008. -34 с.**

Методические указания предназначены для выполнения курсовых проектов «Вентиляция гражданского здания» и «Отопление и вентиляция промышленного здания» по курсу «Вентиляция».

Методические указания предназначены для студентов направления 270000-Строительство, специальности 270109 «Теплогазоснабжение и вентиляция», обучающихся на очном, очно - заочном и заочном факультетах по программам высшего профессионального образования.

ББК 38.762.2я73

© Мансуров Р.Ш., 2008

© ГОУ ОГУ, 2008

## Содержание

<b>Введение</b> .....	4
<b>1 Конструкции воздуховодов</b> .....	5
<b>1.1 Назначение</b> .....	5
<b>1.2 Конструктивные особенности</b> .....	5
<b>2 Аэродинамический расчет вентиляционных систем. Краткие методические указания</b> .....	12
<b>2.1 Основные положения расчета</b> .....	12
<b>2.2 Последовательность аэродинамического расчета вентиляционных систем с механическим побуждением</b> .....	15
<b>2.2.1 Последовательность расчета методом удельных сопротивлений</b> .....	15
<b>2.2.2 Последовательность расчета методом характеристик сопротивлений</b> ..	28
<b>2.3 Подбор вентиляционных устройств и вентилятора</b> .....	32
<b>3 Литература, рекомендуемая для изучения курса</b> .....	34

## Введение

Методические указания содержат рекомендуемую литературу, рекомендации при проектировании вентиляционных сетей гражданских и производственных зданий и сооружений, а также краткий теоретический материал.

Методические указания предназначены для выполнения аэродинамического расчета приточных и вытяжных вентиляционных сетей с механическим побуждением в курсовых проектах «Вентиляция гражданского здания» в 8 семестре и «Отопление и вентиляция промышленного здания» в 9 семестре по курсу СД «Вентиляция».

При проектировании зданий, а также в процессе проведения ремонтно-строительных и реконструкционных работ должны учитываться современные нормативные требования к качеству микроклимата помещений в производственных и гражданских зданиях.

Микроклимат помещения зависит от качества и количества подаваемого и удаляемого воздуха в помещении. В целях обеспечения необходимого количества приточного и вытяжного воздуха выполняется аэродинамический расчет приточных и вытяжных систем.

Результатом аэродинамического расчета являются: определение диаметров воздуховодов; подбор вентилятора в соответствии с аэродинамической характеристикой сети; расстановка дросселирующих устройств для проведения пусконаладочных работ.

Поскольку результаты аэродинамического расчета используются для выполнения курсовых проектов «Вентиляция гражданского здания» и «Отопление и вентиляция промышленного здания», то данные методические указания рекомендуется использовать при проведении курсового проектирования по выше названным темам, а также при дипломном проектировании.

# 1 Конструкции воздуховодов

## 1.1 Назначение

В приточных вентиляционных системах воздуховоды служат для распределения чистого воздуха, подаваемого в помещения, по местам воздухоподачи, т.е. к воздухораспределительным насадкам и устройствам. В вытяжных системах воздуховоды служат для сбора загрязненного воздуха в местах воздухоудаления, т.е. от вытяжных решеток, местных отсосов и сбора его к вытяжному вентилятору с последующим выбросом через очистные устройства или без них в атмосферу. Практически почти каждая вентиляционная система имеет сеть воздуховодов.

В производственных зданиях воздуховоды изготавливают в основном из металла, в административных и общественных - либо из металла, либо из строительных конструкций, в жилых зданиях стараются применять только неметаллические воздуховоды.

Наиболее часто изготавливают металлические воздуховоды из кровельной и тонколистовой стали, круглого или прямоугольного сечения. Круглые воздуховоды имеют ряд преимуществ перед прямоугольными - они более прочные при одинаковой с прямоугольными толщине металла, менее трудоемки в изготовлении и, при равном расходе воздуха с прямоугольными, имеют на 18-20% меньший расход металла. Применяются круглые воздуховоды, прежде всего, в производственных зданиях и в зданиях общественного назначения, а там, где это невозможно по архитектурным, эстетическим и технологическим соображениям применяют прямоугольные.

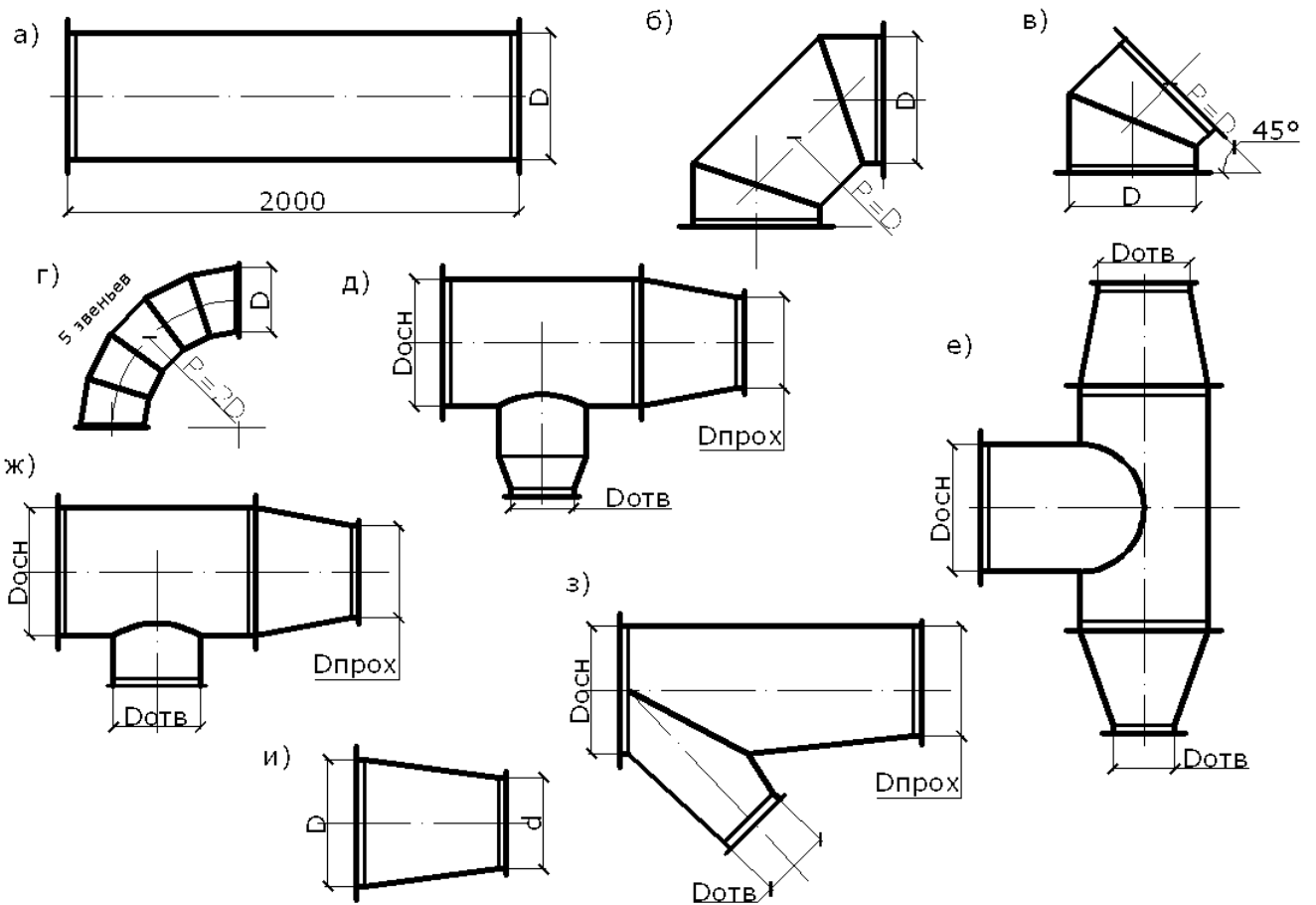
Преимущество прямоугольных воздуховодов состоит в том, что они лучше вписываются в интерьер помещений гражданских зданий и технологические проемы производственных зданий, в ряде случаев их можно применить при прокладке через зоны с ограниченной высотой в низких помещениях, в пространстве над подшивными потолками и т.п.

## 1.2 Конструктивные особенности

Многообразные конструкции воздуховодов вентиляционных систем выполняют из ограниченного ряда деталей (рис.1). Сечения, конфигурация и размеры деталей определяются СНиП «Отопление, вентиляция и кондиционирование» (далее по тексту «ОВК»), «Инструкцией по применению и расчету воздуховодов из унифицированных деталей ВСН-353-75».

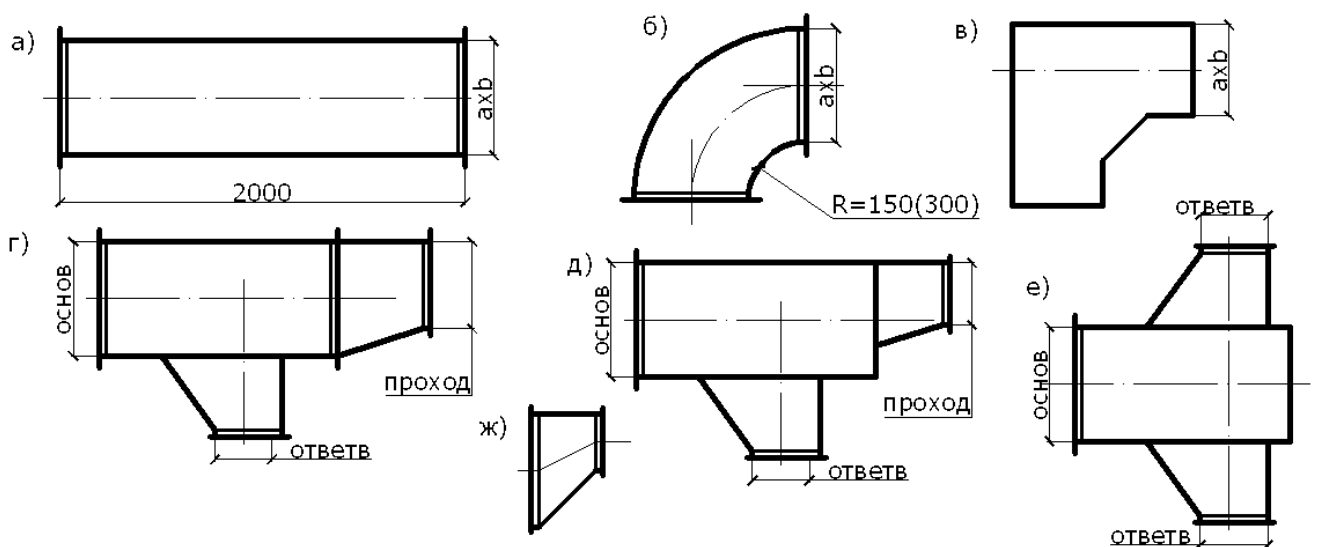
При аэродинамическом расчете сети воздуховодов следует применять «Руководство по расчету воздуховодов из унифицированных деталей» АЗ-804, разработанное ГШ Сантехпроект в 1979 г.

СНиП «ОВК» предусматривает следующие размеры диаметров круглых воздуховодов: 100, 125, 140, 160, 180, 200, 225, 250, 280, 315, 350, 400, 450, 500, 560, 630, 710, 800, 900, 1000, 1120, 1250, 1400, 1600, 1800 и 2000 мм; для систем аспирации и пневмотранспорта используется дополнительно диаметр 110 мм.



*а* - прямой участок воздуховода; *б, в* - отвод и полуотвод для общеобменных систем вентиляции; *г* - отвод для систем аспирации и пневмотранспорта; *д, е* - унифицированные тройники для общеобменных систем вентиляции; *ж* - прямая врезка ответвления; *з* - тройная для систем аспирации и пневмотранспорта; *и* - унифицированный переход

Рисунок 1 - Элементы круглых воздуховодов



*а* - прямой участок воздуховода; *б* - отвод; *в* - панельный отвод; *г, д* - унифицированные тройники; *е* - крестовина; *ж* - унифицированный переход

Рисунок 2 - Элементы прямоугольных воздуховодов

Толщину стали для воздуховодов, по которым перемещается воздух с температурой не более 80 °С, следует принимать:

диаметром от 100 до 200мм включительно	0,5 мм
от 225 до 450 мм.....	0,6 мм
от 500 до 800 мм.....	0,7 мм
от 900 до 1600 мм.....	1,0 мм
от 1800 до 2000 мм.....	1,4 мм

При перемещении воздуха с температурой свыше 80 °С или воздуха, содержащего механические примеси либо агрессивные вещества, допускается применение тонколистовой стали толщиной 1,4 мм и выше.

Отводы круглых воздуховодов с центральным углом 90° изготавливаются из одного звена и двух стаканов (рисунок 1, б), а с центральным углом 45° - только из двух стаканов (рисунок 1, в). Средний радиус отвода принимается равным его диаметру.

Коэффициент местного сопротивления (далее по тексту - КМС) отвода с центральным углом 90° составляет величину 0,35, а с углом 45° - величину 0,23.

Для систем аспирации и пневмотранспорта отводы изготавливают из пяти звеньев и двух стаканов (рисунок 1, г) со средним радиусом, равным двум диаметрам воздуховода. Для отводов диаметром 315 мм и менее допускается сборка из трех звеньев и двух стаканов.

КМС отводов для систем аспирации и пневмотранспорта равны 0,25 и 0,18 при центральных углах 90° и 45°, соответственно.

Унифицированные узлы ответвлений круглых воздуховодов (рисунок 1, д, е) образованы из участков, врезок и унифицированных переходов. Довольно часто в практике проектирования и монтажа воздуховодов систем общеобменной вентиляции применяют прямые врезки без перехода на ответвление (рисунок 1, ж). Они имеют худшие аэродинамические характеристики, чем унифицированные узлы, и могут применяться только при диаметре основания до 500 мм.

В таблицах 1, 2, 3 и 4 приведены КМС различных узлов ответвлений, полученные в лаборатории МГСУ.

Унифицированные переходы (рисунок 1, и) имеют ту особенность, что их длина стандартизирована и при различных сочетаниях диаметров составляет величину 270, 400, 600 или 800 мм.

Размеры сечений прямоугольных воздуховодов регламентируются СНиП «ОВК» и должны приниматься в соответствии с таблицей 5. В этой же таблице приводится толщина стального листа для различных сечений воздуховодов.

Отводы прямоугольных воздуховодов (рисунок 2, б) имеют постоянный радиус шейки, равный 150 мм при ширине отвода до 800 мм включительно и равный 300 мм для отводов шириной от 1000 до 2000 мм. При большей ширине отводы собирают из панелей (рисунок 2, в).

Коэффициенты местных сопротивлений прямоугольных отводов приведены в таблице 6.

Прямоугольные узлы ответвлений (рисунок 2, г, д, е) собирают из труб и унифицированных переходов, иногда к ним добавляется заглушка. КМС узлов приведены в табл. 7 и 8.

Таблица 1 - Коэффициенты местных сопротивлений унифицированных узлов ответвлений круглого сечения при слиянии потоков (режим всасывания)

$\frac{F_{прох}}{F_{осн.}}$	$\frac{L_{отв}}{L_{осн.}}$	Числитель $\xi_{прох}$ , знаменатель $\xi_{отв}$ при $F_{отв}/F_{осн}$				
		0,1	0,16	0,25	0,4	0,63
1,0	0,05	0,1/-0,2	0,2/-5,5	-	-	-
	0,10	0,2/0,0	0,2/-0,7	-	-	-
	0,15	0,4/0,3	0,4/0,0	-	-	-
	0,20	0,6/0,4	0,6/0,2	-	-	-
0,8	0,10	-	-	0,2/-2,9	0,2/-5,0	-
	0,20	-	-	0,3/0,0	0,3/-0,6	-
	0,30	-	-	0,5/0,3	0,5/0,2	-
	0,40	-	-	1,0/0,4	0,8/0,4	-
0,63	0,20	-	-	-	0,2/-0,9	0,2/-3,7
	0,30	-	-	-	0,3/0,2	0,3/-0,5
	0,40	-	-	-	0,5/0,5	0,4/0,4
	0,60	-	-	-	1,1/0,6	1,2/0,6
0,5	0,40	-	-	-	-	0,7/-1,2
	0,60	-	-	-	-	1,1/0,5
	0,80	-	-	-	-	2,2/0,7

Таблица 2 - Коэффициенты местных сопротивлений унифицированных узлов ответвлений круглого сечения при делении потока (режим нагнетания)

$\frac{F_{прох}}{F_{осн.}}$	$\frac{L_{отв}}{L_{осн.}}$	Числитель $\xi_{прох}$ , знаменатель $\xi_{отв}$ при $F_{отв}/F_{осн}$				
		0,1	0,16	0,25	0,4	0,63
1,0	0,05	0,1/3,5	0,1/6,5	-	-	-
	0,10	0,0/0,9	0,1/1,6	-	-	-
	0,15	-0,1/0,5	0,0/0,9	-	-	-
	0,20	-0,2/0,3	-0,1/0,5	-	-	-
0,8	0,10	-	-	0,1/5,0	0,1/7,0	-
	0,20	-	-	0,1/1,2	0,1/1,9	-
	0,30	-	-	0,0/0,6	0,1/0,8	-
	0,40	-	-	-0,1/0,5	0,0/0,6	-
0,63	0,20	-	-	-	0,1/2,7	0,1/6,2
	0,30	-	-	-	0,1/1,1	0,1/2,8
	0,40	-	-	-	0,1/0,6	0,1/1,4
	0,60	-	-	-	0,1/0,4	0,1/0,6
0,5	0,40	-	-	-	-	0,1/2,2
	0,60	-	-	-	-	0,1/1,0
	0,80	-	-	-	-	0,4/0,7



Таблица 3 - Коэффициенты местных сопротивлений прямых узлов ответвлений круглого сечения при слиянии потоков (режим всасывания)

$\frac{F_{прох}}{F_{осн.}}$	$\frac{L_{отв}}{L_{осн.}}$	Числитель $\xi_{прох}$ , знаменатель $\xi_{отв}$ при $F_{отв}/F_{осн}$				
		0,1	0,16	0,25	0,4	0,63
1,0	0,05	0,1/-0,1	0,2/-0,4	-	-	-
	0,10	0,2/0,5	0,2/-0,1	-	-	-
	0,15	0,4/0,9	0,4/0,6	-	-	-
	0,20	0,6/1,1	0,6/0,8	-	-	-
0,8	0,10	-	-	0,2/-2,4	0,2/-3,5	-
	0,20	-	-	0,4/0,3	0,4/0,0	-
	0,30	-	-	0,6/0,8	0,6/0,6	-
	0,40	-	-	1,2/0,9	1,0/0,8	-
0,63	0,20	-	-	-	0,3/-0,5	0,2/-3,1
	0,30	-	-	-	0,4/0,6	0,3/-0,1
	0,40	-	-	-	0,6/0,9	0,4/0,6
	0,60	-	-	-	1,4/1,1	1,3/1,0
0,5	0,40	-	-	-	-	0,7/0,1
	0,60	-	-	-	-	1,1/1,1
	0,80	-	-	-	-	2,5/1,1

Таблица 4 - Коэффициенты местных сопротивлений прямых узлов ответвлений круглого сечения при делении потока (режим нагнетания)

$\frac{F_{прох}}{F_{осн.}}$	$\frac{L_{отв}}{L_{осн.}}$	Числитель $\xi_{прох}$ , знаменатель $\xi_{отв}$ при $F_{отв}/F_{осн}$				
		0,1	0,16	0,25	0,4	0,63
1,0	0,05	0,1/4,2	0,1/9,6	-	-	-
	0,10	0,0/1,5	0,1/3,3	-	-	-
	0,15	-0,1/0,9	0,0/1,5	-	-	-
	0,20	-0,2/0,8	-0,1/1,0	-	-	-
0,8	0,10	-	-	0,1/6,5	0,1/11,0	-
	0,20	-	-	0,1/1,9	0,1/2,7	-
	0,30	-	-	0,0/1,1	0,1/1,2	-
	0,40	-	-	-0,1/0,8	0,0/1,0	-
0,63	0,20	-	-	-	0,1/4,6	0,1/7,5
	0,30	-	-	-	0,1/1,9	0,1/3,8
	0,40	-	-	-	0,1/1,3	0,1/2,1
	0,60	-	-	-	0,1/0,9	0,2/1,1
0,5	0,40	-	-	-	-	0,1/3,0
	0,60	-	-	-	-	0,1/1,5
	0,80	-	-	-	-	0,5/1,1

Унифицированные переходы (рисунок 2, ж) односторонние, с углом 45° между образующей и плоскостью основания, применяют как для изменения сечения воздуховодов, так и для врезки ответвления в соответствующие узлы. КМС унифицированных переходов приведены в таблице 9.

Таблица 5 - Размеры сечений прямоугольных воздуховодов

Размеры сечений, мм					Толщина тонколист. стали, мм
100x150	100x200	100x250*	150x150	150x200	0,5
150x250	200x200	200x250			
200x300	200x400	200x500*	250x250	250x300	0,7
250x400	250x500	250x600*	250x800*	300x300	
300x400	300x500	300x600	300x800*	300x1000*	
400x400	400x500	400x600	400x800	400x1000*	
400x1200*	500x500	500x600	500x800	500x1000	
500x1200*	500x1600*	500x2000*	600x600	600x800	
600x1000	600x1200	600x1600*	600x2000*	800x800	
800x1000	800x1200	800x1600	800x2000*	1000x1000	
1000x1200	1000x1600	1000x2000	1200x1200	1200x1600	0,9
1200x2000	1600x1600	1600x2000			
600x2400*	800x2400*	800x3200*	1000x2400*	1000x3200*	1,4
1000x4000*	1200x2400	1200x3200*	1200x4000*	1600x2400	
1600x3200	1600x4000*	2000x2000	2000x2400	2000x3200	
2000x4000	2400x2400	2400x3200	2400x4000	3200x3200	
3200x4000					

\*Указанный размер следует принимать только при обосновании (для увязки потерь давления в воздуховодах, по архитектурным и другим требованиям),

Таблица 6 - Коэффициенты местных сопротивлений прямоугольных (отводов  $\alpha=90^\circ$ )

Ширина отвода, мм	Размер а, мм (рисунок 2, б, в)															
	100	150	200	250	300	400	500	600	800	1000	1200	1600	2000	2400	3200	4000
100	-	0,16	0,24	0,31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
150	0,08	0,15	0,22	0,28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
200	0,07	0,14	0,2	0,26	0,33	0,44	0,54	-	-	-	-	-	-	-	-	-
250	0,07	0,13	0,19	0,25	0,31	0,41	0,51	0,59	0,74	-	-	-	-	-	-	-
300	-	-	0,18	0,24	0,29	0,40	0,49	0,57	0,70	0,58	-	-	-	-	-	-
400	-	-	0,17	0,22	0,27	0,37	0,45	0,53	0,65	0,54	0,63	-	-	-	-	-
500	-	-	0,16	0,21	0,26	0,35	0,43	0,50	0,62	0,51	0,59	0,74	0,85	-	-	-
600	-	-	-	0,20	0,25	0,33	0,41	0,48	0,59	0,49	0,51	0,70	0,81	0,80	-	-
800	-	-	-	0,19	0,23	0,31	0,38	0,44	0,55	0,45	0,53	0,65	0,76	0,65	0,65	-
1000	-	-	-	-	0,22	0,29	0,36	0,42	0,52	0,43	0,50	0,62	0,72	0,60	0,65	0,65
1200	-	-	-	-	-	0,28	0,34	0,40	0,50	0,41	0,48	0,59	0,68	0,60	0,60	0,65
1600	-	-	-	-	-	-	0,32	0,37	0,46	0,38	0,44	0,55	0,64	0,50	0,65	0,65
2000	-	-	-	-	-	-	0,30	0,35	0,44	0,36	0,42	0,52	0,80	0,60	0,65	0,80
2400	-	-	-	-	-	-	-	0,7	0,75	0,75	0,60	0,70	0,75	0,60	0,70	0,75

Таблица 7 - Коэффициенты местных сопротивлений унифицированных узлов ответвлений прямоугольного сечения при слиянии потока (режим всасывания)

$\frac{F_{прох}}{F_{осн.}}$	$\frac{L_{отв}}{L_{осн.}}$	Числитель $\xi_{прох}$ , знаменатель $\xi_{отв}$ при $F_{отв}/F_{осн}$				
		0,1	0,16	0,25	0,4	0,63
1,0	0,05	0,1/-17	0,1/-25	0,1/-40	-	-
	0,10	0,2/-2,9	0,15/-5	0,15/-8	-	-
	0,15	0,3/0,0	0,2/-0,4	0,2/-1,5	-	-
	0,20	0,45/0,15	0,3/-0,1	0,25/-0,7	-	-
0,8	0,10	-	0,3/-3,7	0,3/-6,6	0,3/-11	-
	0,20	-	0,55/0,2	0,4/-0,2	0,35/-1,1	-
	0,30	-	0,85/0,8	0,65/0,75	0,5/0,5	-
	0,40	-	1,6/0,9	1,0/1,0	0,6/0,9	-
0,63	0,20	-	-	0,35/0,1	0,35/-0,6	0,3/-1,5
	0,30	-	-	0,55/0,9	0,45/0,65	0,4/0,25
	0,40	-	-	0,9/1,0	0,6/0,95	0,5/0,7
	0,60	-	-	2,5/1,1	1,5/1,1	0,9/0,95
0,5	0,40	-	-	-	0,5/0,95	0,4/0,8
	0,60	-	-	-	1,2/1,0	0,8/0,9
	0,80	-	-	-	5,1/1,0	2,5/0,9

Таблица 8 - Коэффициенты местных сопротивлений унифицированных узлов ответвлений прямоугольного сечения при делении потока (режим нагнетания)

$\frac{F_{прох}}{F_{осн.}}$	$\frac{L_{отв}}{L_{осн.}}$	Числитель $\xi_{прох}$ , знаменатель $\xi_{отв}$ при $F_{отв}/F_{осн}$				
		0,1	0,16	0,25	0,4	0,63
1,0	0,05	0,2/2,2	0,2/7,0	0,2/20	-	-
	0,1	0,2/0,45	0,2/1,4	0,2/4,2	-	-
	0,15	0,15/0,4	0,2/0,85	0,15/2,4	-	-
	0,2	0,1/0,3	0,1/0,35	0,1/0,75	-	-
0,8	0,1	-	0,2/1,4	0,2/4,1	0,2/11,8	-
	0,2	-	0,2/0,35	0,2/0,75	0,2/2,2	-
	0,3	-	0,2/0,3	0,2/0,4	0,2/0,8	-
	0,4	-	0,25/0,3	0,25/0,3	0,25/0,4	-
0,63	0,2	-	-	0,25/0,75	0,25/2,2	0,25/6,1
	0,3	-	-	0,25/0,4	0,25/0,8	0,25/2,2
	0,4	-	-	0,3/0,3	0,3/0,4	0,3/1,1
	0,6	-	-	0,6/0,3	0,6/0,3	0,6/0,45
0,5	0,4	-	-	-	0,3/0,4	0,3/1,1
	0,6	-	-	-	0,5/0,3	0,5/0,45
	0,8	-	-	-	2,2/0,3	2,2/0,3

Таблиц 9 - Коэффициенты местных сопротивлений унифицированных переходов прямоугольного сечения

Отношение площади меньшего сечения к большому	Коэффициент	
	при расширении потока	при сужении потока
0,3	0,73	0,08
0,4	0,54	0,07
0,5	0,40	0,06
0,6	0,36	0,05
0,7	0,34	0,04

## 2 Аэродинамический расчет вентиляционных систем. Краткие методические указания

### 2.1 Основные положения расчета

При перемещении воздуха в системах вентиляции происходят потеря энергии, которая обычно выражается в перепадах давлений воздуха на отдельных участках и в системе в целом. Аэродинамический расчет проводится с целью определения размеров поперечного сечения участков сети. При этом в системах с гравитационным побуждением движения располагаемое давление задано, а в системах с механическим побуждением движения потери давления определяют выбор вентилятора. В последнем случае предварительный подбор размеров поперечного сечения воздуховодов, как правило, проводят «по предельно допустимым скоростям воздуха» (табл. 12).

Потери давления на участке воздуховода для стандартного воздуха ( $t=20^{\circ}\text{C}$   $\rho=1,2 \text{ кг/м}^3$ ) длиной  $l$  определяются по формуле:

$$\Delta P = R \cdot k_{\Delta} \cdot l + z \quad (1)$$

или

$$\Delta P = [(\lambda/d) \cdot l + \Sigma \zeta] \times P_{\partial} \quad (1a)$$

где  $\Delta P$  - потери давления на участке, Па;

$R$  - удельная потеря давления на 1 м стального воздуховода, Па/м, принимается по таблицам или рассчитывается в зависимости от диаметра воздуховода и скорости воздуха в сечении воздуховода;

$k_{\Delta}$  - коэффициент, учитывающий фактическую шероховатость стенок воздуховода (отличающуюся от шероховатости листовой стали), принимается по табл. 11 в зависимости от скорости воздуха в сечении воздуховода и абсолютной шероховатости поверхности стенок воздуховодов, принимаемой по табл. 10;

$z$  - потери давления в местных сопротивлениях, Па;

$$z = \Sigma \zeta \times P_{\partial} \quad (2)$$

$P_{\partial} = (\rho \cdot w^2)/2$  - динамическое давление воздуха на участке, Па;

$\Sigma\zeta$  - сумма коэффициентов местных сопротивлений, принимаемая по таблице 1 или таблице 2.

Потери давления на трение  $R$ , Па/м, в круглых воздуховодах определяется по формуле:

$$R = (\lambda/d) \times (\rho \cdot w^2) / 2 \quad (3)$$

где  $\lambda$  - безразмерный коэффициент сопротивления трения;

$w$  - скорость движения воздуха в воздуховоде, м/с;

$\rho$  - плотность воздуха перемещаемого по воздуховоду, кг/м<sup>3</sup>;

Коэффициент сопротивления трения рассчитывается по формуле Альтшуля:

$$\lambda = 0,11 \times (K_s/d + 68/Re)^{0,25} \quad (4)$$

где  $K_s$  - абсолютная шероховатость поверхности воздуховода из листовой стали, равная 0,1 мм;

$d$  - диаметр воздуховода, мм;

$Re$  - число Рейнольдса;

Число Рейнольдса

$$Re = wd_s/\nu \quad (5)$$

где  $\nu$  - кинематическая вязкость воздуха, принимаемая  $1,5 \cdot 10^{-5}$  м<sup>2</sup>/с при температуре  $t=+20^\circ\text{C}$ . При других значениях температуры  $\nu$  рассчитывается по формуле:

$$\nu = 0,13334426 \times 10^{-4} + 0,86303219 \times 10^{-7} \times t + 0,11379092 \times 10^{-9} \times t^2 - 0,56219934 \times 10^{-13} \times t^3 + 0,23531342 \times 10^{-16} \times t^4 \quad (6)$$

Скорость воздуха в воздуховоде определяется по формуле:

$$w = L/(3600 \cdot F) = L/g_w \quad (7)$$

где  $L$  - расчетный расход воздуха на участке, м<sup>3</sup>/ч;

$g_w = 3600 \cdot F$  - удельный расход воздуха в воздуховоде, (м<sup>2</sup>·с)/ч, равный расходу воздуха при скорости потока 1 м/с;

Формулу (1а) с учетом (6) можно записать следующим образом:

$$\Delta P = [(\lambda/d) \cdot l + \Sigma\zeta] \times [(\rho \cdot L^2) / (2 \cdot g_w^2)] = \zeta' AL^2 = SL^2 \quad (8)$$

где  $\zeta' = (\lambda/d) \cdot l + \Sigma\zeta$  - приведенный коэффициент местного сопротивления расчетного участка;

$A = \rho / (2 \cdot g_w^2)$  - удельное скоростное давление, Па·ч<sup>2</sup>/м<sup>6</sup>, возникающее при прохождении по воздуховоду 1 м<sup>3</sup>/ч воздуха;

$S = \zeta' \times A$  - удельная аэродинамическая характеристика участка воздуховода, Па·ч<sup>2</sup>/м<sup>6</sup>, равная потере давления в нем при расходе воздуха 1 м<sup>3</sup>/ч.

Аэродинамический расчет воздуховодов систем вентиляции может быть выполнен различными методами. Наиболее распространенные: метод удельных сопротивлений и метод характеристик сопротивлений. В первом случае расчет ведется по формуле (1) или (1а) во втором по (8).

Таблица 10 - Абсолютная шероховатость  $K$  стенок воздуховодов из различных материалов

Материал стенок воздуховода	$K$ , мм	Материал стенок воздуховода	$K$ , мм
Листовая сталь (новая), не более	0,1	Кирп. кладка (каналы в стене)	5-10
Листовая сталь (б/у), не менее	0,15	То же, оштукатур. цем. р-ром	0,5-3
Алюминивые технически гладкие	0,015-0,06	То же, оштукатуренные по сетке	10-15
		Асбестоцем. плиты. коробка и трубы	0,11
Бетонные с затиркой	0,3-0,8	Фанерные листы	0,1-0,3
Железобетонные	2,5	Латунь, стекло	0,0015-0,01
Шлакогипсовые плиты	1	Резиновые рукава	0,006-0,01
Шлакобетонные плиты	1,5-2	Прорезиненный льняной шланг	0,5-0,8
Винипласт	0,1	Прорезиненный брезент (рукав)	0,02-0,05

Таблица 11 - Поправочный коэффициент  $k_{\Delta}$  для расчета воздуховодов с различной шероховатостью стенок

$w$ , м/с	Шероховатость стенок $K$ , мм				$w$ , м/с	Шероховатость стенок $K$ , мм			
	1	1,5	4	10		1	1,5	4	10
<b>0,2</b>	1,04	1,06	1,15	1,31	<b>6,2</b>	1,45	1,58	1,99	2,49
<b>0,4</b>	1,08	1,11	1,25	1,48	<b>6,4</b>	1,45	1,59	2	2,5
<b>0,6</b>	1,11	1,16	1,33	1,6	<b>6,6</b>	1,46	1,6	2,01	2,51
<b>0,8</b>	1,13	1,19	1,4	1,69	<b>6,8</b>	1,47	1,6	2,02	2,52
<b>1</b>	1,16	1,23	1,46	1,77	<b>7</b>	1,47	1,61	2,03	2,54
<b>1,2</b>	1,18	1,25	1,5	1,84	<b>7,2</b>	1,48	1,62	2,04	2,55
<b>1,4</b>	1,2	1,28	1,55	1,95	<b>7,4</b>	1,48	1,62	2,04	2,56
<b>1,6</b>	1,22	1,31	1,58	1,95	<b>7,6</b>	1,48	1,63	2,05	2,57
<b>1,8</b>	1,24	1,33	1,62	2	<b>7,8</b>	1,49	1,63	2,05	2,57
<b>2</b>	1,25	1,35	1,65	2,04	<b>8</b>	1,49	1,64	2,06	2,58
<b>2,2</b>	1,27	1,37	1,68	2,08	<b>8,2</b>	1,5	1,64	2,07	2,59
<b>2,4</b>	1,28	1,38	1,7	2,11	<b>8,4</b>	1,5	1,64	2,07	2,6
<b>2,6</b>	1,29	1,4	1,73	2,14	<b>8,6</b>	1,5	1,65	2,08	2,61
<b>2,8</b>	1,31	1,42	1,75	2,17	<b>8,8</b>	1,51	1,65	2,09	2,62
<b>3</b>	1,32	1,43	1,77	2,2	<b>9</b>	1,51	1,66	2,1	2,62
<b>3,2</b>	1,33	1,44	1,79	2,23	<b>9,2</b>	1,52	1,66	2,1	2,63
<b>3,4</b>	1,34	1,46	1,81	2,25	<b>9,4</b>	1,52	1,67	2,11	2,64
<b>3,6</b>	1,35	1,47	1,83	2,28	<b>9,6</b>	1,52	1,67	2,11	2,65
<b>3,8</b>	1,36	1,48	1,85	2,3	<b>9,8</b>	1,53	1,68	2,12	2,65
<b>4</b>	1,37	1,49	1,86	2,32	<b>10</b>	1,53	1,68	2,12	2,66
<b>4,2</b>	1,38	1,5	1,87	2,34	<b>10,5</b>	1,54	1,69	2,14	2,67
<b>4,3</b>	1,39	1,51	1,89	2,36	<b>11</b>	1,54	1,7	2,15	2,69
<b>4,6</b>	1,4	1,52	1,9	2,37	<b>11,5</b>	1,55	1,7	2,16	2,71
<b>4,8</b>	1,4	1,53	1,92	2,39	<b>12</b>	1,56	1,71	2,17	2,72
<b>5</b>	1,41	1,54	1,93	2,41	<b>12,5</b>	1,56	1,72	2,18	2,73
<b>5,2</b>	1,42	1,55	1,94	2,42	<b>13</b>	1,57	1,73	2,19	2,74
<b>5,4</b>	1,43	1,56	1,95	2,44	<b>13,5</b>	1,57	1,73	2,2	2,75
<b>5,6</b>	1,43	1,56	1,96	2,45	<b>14</b>	1,58	1,74	2,2	2,76
<b>5,8</b>	1,44	1,57	1,97	2,46	<b>14,5</b>	1,58	1,74	2,21	2,77
<b>6</b>	1,44	1,58	1,98	2,48	<b>15</b>	1,59	1,75	2,22	2,78

## 2.2 Последовательность аэродинамического расчета вентиляционных систем с механическим побуждением

Аэродинамический расчет вентиляционной системы состоит из двух этапов: расчета участков основного направления - магистрали и увязки всех остальных участков системы.

### 2.2.1 Последовательность расчета методом удельных сопротивлений

1. Определение нагрузки отдельных расчетных участков. Для этого система разбивается на отдельные участки. Расчетный участок характеризуется постоянным по длине расходом воздуха. Границами между отдельными участками служат тройники или крестовины.

Расчетные расходы на участках определяют суммированием расходов на отдельных ответвлениях, начиная с периферийных участков. Значения расхода и длину каждого участка указывают на аксонометрической схеме рассчитываемой системы.

2. Выбор основного (расчетной магистрали) направления заключается в выявлении наиболее протяженной цепочки последовательно расположенных участков. При равной протяженности магистралей выбирают в качестве расчетной наиболее нагруженную ветку. Для вытяжной системы с гравитационным побуждением движения воздуха принимают в качестве магистрального направления наиболее протяженную цепочку участков от жалюзийной решетки верхнего этажа.

3. Нумерация участков магистрали обычно начинается с участка с меньшим расходом. Расход, длину и результаты последующих расчетов заносят в таблицу аэродинамического расчета (таблица 14).

Таблица 12 - Рекомендуемые скорости движения воздуха для ориентировочного подбора площади живого сечения

Наименование	Скорости при вентиляции	
	естественной	механической
Воздухоприемные жалюзи	0,5-1,0	2,0-4,0
Каналы и приточные шахты	1,0-2,0	2,0-6,0
Горизонтальные сборные каналы	1,0-1,5	5,0-8,0
Вертикальные каналы	1,0-1,5	2,0-5,0
Приточные решетки у потолка	0,5-1,0	0,5-1,0
Вытяжные решетки	0,5-1,0	1,0-2,0
Вытяжные шахты	1,5-2,0	3,0-6,0

4. Размеры сечения расчетных участков магистрали определяют, ориентируясь на таблицы нормируемых размеров поперечного сечения воздуховодов.

Ориентировочную величину площади поперечного сечения принимают по формуле.

$$F=L/3600 w_{рек}, \quad (9)$$

где  $F$  - ориентировочная величина площади поперечного сечения, м<sup>2</sup>;  
 $w_{рек}$  - рекомендуемая скорость воздуха на участках вентсистем, м/с.

5. Фактическую скорость  $w$  определяют с учетом площади сечения принятого стандартного воздуховода

$$w = L/3600 F_{\phi}, \quad (10)$$

По этой скорости вычисляется динамическое давление на участке

$$P_{\partial} = \rho w^2 / 2 \quad (11)$$

6. Удельные потери давления на трение определяют по таблице 16. Таблицы составлены для стальных круглых воздуховодов. Для воздуховодов из других материалов, имеющих другую шероховатость стенки, при расчете потерь на трение вводится поправочный коэффициент  $k_{\Delta}$ , (таблица 11).

Для прямоугольных воздуховодов с размерами  $a \times b$  расчет проводится по эквивалентному «по скорости» диаметру

$$d_w = 2ab/(a+b) \quad (12)$$

Чтобы найти величину  $R$  для прямоугольного воздуховода по таблице 16, необходимо определить значение  $R$  при  $w$  и  $d_w$  не принимая во внимание фактический расход воздуха.

7. Потери давления в местных сопротивлениях участка зависят  $l$  от суммы кмс и динамического давления. При выборе величины коэффициентов КМС надо обращать внимание на то, к какой скорости относится табличное значение коэффициента, и при необходимости делать пересчет.

8. Общие потери давления в системе равны сумме потерь по магистрали и в вентиляционном оборудовании

$$\Delta P_{\text{сис}} = \Sigma(R k_{\Delta} l + z)_{\text{маг}} + \Delta P_{\text{обор}} \quad (13)$$

При других значениях температуры транспортируемого воздуха слагаемые  $R \cdot k_{\Delta} \cdot l$  и  $z$  входящие в формулу (7) умножаются на поправочные коэффициенты  $k_1$  и  $k_2$ .

Для систем с механическим побуждением движения воздуха по величине общих потерь давления в системе определяется требуемое давление вентилятора. Результаты расчета заносят в таблицу 14.

9. Увязка остальных участков (ответвлений) проводится, начиная с наиболее протяженных ответвлений. Методика увязки ответвлений аналогична расчету участков основного направления.

Потери давления в ответвлении  $\Delta P_{\text{от}}$  и суммарные потери давления в магистрали  $\Delta P_{\text{маг}}$  от ее конца (входа или выхода воздуха в атмосферу) до точки подключения ответвления должны удовлетворять соотношению:

$$\Delta P_{\text{маг}} = \Delta P_{\text{от}} \quad (14)$$

Несоблюдение соотношения (8) допускается при условии:

$$(\Delta P_{\text{от}} - \Delta P_{\text{маг}}) / \Delta P_{\text{маг}} \times 100 \leq 10\% \quad (15)$$

10. Для уравнивания расчетных потерь давления  $\Delta P_{\text{от}}$  и  $\Delta P_{\text{маг}}$  на ответвлении устанавливается диафрагма (или дроссель-клапан, шибер), сопротивление которой определяется:

$$P_{\text{диаф}} = \Delta P_{\text{маг}} - \Delta P_{\text{от}} \quad (16)$$



а КМС диафрагмы – по формуле:

$$\zeta_{\text{диаф}} = P_{\text{диаф}}/P_{\delta} \quad (17)$$

здесь  $P_{\delta} = (\rho \cdot w^2)/2$  - динамическое давление воздуха на участке ответвления, на котором устанавливается диафрагма, Па.

КМС диафрагмы при  $Re > 250000$  можно определить по формуле:

$$\zeta_{\text{диаф}} = (1 + 0,707(1 - f/F)^{0,5} - f/F)2(F/f) \quad (18)$$

Значения  $\zeta_{\text{диаф}}$  в зависимости от  $f/F$  в соответствии с формулой можно определить в таблице:

Таблица 13 - Значения КМС диафрагмы от  $f/F$ .

$f/F$	<b>0,05</b>	<b>0,1</b>	<b>0,15</b>	<b>0,2</b>	<b>0,25</b>	<b>0,3</b>	<b>0,35</b>	<b>0,4</b>	<b>0,45</b>
$\zeta_{\text{диаф}}$	1075	246	100	51	30	18	12	8	6
$f/F$	<b>0,5</b>	<b>0,55</b>	<b>0,6</b>	<b>0,65</b>	<b>0,7</b>	<b>0,75</b>	<b>0,8</b>	<b>0,9</b>	<b>1</b>
$\zeta_{\text{диаф}}$	4	2,8	2	1,4	0,96	0,65	0,32	0,13	0

В случае, когда  $\Delta P_{\text{от}} > \Delta P_{\text{маг}}$  необходимо «расшить» ответвление, т.е. увеличить площади одного или нескольких участков из которых оно состоит.

Таблица 14 - Аэродинамический расчет систем вентиляции методом удельных сопротивлений

№ участков	Расход воздуха $L$ , м <sup>3</sup> /ч	Длина участка $L$ , м	Рекомендуемая скорость воздуха $w_{\text{рек}}$ м/с	Размер воздуховодов			Фактическая скорость воздуха $w$ м/с	Потери на один метр длины участка $R$ , Па/м	Коэффициент, учитывающий шероховатость стенок канала $k_{\Delta}$	Потери на трение $R k_{\Delta} l$ , Па	Сумма коэффициентов местных сопротивлений $\Sigma \xi$ , Па	Динамическое давление $P_{\delta}$ , Па	Потери на местные сопротивления $z$	Потери давления на участке $R / k_{\Delta} + z$ , Па	Сумма потерь давления $\Sigma(R k_{\Delta} l + z)$ , Па
				$a \times b$ мм	Площадь сечения $F$ , м <sup>2</sup>	Эквивалентный диаметр $d_v$									
1	2		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

Таблица 15 - Значения поправочных коэффициентов  $k_1$  и  $k_2$

Температура транспортируемого воздуха, °С	$k_1$	$k_2$	Температура транспортируемого воздуха, °С	$k_1$	$k_2$
<b>-30</b>	1,15	1,2	<b>30</b>	0,98	0,97
<b>-20</b>	1,12	1,16	<b>40</b>	0,95	0,94
<b>-10</b>	1,09	1,11	<b>50</b>	0,93	0,91
<b>0</b>	1,05	1,07	<b>60</b>	0,91	0,88
<b>10</b>	1,02	1,03	<b>70</b>	0,89	0,86
<b>20</b>	1	1			

Таблица 16 - Аэродинамический расчет металлических воздуховодов круглого сечения методом удельных потерь давления  
(первая строка – расход воздуха, м<sup>3</sup>/ч; вторая – потери давления на трение на 1 м длины воздуховода, кгс/м<sup>2</sup>; третья – тоже, Па)

Скорость движения воздуха, м/с	Динамическое давление		Диаметр воздуховода, мм						
	кгс/м <sup>2</sup>	Па	80	100	110	125	140	160	180
0,5	0,01	0,1	9	15	17	20	30	35	45
			0,0056	0,0053	0,005	0,0048	0,004	0,0035	0,003
			<b>0,0549</b>	<b>0,052</b>	<b>0,049</b>	<b>0,0473</b>	<b>0,04</b>	<b>0,0347</b>	<b>0,03</b>
0,6	0,02	0,2	10	17	20	27	33	45	55
			0,01	0,0084	0,0077	0,0066	0,0057	0,0048	0,0042
			<b>0,0981</b>	<b>0,0824</b>	<b>0,0755</b>	<b>0,065</b>	<b>0,0564</b>	<b>0,0478</b>	<b>0,0412</b>
0,7	0,03	0,3	13	20	25	30	40	50	65
			0,014	0,0115	0,0102	0,0086	0,0075	0,0063	0,0055
			<b>0,137</b>	<b>0,113</b>	<b>0,0999</b>	<b>0,0852</b>	<b>0,0789</b>	<b>0,625</b>	<b>0,054</b>
0,8	0,04	0,4	15	23	27	35	45	60	75
			0,019	0,0145	0,0129	0,011	0,0095	0,008	0,0069
			<b>0,1864</b>	<b>0,142</b>	<b>0,126</b>	<b>0,108</b>	<b>0,0934</b>	<b>0,079</b>	<b>0,0682</b>
0,9	0,05	0,5	16	25	30	40	50	65	80
			0,0235	0,0178	0,0158	0,0135	0,0117	0,0099	0,0085
			<b>0,231</b>	<b>0,175</b>	<b>0,155</b>	<b>0,132</b>	<b>0,115</b>	<b>0,097</b>	<b>0,0838</b>
1	0,06	0,6	18	28	35	45	55	70	90
			0,0283	0,0214	0,019	0,0162	0,0140	0,0119	0,0103
			<b>0,278</b>	<b>0,206</b>	<b>0,186</b>	<b>0,159</b>	<b>0,136</b>	<b>0,117</b>	<b>0,1</b>
1,2	0,09	0,9	22	35	40	55	65	85	110
			0,0389	0,0295	0,0262	0,0223	0,0193	0,0164	0,0141
			<b>0,382</b>	<b>0,289</b>	<b>0,257</b>	<b>0,219</b>	<b>0,19</b>	<b>0,161</b>	<b>0,139</b>
1,4	0,12	1,2	25	40	50	60	80	100	130
			0,051	0,0386	0,0343	0,0292	0,0253	0,0214	0,0185
			<b>0,50</b>	<b>0,379</b>	<b>0,336</b>	<b>0,286</b>	<b>0,249</b>	<b>0,21</b>	<b>0,182</b>
1,6	0,16	1,5	30	45	55	70	90	115	145
			0,0644	0,0487	0,0433	0,0369	0,032	0,027	0,0234
			<b>0,632</b>	<b>0,478</b>	<b>0,425</b>	<b>0,362</b>	<b>0,314</b>	<b>0,266</b>	<b>0,299</b>
1,8	0,2	1,9	33	50	60	80	100	130	165
			0,0792	0,0599	0,0552	0,0453	0,0393	0,0393	0,0333
			<b>0,777</b>	<b>0,588</b>	<b>0,522</b>	<b>0,445</b>	<b>0,386</b>	<b>0,327</b>	<b>0,282</b>
2	0,24	2,4	36	55	70	85	110	145	185
			0,0952	0,072	0,0639	0,0545	0,0473	0,04	0,0346
			<b>0,934</b>	<b>0,707</b>	<b>0,627</b>	<b>0,535</b>	<b>0,464</b>	<b>0,393</b>	<b>0,339</b>
2,5	0,38	3,7	45	70	85	110	140	180	230
			0,141	0,106	0,0945	0,0805	0,0699	0,0592	0,0511
			<b>1,38</b>	<b>1,04</b>	<b>0,927</b>	<b>0,79</b>	<b>0,686</b>	<b>0,58</b>	<b>0,501</b>
3	0,55	5,4	55	85	105	135	165	215	275
			0,194	0,146	0,13	0,114	0,0962	0,0814	0,0702
			<b>1,9</b>	<b>1,44</b>	<b>1,28</b>	<b>1,09</b>	<b>0,943</b>	<b>0,798</b>	<b>0,689</b>
3,5	0,75	7,3	65	100	120	155	195	255	320
			0,254	0,192	0,17	0,145	0,126	0,107	0,092
			<b>2,4</b>	<b>1,38</b>	<b>1,67</b>	<b>1,42</b>	<b>1,24</b>	<b>1,05</b>	<b>0,902</b>

Продолжение таблицы 16.

Скорость движения воздуха, м/с	Динамическое давление		Диаметр воздуховода, мм						
	кгс/м <sup>2</sup>	Па	80	100	110	125	140	160	180
4	0,98	9,6	72	110	135	175	220	290	365
			0,32	0,242	0,215	0,183	0,159	0,139	0,116
			<b>3,14</b>	<b>2,38</b>	<b>2,11</b>	<b>1,79</b>	<b>1,56</b>	<b>1,32</b>	<b>1,14</b>
4,5	1,24	12,1	80	125	155	200	250	325	410
			0,394	0,296	0,264	0,225	0,196	0,165	0,143
			<b>3,86</b>	<b>2,92</b>	<b>2,59</b>	<b>2,21</b>	<b>1,92</b>	<b>1,62</b>	<b>1,4</b>
5	1,53	15	90	140	170	220	275	360	460
			0,473	0,368	0,318	0,271	0,235	0,199	0,172
			<b>4,64</b>	<b>3,51</b>	<b>3,12</b>	<b>2,66</b>	<b>2,31</b>	<b>1,95</b>	<b>1,69</b>
5,5	1,85	18,2	100	155	190	245	305	400	505
			0,559	0,423	0,376	0,38	0,278	0,235	0,205
			<b>5,49</b>	<b>4,15</b>	<b>3,68</b>	<b>3,14</b>	<b>2,73</b>	<b>2,31</b>	<b>2,01</b>
6	2,2	21,6	110	170	205	265	330	435	550
			0,651	0,493	0,437	0,373	0,323	0,275	0,24
			<b>6,39</b>	<b>4,83</b>	<b>4,29</b>	<b>3,66</b>	<b>3,17</b>	<b>2,7</b>	<b>2,36</b>
6,5	2,58	26,4	120	185	220	285	360	470	595
			0,749	0,567	0,503	0,425	0,373	0,319	0,278
			<b>7,35</b>	<b>5,56</b>	<b>4,93</b>	<b>4,21</b>	<b>3,66</b>	<b>3,13</b>	<b>2,73</b>
7	3	29,4	125	200	240	310	390	510	640
			0,853	0,645	0,573	0,493	0,427	0,365	0,319
			<b>8,37</b>	<b>6,33</b>	<b>5,62</b>	<b>4,79</b>	<b>4,19</b>	<b>3,58</b>	<b>3,12</b>
7,5	3,44	33,7	135	210	255	330	415	540	685
			0,962	0,726	0,646	0,553	0,485	0,415	0,361
			<b>9,44</b>	<b>7,14</b>	<b>6,34</b>	<b>5,43</b>	<b>4,75</b>	<b>4,07</b>	<b>3,55</b>
8,0	3,9	38,4	145	225	275	355	445	580	735
			1,08	0,815	0,723	0,623	0,545	0,467	0,407
			<b>10,6</b>	<b>7,99</b>	<b>7,1</b>	<b>6,11</b>	<b>5,35</b>	<b>4,58</b>	<b>3,99</b>
8,5	4,42	43,3	155	240	290	375	470	615	775
			1,2	0,906	0,808	0,696	0,6	0,522	0,455
			<b>11,7</b>	<b>8,89</b>	<b>7,92</b>	<b>6,83</b>	<b>5,98</b>	<b>5,12</b>	<b>4,46</b>
9,0	4,95	48,6	165	255	310	400	500	650	825
			1,32	1	0,897	0,773	0,677	0,579	0,505
			<b>13</b>	<b>9,83</b>	<b>8,8</b>	<b>7,58</b>	<b>6,64</b>	<b>6,68</b>	<b>4,95</b>
10	6,12	60	180	285	340	440	555	725	915
			1,59	1,28	1,09	0,937	0,821	0,703	0,613
			<b>15,6</b>	<b>11,9</b>	<b>10,7</b>	<b>9,19</b>	<b>8,06</b>	<b>6,8</b>	<b>6,01</b>
11	7,4	72,6	200	310	375	485	610	795	1010
			1,88	1,45	1,3	1,12	0,978	0,837	0,729
			<b>18,4</b>	<b>14,2</b>	<b>12,7</b>	<b>11</b>	<b>9,59</b>	<b>8,21</b>	<b>7,16</b>
12	8,8	86,4	215	340	410	530	665	870	1100
			2,2	1,7	1,52	1,31	1,15	0,982	0,856
			<b>21,6</b>	<b>16,7</b>	<b>14,9</b>	<b>12,8</b>	<b>11,3</b>	<b>9,63</b>	<b>8,39</b>
13	10,35	101	235	370	445	575	720	940	1190
			2,55	1,97	1,76	1,52	1,33	1,14	0,991
			<b>25</b>	<b>19,3</b>	<b>17,3</b>	<b>14,9</b>	<b>13</b>	<b>11,2</b>	<b>9,72</b>

Продолжение таблицы 16.

Скорость движения воздуха, м/с	Динамическое давление		Диаметр воздуховода, мм						
	кгс/м <sup>2</sup>	Па	80	100	110	125	140	160	180
14	12	118	255	395	480	620	775	1015	1280
			2,92	2,25	2,08	1,74	1,52	1,3	1,14
			<b>28,7</b>	<b>22,1</b>	<b>19,8</b>	<b>17</b>	<b>14,9</b>	<b>12,8</b>	<b>11,1</b>
15	13,75	135	870	425	515	665	830	1085	1375
			3,32	2,56	2,29	1,97	1,73	1,48	1,29
			<b>32,5</b>	<b>25,1</b>	<b>22,4</b>	<b>19,3</b>	<b>16,9</b>	<b>14,5</b>	<b>12,6</b>
16	15,65	153	290	450	545	705	885	1160	1465
			3,73	2,88	2,58	2,22	1,94	1,66	1,45
			<b>36,6</b>	<b>28,2</b>	<b>25,3</b>	<b>21,8</b>	<b>19,1</b>	<b>16,3</b>	<b>14,2</b>
17	17,7	173	310	480	580	750	940	1230	1555
			4,17	3,22	2,88	2,48	2,17	1,86	1,62
			<b>40,9</b>	<b>31,6</b>	<b>28,2</b>	<b>24,3</b>	<b>21,3</b>	<b>18,2</b>	<b>15,9</b>
18	19,8	194	825	510	615	795	995	1300	1650
			4,63	3,57	3,2	2,75	2,41	2,06	1,8
			<b>45,5</b>	<b>35</b>	<b>31,4</b>	<b>27</b>	<b>23,7</b>	<b>20,3</b>	<b>17,7</b>
19	22,1	217	345	535	650	840	1055	1375	1740
			5,12	3,94	3,53	3,04	2,66	2,28	1,99
			<b>50,2</b>	<b>38,7</b>	<b>34,6</b>	<b>29,8</b>	<b>26,1</b>	<b>22,4</b>	<b>19,5</b>
20	24,5	240	360	565	685	885	1110	1445	1830
			5,62	4,33	3,88	3,34	2,93	2,5	2,18
			<b>65,2</b>	<b>42,48</b>	<b>38</b>	<b>32,8</b>	<b>28,7</b>	<b>24,6</b>	<b>21,4</b>
Скорость движения воздуха, м/с	Динамическое давление		Диаметр воздуховода, мм						
	кгс/м <sup>2</sup>	Па	200	225	250	280	315	355	400
0,5	0,01	0,1	55	70	90	110	140	180	225
			0,0026	0,0023	0,002	0,0017	0,0015	0,0013	0,0011
			<b>0,0263</b>	<b>0,0227</b>	<b>0,0199</b>	<b>0,0172</b>	<b>0,0149</b>	<b>0,0123</b>	<b>0,011</b>
0,6	0,02	0,2	70	85	105	135	170	215	270
			0,0036	0,0032	0,0027	0,0024	0,0021	0,0018	0,0016
			<b>0,036</b>	<b>0,031</b>	<b>0,0273</b>	<b>0,0237</b>	<b>0,0205</b>	<b>0,0176</b>	<b>0,0152</b>
0,7	0,03	0,3	80	100	125	155	195	245	315
			0,0048	0,0041	0,0036	0,003	0,0027	0,0023	0,002
			<b>0,0473</b>	<b>0,0408</b>	<b>0,0358</b>	<b>0,031</b>	<b>0,0268</b>	<b>0,023</b>	<b>0,0199</b>
0,8	0,04	0,4	90	115	140	175	225	285	360
			0,006	0,0052	0,0046	0,004	0,0034	0,0029	0,0025
			<b>0,0598</b>	<b>0,0516</b>	<b>0,452</b>	<b>0,0393</b>	<b>0,0339</b>	<b>0,0292</b>	<b>0,0251</b>
0,9	0,05	0,5	100	130	160	200	250	320	410
			0,0074	0,0064	0,0056	0,0049	0,0042	0,0036	0,0031
			<b>0,0735</b>	<b>0,0634</b>	<b>0,0556</b>	<b>0,0482</b>	<b>0,0416</b>	<b>0,0359</b>	<b>0,0309</b>
1	0,06	0,6	115	145	175	220	280	355	450
			0,009	0,0077	0,0068	0,0059	0,005	0,0043	0,0037
			<b>0,083</b>	<b>0,0762</b>	<b>0,0666</b>	<b>0,058</b>	<b>0,05</b>	<b>0,0431</b>	<b>0,037</b>
1,2	0,09	0,9	135	170	210	265	335	430	545
			0,0124	0,011	0,0094	0,0081	0,007	0,006	0,0052
			<b>0,112</b>	<b>0,105</b>	<b>0,092</b>	<b>0,0798</b>	<b>0,0689</b>	<b>0,0593</b>	<b>0,0511</b>

Продолжение таблицы 16.

Скорость движения воздуха, м/с	Динамическое давление		Диаметр воздуховода, мм						
	кгс/м <sup>2</sup>	Па	200	225	250	280	315	355	400
1,4	0,12	1,2	160	200	245	310	390	500	635
			0,0162	0,014	0,0123	0,0107	0,0092	0,0079	0,0068
			<b>0,159</b>	<b>0,137</b>	<b>0,12</b>	<b>0,105</b>	<b>0,0902</b>	<b>0,0777</b>	<b>0,0699</b>
1,6	0,16	1,5	180	230	285	355	450	570	725
			0,0205	0,0177	0,0155	0,0135	0,0116	0,01	0,0096
			<b>0,201</b>	<b>0,174</b>	<b>0,152</b>	<b>0,132</b>	<b>0,114</b>	<b>0,0981</b>	<b>0,0845</b>
1,8	0,2	1,9	205	260	320	400	506	640	815
			0,0207	0,0252	0,0217	0,0191	0,0165	0,0143	0,0106
			<b>0,247</b>	<b>0,213</b>	<b>0,187</b>	<b>0,162</b>	<b>0,14</b>	<b>0,121</b>	<b>0,104</b>
2	0,24	2,4	225	285	356	445	560	715	905
			0,0303	0,026	0,0229	0,0199	0,0172	0,0148	0,0127
			<b>0,297</b>	<b>0,256</b>	<b>0,225</b>	<b>0,195</b>	<b>0,168</b>	<b>0,145</b>	<b>0,125</b>
2,5	0,38	3,7	285	360	440	555	700	890	1130
			0,0448	0,0386	0,0333	0,0294	0,0254	0,0218	0,019
			<b>0,439</b>	<b>0,379</b>	<b>0,332</b>	<b>0,288</b>	<b>0,249</b>	<b>0,214</b>	<b>0,186</b>
3	0,55	5,4	340	430	530	665	840	1070	1355
			0,0616	0,058	0,0466	0,0404	0,0351	0,0305	0,0265
			<b>0,604</b>	<b>0,521</b>	<b>0,457</b>	<b>0,397</b>	<b>0,344</b>	<b>0,299</b>	<b>0,26</b>
3,5	0,75	7,3	395	500	620	775	980	1245	1585
			0,0806	0,0696	0,061	0,059	0,0465	0,0405	0,0352
			<b>0,79</b>	<b>0,683</b>	<b>0,59</b>	<b>0,524</b>	<b>0,456</b>	<b>0,397</b>	<b>0,345</b>
4	0,98	9,6	450	570	710	885	1120	1425	1810
			0,102	0,088	0,0778	0,0682	0,594	0,0517	0,045
			<b>0,999</b>	<b>0,863</b>	<b>0,763</b>	<b>0,669</b>	<b>0,583</b>	<b>0,507</b>	<b>0,441</b>
4,5	1,24	12,1	510	645	795	995	1260	1600	2035
			0,185	0,109	0,0966	0,0846	0,0738	0,0642	0,0558
			<b>1,23</b>	<b>0,07</b>	<b>0,94</b>	<b>0,83</b>	<b>0,724</b>	<b>0,629</b>	<b>0,548</b>
5	1,53	15	565	715	385	1100	1400	1780	2260
			0,152	0,138	0,117	0,103	0,0895	0,0778	0,0677
			<b>1,49</b>	<b>1,3</b>	<b>1,16</b>	<b>1,01</b>	<b>0,878</b>	<b>0,763</b>	<b>0,664</b>
5,5	1,85	18,2	620	785	970	1220	1540	1960	2485
			0,181	0,158	0,14	0,122	0,107	0,0927	0,0806
			<b>1,76</b>	<b>1,55</b>	<b>1,37</b>	<b>1,2</b>	<b>1,05</b>	<b>0,909</b>	<b>0,791</b>
6	2,2	21,6	680	860	1060	1330	1685	2140	2715
			0,212	0,185	0,164	0,143	0,125	0,109	0,0946
			<b>2,08</b>	<b>1,82</b>	<b>1,61</b>	<b>1,41</b>	<b>1,23</b>	<b>1,07</b>	<b>0,928</b>
6,5	2,58	26,4	735	930	1150	1440	1825	2315	2940
			0,246	0,214	0,19	0,166	0,145	0,126	0,11
			<b>2,41</b>	<b>2,1</b>	<b>1,86</b>	<b>1,63</b>	<b>1,42</b>	<b>1,24</b>	<b>1,07</b>
7	3	29,4	790	1000	1235	1550	1965	2495	3165
			0,282	0,246	0,217	0,19	0,166	0,144	0,125
			<b>2,76</b>	<b>2,41</b>	<b>2,13</b>	<b>1,87</b>	<b>1,63</b>	<b>1,41</b>	<b>1,23</b>
7,5	3,44	33,7	850	1075	1325	1662	2100	2670	3390
			0,32	0,279	0,246	0,215	0,188	0,164	0,142
			<b>3,14</b>	<b>2,78</b>	<b>2,42</b>	<b>2,12</b>	<b>1,85</b>	<b>1,61</b>	<b>1,4</b>

Продолжение таблицы 16.

Скорость движения воздуха, м/с	Динамическое давление		Диаметр воздуховода, мм						
	кгс/м <sup>2</sup>	Па	200	225	250	280	315	355	400
8,0	3,9	38,4	905	1145	1415	1775	2245	2850	3620
			0,36	0,14	0,277	0,243	0,212	0,184	0,16
			<b>3,53</b>	<b>3,08</b>	<b>2,72</b>	<b>2,36</b>	<b>2,08</b>	<b>1,81</b>	<b>1,57</b>
8,5	4,42	43,3	960	1215	1500	1885	2385	3025	3845
			0,408	0,35	0,31	0,272	0,237	0,206	0,179
			<b>3,94</b>	<b>3,44</b>	<b>3,04</b>	<b>2,66</b>	<b>2,32</b>	<b>2,02</b>	<b>1,76</b>
9,0	4,95	48,6	1020	1290	1590	1995	2525	3205	4070
			0,447	0,389	0,344	0,302	0,263	0,229	0,199
			<b>4,33</b>	<b>3,82</b>	<b>3,38</b>	<b>2,96</b>	<b>2,58</b>	<b>2,24</b>	<b>1,95</b>
10	6,12	60	1130	1430	1756	1215	2805	3565	4525
			0,542	0,472	0,418	0,366	0,319	0,277	0,241
			<b>5,31</b>	<b>4,63</b>	<b>4,1</b>	<b>3,5</b>	<b>3,13</b>	<b>2,72</b>	<b>2,37</b>
11	7,4	72,6	1245	1575	1945	2440	3085	3920	4975
			0,645	0,562	0,497	0,436	0,38	0,33	0,287
			<b>6,33</b>	<b>5,52</b>	<b>4,88</b>	<b>4,27</b>	<b>3,72</b>	<b>3,24</b>	<b>2,82</b>
12	8,8	86,4	1355	1715	2120	2660	3365	4275	5430
			0,757	0,66	0,583	0,511	0,445	0,387	0,337
			<b>7,42</b>	<b>6,47</b>	<b>5,72</b>	<b>5,01</b>	<b>4,37</b>	<b>3,8</b>	<b>3,31</b>
13	10,35	101	1470	1860	2300	2880	3645	4630	5880
			0,876	0,764	0,675	0,592	0,516	0,449	0,39
			<b>8,6</b>	<b>7,49</b>	<b>6,63</b>	<b>5,81</b>	<b>5,06</b>	<b>4,4</b>	<b>3,83</b>
14	12	118	1585	2000	2475	3100	3925	4990	6330
			1	0,875	0,774	0,678	0,591	0,514	0,447
			<b>9,85</b>	<b>8,58</b>	<b>7,59</b>	<b>6,65</b>	<b>5,8</b>	<b>5,04</b>	<b>4,3</b>
15	13,75	135	1695	2145	2650	3325	4210	5945	6785
			1,14	0,993	0,878	0,769	0,671	0,583	0,507
			<b>11,2</b>	<b>9,74</b>	<b>8,61</b>	<b>7,55</b>	<b>6,58</b>	<b>5,72</b>	<b>4,98</b>
16	15,65	153	1810	2290	2825	3545	4485	5700	7235
			1,28	1,12	0,988	0,866	0,755	0,65	0,571
			<b>12,6</b>	<b>11</b>	<b>9,7</b>	<b>8,49</b>	<b>7,4</b>	<b>6,44</b>	<b>5,6</b>
17	17,7	173	1920	2435	3000	3770	4770	6055	7690
			1,43	1,25	1,1	0,968	0,843	0,734	0,638
			<b>14,1</b>	<b>12,3</b>	<b>10,8</b>	<b>9,48</b>	<b>8,27</b>	<b>7,2</b>	<b>6,26</b>
18	19,8	194	2035	2575	3180	3990	5045	6410	8140
			1,59	1,39	1,23	1,07	0,937	0,815	0,709
			<b>15,6</b>	<b>13</b>	<b>12</b>	<b>10,5</b>	<b>9,19</b>	<b>7,99</b>	<b>6,95</b>
19	22,1	217	2150	2720	3355	4210	5330	6770	8595
			1,76	1,53	1,35	1,19	1,03	0,9	0,783
			<b>17,2</b>	<b>15</b>	<b>13</b>	<b>11,6</b>	<b>10,1</b>	<b>8,83</b>	<b>7,6</b>
20	24,5	240	2260	2860	3535	4435	5610	7125	9045
			1,93	1,68	1,49	1,3	1,14	0,988	0,86
			<b>18,9</b>	<b>16,5</b>	<b>14,6</b>	<b>12</b>	<b>11,1</b>	<b>9,4</b>	<b>8,4</b>

Продолжение таблицы 16.

Скорость движения воздуха, м/с	Динамическое давление		Диаметр воздуховода, мм						
	кгс/м <sup>2</sup>	Па	450	500	560	630	710	800	900
0,5	0,01	0,1	285	355	445	560	715	905	1145
			0,0009	0,008	0,0007	0,006	0,0005	0,0004	0,0004
			<b>0,009</b>	<b>0,0083</b>	<b>0,0073</b>	<b>0,0062</b>	<b>0,0053</b>	<b>0,0046</b>	<b>0,004</b>
0,6	0,02	0,2	345	425	530	670	855	1085	1375
			0,0013	0,0011	0,001	0,0008	0,0007	0,0006	0,0004
			<b>0,013</b>	<b>0,0115</b>	<b>0,0099</b>	<b>0,0086</b>	<b>0,0074</b>	<b>0,0063</b>	<b>0,0055</b>
0,7	0,03	0,3	400	495	620	785	1000	1265	1600
			0,0017	0,0015	0,0013	0,0011	0,0009	0,0008	0,0007
			<b>0,0172</b>	<b>0,0151</b>	<b>0,0131</b>	<b>0,011</b>	<b>0,0097</b>	<b>0,0083</b>	<b>0,0072</b>
0,8	0,04	0,4	450	565	710	900	1140	1445	1830
			0,0022	0,0019	0,0016	0,0014	0,0012	0,0011	0,0009
			<b>0,0217</b>	<b>0,019</b>	<b>0,0165</b>	<b>0,0142</b>	<b>0,0123</b>	<b>0,0106</b>	<b>0,0091</b>
0,9	0,05	0,5	615	635	800	1010	1280	1630	2060
			0,0027	0,0023	0,002	0,0017	0,0015	0,0013	0,0011
			<b>0,0267</b>	<b>0,0234</b>	<b>0,02</b>	<b>0,0175</b>	<b>0,015</b>	<b>0,013</b>	<b>0,0112</b>
1	0,06	0,6	570	710	890	1120	1425	1810	2290
			0,0022	0,0028	0,0024	0,0021	0,0018	0,0015	0,0013
			<b>0,022</b>	<b>0,028</b>	<b>0,028</b>	<b>0,021</b>	<b>0,0181</b>	<b>0,0156</b>	<b>0,0135</b>
1,2	0,09	0,9	685	850	1055	1345	1710	2170	2750
			0,0045	0,0039	0,0034	0,003	0,0025	0,0022	0,0019
			<b>0,044</b>	<b>0,0387</b>	<b>0,0336</b>	<b>0,029</b>	<b>0,0249</b>	<b>0,0216</b>	<b>0,0188</b>
1,4	0,12	1,2	800	990	1240	1570	1995	2530	3200
			0,0053	0,0051	0,0044	0,0038	0,0033	0,0029	0,0025
			<b>0,0578</b>	<b>0,0506</b>	<b>0,0439</b>	<b>0,0379</b>	<b>0,033</b>	<b>0,0287</b>	<b>0,025</b>
1,6	0,16	1,5	915	1130	1420	1795	2280	2895	3664
			0,0074	0,0065	0,0056	0,0049	0,0042	0,0037	0,0325
			<b>0,073</b>	<b>0,064</b>	<b>0,0556</b>	<b>0,0484</b>	<b>0,0421</b>	<b>0,0366</b>	<b>0,319</b>
1,8	0,2	1,9	1030	1270	1595	2020	2565	3255	4120
			0,0091	0,008	0,007	0,0061	0,0053	0,0046	0,00404
			<b>0,089</b>	<b>0,0787</b>	<b>0,0689</b>	<b>0,0601</b>	<b>0,0523</b>	<b>0,0396</b>	<b>0,0396</b>
2	0,24	2,4	1145	1415	1775	2244	2850	3620	4580
			0,011	0,0097	0,0085	0,0074	0,0064	0,0056	0,0049
			<b>0,108</b>	<b>0,0954</b>	<b>0,0836</b>	<b>0,0729</b>	<b>0,0634</b>	<b>0,0052</b>	<b>0,0461</b>
2,5	0,38	3,7	1430	1765	2216	2805	3663	4523	5725
			0,0166	0,0146	0,0128	0,0112	0,0097	0,00241	0,0073
			<b>0,162</b>	<b>0,144</b>	<b>0,126</b>	<b>0,11</b>	<b>0,0954</b>	<b>0,083</b>	<b>0,0724</b>
3	0,55	5,4	1715	2120	2660	3365	4275	5430	6870
			0,0231	0,0205	0,0179	0,0156	0,0136	0,0118	0,0103
			<b>0,227</b>	<b>0,201</b>	<b>0,176</b>	<b>0,153</b>	<b>0,133</b>	<b>0,116</b>	<b>0,101</b>
3,5	0,75	7,3	2000	2475	3100	3925	4990	6330	9015
			0,0307	0,027	0,0238	0,0207	0,018	0,0157	0,0137
			<b>0,301</b>	<b>0,266</b>	<b>0,233</b>	<b>0,203</b>	<b>0,177</b>	<b>0,154</b>	<b>0,134</b>
4	0,98	9,6	2290	2825	3545	4490	5700	7235	9160
			0,0392	0,0347	0,0304	0,0265	0,023	0,02	0,0175
			<b>0,385</b>	<b>0,34</b>	<b>0,298</b>	<b>0,26</b>	<b>0,226</b>	<b>0,197</b>	<b>0,171</b>

Продолжение таблицы 16.

Скорость движения воздуха, м/с	Динамическое давление		Диаметр воздуховода, мм						
	кгс/м <sup>2</sup>	Па	450	500	560	630	710	800	900
4,5	1,24	12,1	2575	3180	3990	5050	6413	8142	10300
			0,0486	0,043	0,0377	0,0329	0,0296	0,0249	0,0217
			<b>0,477</b>	<b>0,422</b>	<b>0,37</b>	<b>0,322</b>	<b>0,28</b>	<b>0,244</b>	<b>0,213</b>
5	1,53	15	2860	3535	4435	5610	7125	9045	11450
			0,059	0,0522	0,0457	0,0399	0,0347	0,0302	0,0263
			<b>0,579</b>	<b>0,512</b>	<b>0,449</b>	<b>0,391</b>	<b>0,34</b>	<b>0,296</b>	<b>0,253</b>
5,5	1,85	18,2	3145	3885	4875	6170	7835	9945	12590
			0,0703	0,0622	0,0545	0,0475	0,0413	0,0359	0,0313
			<b>0,689</b>	<b>0,61</b>	<b>0,534</b>	<b>0,466</b>	<b>0,405</b>	<b>0,352</b>	<b>0,307</b>
6	2,2	21,6	3435	4240	5320	6730	8550	10860	13740
			0,0824	0,0729	0,0639	0,0557	0,0484	0,0421	0,0367
			<b>0,809</b>	<b>0,715</b>	<b>0,627</b>	<b>0,546</b>	<b>0,475</b>	<b>0,413</b>	<b>0,36</b>
6,5	2,58	25,4	3720	4590	5760	7290	9260	11755	14880
			0,0995	0,0844	0,074	0,0645	0,0561	0,0488	0,0425
			<b>0,937</b>	<b>0,828</b>	<b>0,726</b>	<b>0,632</b>	<b>0,55</b>	<b>0,479</b>	<b>0,417</b>
7	3	29,4	4000	4945	6200	7855	9975	12660	16030
			0,109	0,0967	0,0847	0,0739	0,0642	0,0559	0,0481
			<b>1,07</b>	<b>0,949</b>	<b>0,831</b>	<b>0,725</b>	<b>0,63</b>	<b>0,54</b>	<b>0,478</b>
7.5	3,44	33,7	4290	5300	6645	8410	10680	13560	17170
			0,124	0,11	0,0962	0,0838	0,0729	0,0634	0,0553
			<b>1,22</b>	<b>1,08</b>	<b>0,943</b>	<b>0,822</b>	<b>0,715</b>	<b>0,622</b>	<b>0,542</b>
8	3,9	38,4	4580	5655	7090	8975	11400	14470	17320
			0,14	0,124	0,108	0,0945	0,0821	0,0714	0,0622
			<b>1,37</b>	<b>1,21</b>	<b>1,06</b>	<b>0,925</b>	<b>0,805</b>	<b>0,7</b>	<b>0,61</b>
8,5	4,42	43,3	4865	6000	7530	9530	12110	15370	19460
			0,156	0,138	0,121	0,105	0,0917	0,0798	0,0695
			<b>1,53</b>	<b>1,35</b>	<b>1,19</b>	<b>1,03</b>	<b>0,9</b>	<b>0,785</b>	<b>0,638</b>
9	4,95	48,6	5150	6360	7980	10100	12830	16280	20610
			0,113	0,153	0,134	0,117	0,102	0,0886	0,0772
			<b>1,1</b>	<b>1,5</b>	<b>1,32</b>	<b>1,15</b>	<b>0,999</b>	<b>0,869</b>	<b>0,758</b>
10	6,12	60	5725	7070	8865	11220	14250	18100	22900
			0,21	0,186	0,163	0,142	0,124	0,107	0,0997
			<b>2,06</b>	<b>1,82</b>	<b>1,6</b>	<b>1,39</b>	<b>1,21</b>	<b>1,05</b>	<b>0,919</b>
11	7,4	72,6	6300	7770	9752	12340	15680	19900	25200
			0,25	0,221	0,194	0,169	0,147	0,128	0,112
			<b>2,46</b>	<b>2,17</b>	<b>1,9</b>	<b>1,66</b>	<b>1,44</b>	<b>1,26</b>	<b>1,09</b>
12	8,8	86,4	6870	8480	10640	13460	17100	21700	27500
			0,294	0,26	0,228	0,196	0,173	0,15	0,131
			<b>2,88</b>	<b>2,55</b>	<b>2,23</b>	<b>1,95</b>	<b>1,69</b>	<b>1,47</b>	<b>1,28</b>
13	10,35	101	7440	9190	11530	14590	18530	23500	29770
			0,34	0,301	0,264	0,23	0,2	0,174	0,152
			<b>3,34</b>	<b>2,95</b>	<b>2,59</b>	<b>2,25</b>	<b>1,96</b>	<b>1,71</b>	<b>1,49</b>
14	12	118	8015	9900	12400	15700	19950	25330	32060
			0,39	0,345	0,302	0,263	0,229	0,199	0,174
			<b>3,82</b>	<b>3,38</b>	<b>2,96</b>	<b>2,58</b>	<b>2,25</b>	<b>1,95</b>	<b>1,7</b>



Продолжение таблицы 16.

Скорость движения воздуха, м/с	Динамическое давление		Диаметр воздуховода, мм						
	кгс/м <sup>2</sup>	Па	450	500	560	630	710	800	900
15	13,75	135	8585	10600	13300	16830	21380	27140	34350
			0,442	0,391	0,343	0,299	0,26	0,226	0,197
			<b>4,34</b>	<b>3,84</b>	<b>3,36</b>	<b>2,93</b>	<b>2,55</b>	<b>2,22</b>	<b>1,93</b>
16	15,65	153	9155	11300	14180	17950	22800	28940	36620
			0,498	0,44	0,386	0,336	0,292	0,254	0,222
			<b>4,88</b>	<b>4,32</b>	<b>3,78</b>	<b>3,3</b>	<b>2,87</b>	<b>2,5</b>	<b>2,18</b>
17	17,7	173	9730	12010	15070	19070	24230	30760	38930
			0,556	0,492	0,431	0,376	0,327	0,284	0,248
			<b>5,46</b>	<b>4,83</b>	<b>4,23</b>	<b>3,69</b>	<b>3,21</b>	<b>2,79</b>	<b>2,43</b>
18	19,8	194	10300	12700	15950	20190	25640	32550	41200
			0,619	0,546	0,479	0,417	0,363	0,316	0,275
			<b>6,06</b>	<b>5,36</b>	<b>4,7</b>	<b>4,09</b>	<b>3,56</b>	<b>3,1</b>	<b>2,7</b>
19	22,1	217	10880	13430	16840	21320	27080	34380	43500
			0,682	0,603	0,529	0,461	0,401	0,349	0,304
			<b>6,69</b>	<b>5,92</b>	<b>5,19</b>	<b>4,52</b>	<b>3,93</b>	<b>3,42</b>	<b>2,98</b>
20	24,5	240	11450	14130	17750	22440	28500	36200	45800
			0,749	0,663	0,581	0,506	0,44	0,383	0,334
			<b>7,35</b>	<b>6,5</b>	<b>5,7</b>	<b>4,97</b>	<b>4,32</b>	<b>3,76</b>	<b>3,27</b>
Скорость движения воздуха, м/с	Динамическое давление		Диаметр воздуховода, мм						
	кгс/м <sup>2</sup>	Па	1000	1120	1250	1400	1600	1800	2000
0,5	0,01	0,1	1415	1770	2210	2770	3620	4580	5650
			0,0003	0,0003	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0001
			<b>0,0035</b>	<b>0,003</b>	<b>0,0026</b>	<b>0,0023</b>	<b>0,0019</b>	<b>0,0016</b>	<b>0,0014</b>
0,6	0,02	0,2	1695	2130	2650	3325	4940	5470	6785
			0,0004	0,0004	0,0003	0,0003	0,0002	0,0002	0,0002
			<b>0,0048</b>	<b>0,0042</b>	<b>0,0036</b>	<b>0,003</b>	<b>0,0027</b>	<b>0,0023</b>	<b>0,0021</b>
0,7	0,03	0,3	1980	2480	3090	3880	5065	6410	7910
			0,0006	0,0005	0,0005	0,0004	0,0003	0,0003	0,0002
			<b>0,0063</b>	<b>0,0054</b>	<b>0,0047</b>	<b>0,004</b>	<b>0,0036</b>	<b>0,003</b>	<b>0,0027</b>
0,8	0,04	0,4	2260	2840	3535	4430	5790	7330	9040
			0,0008	0,0007	0,0006	0,0005	0,0004	0,0004	0,0003
			<b>0,0079</b>	<b>0,0069</b>	<b>0,0061</b>	<b>0,0053</b>	<b>0,0045</b>	<b>0,0039</b>	<b>0,0035</b>
0,9	0,05	0,5	2545	3190	3975	4990	6515	8245	10180
			0,001	0,0008	0,0007	0,0006	0,0005	0,0005	0,0004
			<b>0,0098</b>	<b>0,0086</b>	<b>0,0075</b>	<b>0,0066</b>	<b>0,0056</b>	<b>0,0049</b>	<b>0,0043</b>
1	0,06	0,6	2825	3545	4415	5540	7235	9160	11310
			0,0012	0,0011	0,0009	0,0008	0,0007	0,0006	0,0005
			<b>0,0119</b>	<b>0,0105</b>	<b>0,0091</b>	<b>0,008</b>	<b>0,0068</b>	<b>0,006</b>	<b>0,0053</b>
1,2	0,09	0,9	3390	4255	5300	6650	8685	10990	13570
			0,0017	0,0015	0,0013	0,0011	0,001	0,0009	0,0008
			<b>0,0167</b>	<b>0,0146</b>	<b>0,0128</b>	<b>0,011</b>	<b>0,0096</b>	<b>0,0084</b>	<b>0,0074</b>
1,4	0,12	1,2	3960	4965	6185	7755	10130	12820	16830
			0,0022	0,0019	0,0017	0,0015	0,0013	0,0011	0,001
			<b>0,0221</b>	<b>0,0174</b>	<b>0,017</b>	<b>0,0149</b>	<b>0,0128</b>	<b>0,011</b>	<b>0,0098</b>

Продолжение таблицы 16.

Скорость движения воздуха, м/с	Динамическое давление		Диаметр воздуховода, мм						
	кгс/м <sup>2</sup>	Па	1000	1120	1250	1400	1600	1800	2000
1,6	0,16	1,5	4523	5675	7065	8865	11580	14660	18090
			0,0028	0,0025	0,0028	0,00195	0,0016	0,0014	0,0012
			<b>0,0282</b>	<b>0,0237</b>	<b>0,0218</b>	<b>0,019</b>	<b>0,0163</b>	<b>0,0142</b>	<b>0,0126</b>
1,8	0,2	1,9	5090	6385	7950	9975	13030	16490	20350
			0,0035	0,0031	0,0027	0,0024	0,002	0,0018	0,0015
			<b>0,035</b>	<b>0,0307</b>	<b>0,027</b>	<b>0,0237</b>	<b>0,0203</b>	<b>0,0177</b>	<b>0,0156</b>
2	0,24	2,4	5655	7090	8835	11080	14470	18320	27620
			0,0043	0,0038	0,0033	0,0029	0,0025	0,0021	0,0019
			<b>0,0425</b>	<b>0,0372</b>	<b>0,0328</b>	<b>0,0287</b>	<b>0,0216</b>	<b>0,0214</b>	<b>0,0189</b>
2,5	0,38	3,7	7065	8865	11040	13850	18090	22900	28300
			0,0065	0,0057	0,005	0,0044	0,0037	0,0032	0,0029
			<b>0,064</b>	<b>0,0561</b>	<b>0,0493</b>	<b>0,0432</b>	<b>0,037</b>	<b>0,0322</b>	<b>0,0285</b>
3	0,55	5,4	8480	10600	13250	16620	21700	27480	33920
			0,0091	0,0079	0,007	0,0061	0,0052	0,0043	0,004
			<b>0,0894</b>	<b>0,0783</b>	<b>0,0689</b>	<b>0,0604</b>	<b>0,0517</b>	<b>0,045</b>	<b>0,0398</b>
3,5	0,75	7,3	9895	12410	15460	19390	25330	32060	39580
			0,0121	0,0106	0,0093	0,0081	0,0069	0,0060	0,0053
			<b>0,119</b>	<b>0,104</b>	<b>0,0914</b>	<b>0,08</b>	<b>0,0685</b>	<b>0,0597</b>	<b>0,0528</b>
4	0,98	9,6	11310	14180	17670	22160	28950	36640	45230
			0,0154	0,0135	0,0119	0,0104	0,0089	0,0077	0,0068
			<b>0,151</b>	<b>0,133</b>	<b>0,117</b>	<b>0,102</b>	<b>0,0875</b>	<b>0,0763</b>	<b>0,0675</b>
4,5	1,24	12,1	12720	13960	19880	24950	32570	41220	50890
			0,0192	0,0168	0,0148	0,0129	0,0111	0,0096	0,0085
			<b>0,188</b>	<b>0,165</b>	<b>0,145</b>	<b>0,127</b>	<b>0,109</b>	<b>0,0943</b>	<b>0,0834</b>
5	1,53	15	14140	17730	22090	27700	36190	45800	56540
			0,0237	0,0204	0,0179	0,0157	0,0134	0,0117	0,0104
			<b>0,2232</b>	<b>0,2</b>	<b>0,176</b>	<b>0,154</b>	<b>0,132</b>	<b>0,115</b>	<b>0,102</b>
5,5	1,85	18,2	15545	19500	24290	30460	39790	50960	62170
			0,0277	0,0243	0,0213	0,0187	0,016	0,0139	0,0123
			<b>0,272</b>	<b>0,238</b>	<b>0,209</b>	<b>0,183</b>	<b>0,157</b>	<b>0,137</b>	<b>0,181</b>
6	2,2	21,6	16960	21280	26500	33250	43420	54960	67850
			0,0325	0,0285	0,025	0,0219	0,0188	0,0164	0,0145
			<b>0,319</b>	<b>0,279</b>	<b>0,246</b>	<b>0,215</b>	<b>0,184</b>	<b>0,16</b>	<b>0,142</b>
6,5	2,58	25,4	18370	23040	28700	36000	47020	59520	73470
			0,0376	0,0329	0,029	0,0254	0,0217	0,0189	0,0168
			<b>0,369</b>	<b>0,323</b>	<b>0,284</b>	<b>0,249</b>	<b>0,213</b>	<b>0,186</b>	<b>0,164</b>
7	3	29,4	19790	24820	30920	38790	50660	64120	79160
			0,0431	0,0377	0,0332	0,0291	0,0249	0,0217	0,0192
			<b>0,423</b>	<b>0,37</b>	<b>0,326</b>	<b>0,285</b>	<b>0,244</b>	<b>0,213</b>	<b>0,188</b>
7.5	3,44	33,7	21200	26590	33120	41540	54260	68670	84780
			0,048	0,0428	0,0377	0,033	0,0283	0,0246	0,0218
			<b>0,48</b>	<b>0,42</b>	<b>0,37</b>	<b>0,324</b>	<b>0,277</b>	<b>0,242</b>	<b>0,214</b>
8	3,9	38,4	22620	28370	35340	44330	57900	73280	90460
			0,055	0,0482	0,0424	0,0372	0,0313	0,0277	0,0245
			<b>0,54</b>	<b>0,473</b>	<b>0,416</b>	<b>0,365</b>	<b>0,312</b>	<b>0,272</b>	<b>0,24</b>

Окончание таблицы 16.

Скорость движения воздуха, м/с	Динамическое давление		Диаметр воздуховода, мм						
	кгс/м <sup>2</sup>	Па	1000	1120	1250	1400	1600	1800	2000
8,5	4,42	43,3	24020	30130	37530	47080	61500	77800	96100
			0,0615	0,0539	0,0474	0,0415	0,0355	0,031	0,0274
			<b>0,603</b>	<b>0,529</b>	<b>0,465</b>	<b>0,407</b>	<b>0,349</b>	<b>0,304</b>	<b>0,269</b>
9	4,95	48,6	25440	31900	39750	49870	65130	82440	101800
			0,0683	0,0598	0,0526	0,0461	0,0395	0,0344	0,0304
			<b>0,67</b>	<b>0,587</b>	<b>0,516</b>	<b>0,462</b>	<b>0,387</b>	<b>0,337</b>	<b>0,298</b>
10	6,12	60	28270	35460	44170	55410	72370	91600	113100
			0,0828	0,0726	0,0639	0,0559	0,0479	0,0417	0,0366
			<b>0,813</b>	<b>0,712</b>	<b>0,626</b>	<b>0,549</b>	<b>0,47</b>	<b>0,409</b>	<b>0,362</b>
11	7,4	72,6	31100	39000	48600	60950	79600	100800	124400
			0,0987	0,0864	0,076	0,0666	0,057	0,0497	0,0439
			<b>0,968</b>	<b>0,848</b>	<b>0,746</b>	<b>0,654</b>	<b>0,559</b>	<b>0,488</b>	<b>0,431</b>
12	8,8	86,4	33900	42550	53000	66500	86850	109900	115700
			0,116	0,101	0,0892	0,0782	0,066	0,0583	0,0515
			<b>1,14</b>	<b>0,995</b>	<b>0,875</b>	<b>0,767</b>	<b>0,656</b>	<b>0,578</b>	<b>0,506</b>
13	10,35	101	36750	46100	57420	72030	94100	119100	147000
			0,134	0,117	0,103	0,0905	0,0775	0,0675	0,0597
			<b>1,31</b>	<b>1,15</b>	<b>1,01</b>	<b>0,888</b>	<b>0,76</b>	<b>0,662</b>	<b>0,586</b>
14	12	118	39600	49650	61850	77550	101300	128200	158300
			0,154	0,135	0,118	0,104	0,0884	0,0773	0,0684
			<b>1,51</b>	<b>1,32</b>	<b>1,16</b>	<b>1,02</b>	<b>0,87</b>	<b>0,759</b>	<b>0,671</b>
15	13,75	135	42400	53200	66250	83100	108600	137400	169600
			0,174	0,153	0,134	0,118	0,101	0,0873	0,0776
			<b>1,71</b>	<b>1,5</b>	<b>1,32</b>	<b>1,15</b>	<b>0,988</b>	<b>0,861</b>	<b>0,761</b>
16	15,65	153	45220	56720	70650	88600	115750	146400	180900
			0,196	0,172	0,151	0,132	0,113	0,0988	0,0874
			<b>1,92</b>	<b>1,69</b>	<b>1,48</b>	<b>1,3</b>	<b>1,11</b>	<b>0,969</b>	<b>0,851</b>
17	17,7	173	48060	60290	75090	94200	123000	155700	192200
			0,219	0,192	0,169	0,148	0,127	0,11	0,0976
			<b>2,15</b>	<b>1,88</b>	<b>1,66</b>	<b>1,45</b>	<b>1,24</b>	<b>1,08</b>	<b>0,958</b>
18	19,8	194	50870	63800	79480	99700	130220	165000	203500
			0,243	0,213	0,188	0,164	0,141	0,123	0,108
			<b>2,39</b>	<b>2,0</b>	<b>1,84</b>	<b>1,61</b>	<b>1,38</b>	<b>1,2</b>	<b>1,06</b>
19	22,1	217	53700	67400	84000	105300	137500	174000	214900
			0,269	0,235	0,207	0,181	0,155	0,35	0,12
			<b>2,64</b>	<b>2,31</b>	<b>2,03</b>	<b>1,78</b>	<b>1,52</b>	<b>1,33</b>	<b>1,17</b>
20	24,5	240	56540	70900	88350	110800	144700	183200	226200
			0,295	0,259	0,228	0,199	0,171	0,149	0,132
			<b>2,9</b>	<b>2,54</b>	<b>2,23</b>	<b>1,96</b>	<b>1,67</b>	<b>1,46</b>	<b>1,29</b>

## 2.2.2 Последовательность расчета методом характеристик сопротивлений

1. Определение нагрузки отдельных расчетных участков. Для этого система разбивается на отдельные участки. Расчетный участок характеризуется постоянным по длине расходом воздуха. Границами между отдельными участками служат тройники или крестовины.

Расчетные расходы на участках определяют суммированием расходов на отдельных ответвлениях, начиная с периферийных участков. Значения расхода и длину каждого участка указывают на аксонометрической схеме рассчитываемой системы.

2. Выбор основного (расчетной магистрали) направления заключается в выявлении наиболее протяженной цепочки последовательно расположенных участков. При равной протяженности магистралей выбирают в качестве расчетной наиболее нагруженную ветку. Для вытяжной системы с гравитационным побуждением движения воздуха принимают в качестве магистрального направления наиболее протяженную цепочку участков от жалюзийной решетки верхнего этажа.

3. Нумерация участков магистрали обычно начинается с участка с меньшим расходом. Расход, длину и результаты последующих расчетов заносят в таблицу аэродинамического расчета (таблица 17), затем нумеруют ответвления и также заносит в таблицу.

4. Принимаем ориентировочное значение скорости воздуха в воздуховоде. Определяем значение удельного расхода воздуха в воздуховоде  $g_w$  при скорости 1 м/с.

5. Исходя из конструктивных, архитектурных или других соображений находят размеры воздуховода, имеющего ближайшее значение  $g_w$ .

6. Вычисляют фактическую скорость воздуха на конкретном участке воздуховода.

7. По таблицам находят значение удельного скоростного давления  $A$ .

8. По таблице определяем значение  $\lambda/d$ .

9. Определяем КМС и их сумму на рассчитываемом участке.

10. По формуле определяем потери давления на участке. Если температура отличается от 20 °С, значение  $\lambda/d$  умножают на поправочный коэффициент  $k_1$ , а значения  $\Sigma \zeta$  - на поправочный коэффициент  $k_2$ .

11. Потери давлений на всех участках магистрали суммируют, сумма является расчетной для подбора вентилятора. Результаты расчета заносят в таблицу 17.

12. Потери давления в ответвлении  $\Delta P_{от}$  и суммарные потери давления в магистрали  $\Delta P_{маг}$  от ее конца до точки подключения ответвления должны удовлетворять соотношению:

$$\Delta P_{маг} = \Delta P_{от} \quad (19)$$

Несоблюдение соотношения (19) допускается при условии:

$$(\Delta P_{от} - \Delta P_{маг}) / \Delta P_{от} \times 100 \leq 10\% \quad (20)$$

10. Для уравнивания расчетных потерь давления  $\Delta P_{от}$  и  $\Delta P_{маг}$  на ответвлении устанавливается диафрагма (или дроссель-клапан, шибер), сопротивление

которой определяется:

$$P_{\text{диаф}} = \Delta P_{\text{маг}} - \Delta P_{\text{от}} \quad (21)$$

а КМС диафрагмы – по формуле:

$$\zeta_{\text{диаф}} = P_{\text{диаф}}/P_{\delta} \quad (22)$$

здесь  $P_{\delta} = (\rho \cdot w^2)/2$  - динамическое давление воздуха на участке ответвления, на котором устанавливается диафрагма, Па.

В случае, когда  $\Delta P_{\text{от}} > \Delta P_{\text{маг}}$  необходимо «расшить» ответвление, т.е. увеличить площади одного или нескольких участков, из которых оно состоит.

Таблица 17 - Аэродинамический расчет систем вентиляции методом характеристик

№ участка	Расход воздуха $L$ , м <sup>3</sup> /ч	Длина участка $l$ , м	Размер ахб мм	Площадь сечения $F$ , м <sup>2</sup>	Эквивалентный диаметр $d_v$	$g_w$ (м <sup>2</sup> ·с)/час	Фактическая скорость воздуха $w$ , м/с	$\lambda_1/d$ , 1/м (табличное значение)	Поправка на скорость воздуха в воздуховоде, $k_w$	Поправка на экв/шероховатость стенок воздуховода, $k_d$	$\lambda/d$ , 1/м (расчетное значение или с учетом поправок $k_w$ и $k_d$ )	Поправочный коэфф. на темпер. воздуха $k_1$	Поправочный коэфф. на температуру воздуха $k_2$	Сумма коэффициентов местных сопротивлений $\Sigma \xi$	$\lambda/d \times k_1$	$\Sigma \xi \times k_2$	$\zeta' = (\lambda/d) \times k_1 \cdot l + \Sigma \xi \times k_2$	$A \times 10^6$ , Па · ч <sup>2</sup> /м <sup>6</sup>	$S \times 10^6$ , Па · ч <sup>2</sup> /м <sup>6</sup>	Потери давления на участке $\Delta P$ , Па	Сумма потерь давления $\Sigma \Delta P$ , Па	
1																						
2																						
3																						
4																						
5																						
6																						
7																						
8																						
9																						
10																						
11																						
12																						
13																						
14																						
15																						
16																						
17																						
18																						
19																						
20																						
21																						
22																						

Таблица 18 - Данные для аэродинамического расчета круглых воздухопроводов методом характеристик сопротивлений

Диаметр, мм	$g_w$ , (м <sup>2</sup> ·с)/ч	$\lambda_1/d$ , 1/м	$A \times 10^6$ , Па · ч <sup>2</sup> /м <sup>6</sup>	Площадь сечения воздухопровода $F$ , м <sup>2</sup>	Площадь поверхности 1 м длины воздухопровода	Масса 1 м длины воздухопровода	Толщина стенки, мм
100	28,44	0,3578	741,809	0,0079	0,314	1,23	0,5
110	34,21	0,3176	512,978	0,0095	0,345	1,35	
125	44,28	0,2707	304,108	0,0123	0,392	1,54	
140	55,44	0,235	195,211	0,0154	0,44	1,73	
160	72	0,1989	115,741	0,02	0,502	1,96	
180	91,8	0,1716	71,198	0,0255	0,566	2,22	
200	113,04	0,1504	46,955	0,0314	0,628	2,46	
225	144	0,1299	28,935	0,04	0,706	3,32	0,6
250	176,4	0,1138	19,283	0,049	0,785	3,69	
280	221,4	0,0988	12,24	0,0615	0,879	4,16	
315	280,8	0,08527	7,61	0,078	0,989	4,65	
355	356,4	0,07344	4,724	0,099	1,115	5,25	
400	453,6	0,06326	2,916	0,126	1,26	5,92	
450	572,4	0,0546	1,832	0,159	1,41	6,6	
500	705,6	0,04786	1,205	0,196	1,57	8,64	0,7
560	885,6	0,04154	0,765	0,246	1,76	9,68	
630	1123,2	0,03585	0,475	0,312	1,98	10,89	
710	1425,6	0,03088	0,295	0,396	2,23	12,27	
800	1803,6	0,0266	0,184	0,501	2,51	13,81	

Окончание таблицы 18

Диаметр, мм	$\xi_w$ , (м <sup>2</sup> ·с)/ч	$\lambda_1/d$ , 1/м	$A \times 10^6$ , Па · ч <sup>2</sup> /м <sup>6</sup>	Площадь сечения воздуховода F, м <sup>2</sup>	Площадь поверхности 1 м длины воздуховода	Масса 1 м длины воздуховода	Толщина стенки, мм
900	2286	0,02296	0,115	0,635	2,83	22,28	1,0
1000	2826	0,02012	0,075	0,785	3,14	24,65	
1120	3546	0,01746	0,048	0,985	3,52	27,63	
1250	4428	0,01522	0,031	1,23	3,93	30,85	
1400	5544	0,01321	0,019	1,54	4,4	34,54	
1600	7236	0,01095	0,011	2,01	5,03	39,49	
1800	9180	0,009652	0,0072	2,55	5,66	62,26	1,4
2000	11304	0,008461	0,0047	3,14	6,28	69,08	

Таблица 19 - Данные для аэродинамического расчета прямоугольных воздухопроводов методом характеристик сопротивлений

Размеры сторон ахб, м	$\xi_w$ , (м <sup>2</sup> ·с)/ч	Экв. диаметр, мм	$\lambda_1/d$ , 1/м	$A \times 10^6$ , Па · ч <sup>2</sup> /м <sup>6</sup>	Площадь сечения воздуховода F, м <sup>2</sup>	Площадь поверхности 1 м длины воздуховода	Масса 1 м длины воздуховода	Толщина стенки, мм
100x150	54	120	0,2849	205,761	0,015	0,5	1,96	0,5
100x200	72	133	0,2505	115,741	0,02	0,6	2,35	
100x250	90	143	0,2288	74,074	0,025	0,7	2,74	
150x150	81	150	0,2156	91,45	0,0255	0,6	2,35	
150x200	108	171	0,183	51,44	0,03	0,7	2,74	
150x250	136,8	188	0,1626	32,061	0,038	0,8	3,14	
200x200	144	200	0,1504	28,935	0,04	0,8	3,14	
200x250	180	222	0,1321	18,518	0,05	0,9	3,53	
200x300	216	243	0,1179	12,86	0,06	0,7	3,85	
200x400	288	267	0,1048	7,233	0,08	1,2	6,6	
200x500	360	286	0,0962	4,629	0,1	1,4	7,7	0,7
250x250	225	250	0,1138	11,852	0,0625	1	5,5	
250x300	270	273	0,102	8,23	0,075	1,1	6,05	
250x400	360	308	0,0877	4,629	0,01	1,3	7,15	
250x500	450	333	0,0796	2,962	0,125	1,5	8,25	
250x600	540	353	0,074	2,057	0,15	1,7	9,35	
250x800	720	381	0,0672	1,157	0,2	2,1	11,55	
300x300	324	300	0,0906	5,716	0,09	1,2	6,6	
300x400	432	343	0,0767	3,216	0,12	1,4	7,7	
300x500	540	375	0,0686	2,057	0,15	1,6	8,8	
300x600	648	400	0,0633	1,429	0,18	1,8	9,9	
300x800	864	436	0,0568	0,804	0,24	2,2	12,1	
300x1000	1080	462	0,0528	0,515	0,3	2,6	14,3	
400x400	576	400	0,0633	1,809	0,16	1,6	8,8	
400x500	720	444	0,0555	1,157	0,2	1,8	9,9	
400x600	864	480	0,0504	0,804	0,24	2	11	
400x800	1152	533	0,0442	0,453	0,32	2,4	13,2	
400x1000	1440	571	0,0405	0,289	0,4	2,8	15,4	
400x1200	1728	600	0,0381	0,2006	0,48	3,2	17,6	
500x500	900	500	0,0479	0,7403	0,25	2	11	
500x600	1880	545	0,043	0,5146	0,3	2,2	12,1	
500x800	1440	615	0,0369	0,289	0,4	2,6	14,3	

Окончание таблицы 19

Размеры сторон ахб, м	$g_w$ , (м <sup>2</sup> ·с)/ч	Экв. диаметр, мм	$\lambda/d$ , 1/м	$A \times 10^6$ , Па ·ч <sup>2</sup> /м <sup>6</sup>	Площадь сечения воздуховода F, м <sup>2</sup>	Площадь поверхности 1 м длины воздуховода	Масса 1 м длины воздуховода, кг	Толщина стенки, мм
500x1000	1800	667	0,0334	0,1851	0,5	3	16,5	
500x1200	2160	706	0,0311	0,129	0,6	3,4	18,7	
500x1600	2880	762	0,0283	0,0724	0,8	4,2	23,1	
500x2000	3600	800	0,0266	0,0463	1	5	27,5	
600x600	1296	600	0,0381	0,0357	0,36	2,4	13,2	
600x800	1728	686	0,0322	0,2006	0,48	2,8	15,4	
600x1000	2160	750	0,0288	0,129	0,6	3,2	17,6	
600x1200	2592	800	0,0266	0,0893	0,72	3,6	19,8	
600x1600	3456	873	0,0238	0,0501	0,96	4,4	24,2	
600x2000	4320	923	0,0222	0,0321	1,2	5,2	28,6	
800x800	2304	800	0,0266	0,1131	0,64	3,2	17,6	
800x1000	2880	889	0,0233	0,0724	0,8	3,6	19,8	
800x1200	3456	960	0,0212	0,0501	0,96	4	22	
800x1600	4608	1067	0,0186	0,0283	1,28	4,8	26,4	
800x2000	5760	1143	0,017	0,018	1,6	5,6	30,8	
1000x1000	3600	1000	0,0201	0,0463	1	4	22	
1000x1200	4320	1091	0,018	0,0321	1,2	4,4	31,06	
1000x1600	5760	1231	0,0155	0,018	1,6	5,2	36,71	
1000x2000	7200	1333	0,014	0,0116	2	6	42,36	
1200x1200	5184	1200	0,016	0,0223	1,44	4,8	33,89	
1200x1600	6912	1371	0,0136	0,0125	1,92	5,6	39,54	
1200x2000	8640	1714	0,0103	0,008	2,4	6,4	45,18	
1600x1600	9216	1600	0,0112	0,007	2,56	6,4	45,18	
1600x2000	11520	1778	0,0098	0,0045	3,2	7,2	50,83	

Таблица 20 - Поправочный коэффициент  $k_w$  на скорость воздуха в воздуховоде

$w$ , м/с	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0	-	1,7782	1,4953	1,3511	1,2574	1,1891	1,1362	1,0932	1,0573	1,0266
1	1	0,9764	0,9554	0,9365	0,9193	0,9036	0,8891	0,8757	0,8633	0,8517
2	0,8409	0,8307	0,8211	0,812	0,8034	0,7952	0,7873	0,7801	0,773	0,7663
3	0,7598	0,7536	0,7477	0,7419	0,7364	0,7311	0,726	0,721	0,7162	0,7116
4	0,7071	0,7028	0,6985	0,6944	0,6905	0,6866	0,6828	0,6792	0,6756	0,6721
5	0,6688	0,6655	0,6622	0,6591	0,656	0,653	0,6501	0,6472	0,6444	0,6417
6	0,639	0,6363	0,6338	0,6312	0,6287	0,6263	0,6239	0,6216	0,6193	0,617
7	0,6148	0,6127	0,6105	0,6084	0,6064	0,6043	0,6023	0,6004	0,5984	0,5965
8	0,5947	0,5928	0,591	0,5892	0,5875	0,5857	0,584	0,5823	0,5807	0,579
9	0,5774	0,5758	0,5745	0,5727	0,5712	0,5697	0,5682	0,5667	0,5653	0,5638
10	0,5624	0,561	0,5596	0,5583	0,5569	0,5556	0,5543	0,553	0,5517	0,5504
11	0,5492	0,5479	0,5467	0,5455	0,5443	0,5431	0,5419	0,5408	0,5396	0,5385
12	0,5374	0,5363	0,5352	0,5341	0,533	0,5319	0,5309	0,5298	0,5288	0,5278
13	0,5267	0,5257	0,5247	0,5238	0,5228	0,5218	0,5208	0,5199	0,5189	0,518
14	0,5171	0,5162	0,5153	0,5144	0,5135	0,5126	0,5117	0,5108	0,51	0,5091
15	0,5083	0,5074	0,5066	0,5058	0,5049	0,5041	0,5033	0,5025	0,5017	0,5009
16	0,5001	0,4994	0,4986	0,4978	0,4971	0,4963	0,4956	0,4948	0,4941	0,4933
17	0,4926	0,4919	0,4912	0,4905	0,4898	0,4891	0,4884	0,4877	0,487	0,4863
18	0,4856	0,485	0,4843	0,4836	0,483	0,4823	0,4817	0,481	0,4804	0,4798

### 2.3 Подбор вентиляционных устройств и вентилятора

Подбор жалюзийных решеток для притока и вытяжки воздуха из помещения проводится с учетом рекомендуемых скоростей воздуха в сечении жалюзийной решетки: 1-2 м/с - при механическом побуждении движения воздуха в вент системе, 0,5-1 м/с - при естественном.

Неподвижные жалюзи на воздухозаборе приточных систем подбираются по допустимой скорости воздуха в живом сечении (2-4 м/с).

Сечение вытяжных шахт подбирается также по рекомендуемой скорости: 2-6 м/с - при механическом и 1,5-2 м/с - при естественном побуждении движения воздуха. Конструктивно вытяжные утепленные шахты обычно принимают квадратного сечения.

Приточные воздухозаборные шахты принимаются обычно по конструктивным соображениям. Рекомендуемые скорости в воздухозаборных шахтах - от 2 до 6 м/с.

Подбор вентиляторов производится по их характеристикам. Производительность в м<sup>3</sup>/ч (отложена по оси абсцисс) принимается по расчетному расходу воздуха для системы

$$L_{вент} = K_{подс} L_{сист} \quad (23)$$

где  $K_{подс}$  - коэффициент, учитывающий подсос или утечку воздуха из системы; для металлических, пластмассовых и асбоцементных воздуховодов  $l_{маг} \leq 50$  м - 1,1, при  $l_{маг} > 50$  м - 1,15; для воздуховодов из других материалов при  $l_{маг} \leq 50$  м - 1,15

Длину воздуховодов определяют по протяженности магистральных участков, проложенных вне обслуживаемого помещения.

Давление, создаваемое вентилятором, равно

$$P_{вент} = 1,1 \Delta P_{полн} \quad (24)$$

где 1,1 - коэффициент, учитывающий десятипроцентный запас давления на неучтенные потери;

$\Delta P_{полн}$  - общие потери давления (полного) в системе (потери в сети и вентиляционном оборудовании).

Рабочий режим вентилятора рекомендуется выбирать так, чтобы коэффициент полезного действия отличался не более чем на 10% от максимального.

Мощность, потребляемая на валу электродвигателя, определяется по формуле

$$N_{э} = \frac{L_{вент} \cdot P_{вент.ф}}{3600 \cdot 1000 \cdot \eta_v \cdot \eta_n} \quad (25)$$

где  $N_{э}$  - потребляемая мощность, кВт;

$P_{вент.ф.}$  - фактическое давление, развиваемое вентилятором (по характеристике принятого вентилятор), Па;

$L_{вент}$  - производительность вентилятора (по характеристике принятого вентилятор), м<sup>3</sup>/ч;

$\eta_v, \eta_n$  - КПД вентилятора (принимается по заводской характеристике) и передачи.

КПД передачи равен 1 при непосредственном присоединении колеса



вентилятора к оси электродвигателя, 0,98 – соединение валов вентилятора и электродвигателя при помощи муфты и 0,95 – при клиноременной передаче.

Установочная мощность электродвигателя с учетом необходимого запаса принимается по формуле

$$N_{уст} = k_3 N_3 \quad (26)$$

где  $k_3$  – коэффициент запаса, принимаемый по таблице.

Таблица 21 - Значения коэффициента запаса мощности электродвигателей

Мощность на валу электродвигателя, кВт	Значение $k_3$ при вентиляторе	
	радиальном	осевой
до 0,5	1,5	1,2
0,5÷1	1,3	1,15
1÷2	1,2	1,1
2÷5	1,15	1,05
более 5	1,1	1,05

Результаты подбора вентиляционного оборудования заносятся в таблицу 22.

Таблица 22 - Сводная таблица основного вентиляционного оборудования здания

№ и индексы вент. установок	Вентиляторы							Электродвигатели	
	Тип и исполнение	Серия	Номер	Диаметр шкива, мм	Производительность, м <sup>3</sup> /ч	Развиваемое давление Па	Число оборотов в мин	Тип и исполнение	Мощность, кВт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Окончание таблицы 22

Электродвигатели		Калориферы				Фильтры			Прим.
Диаметр шкива, мм	Число оборотов. мин	Тип и исполнение	Кол-во, шт.	Способ присоединения по воздуху.	Способ присоединения по воде	Тип или конструкция	Кол-во, шт.	Расчетный перепад давления, Па	
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

### **3 Литература, рекомендуемая для изучения курса**

1. СНиП 41-01-2003 Отопление, вентиляция и кондиционирование/ Госстрой России. – М. ГУП ЦПП, 2004. – 54 с.
2. Теплоснабжение и вентиляция. Курсовое и дипломное проектирование./ Под ред. проф. Б.М. Хрусталева – М.: Изд-во АСВ, 2005. – 576 с.
3. Каменев П.Н. Вентиляция: учебное пособие / П.Н. Каменев, Е.И. Тертичник – М.: Изд-во АСВ, 2008.- 624 с.
4. Внутренние санитарно-технические устройства. В 3-х частях. Ч.3, Кн.1. Вентиляция и кондиционирование воздуха / В.Н. Богословский [и др.] – М.: Стройиздат, 1992. – 319 с.
5. Внутренние санитарно-технические устройства. В 3-х частях. Ч.3, Кн.2. Вентиляция и кондиционирование воздуха. / Б.В. Баркалов [и др.] – М.: Стройиздат, 1992. – 416 с.