ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СОВЕТА МИНИСТРОВ СССР
ПО ДЕЛАМ СТРОИТЕЛЬСТВА
(ГОССТРОЙ СССР)

УКАЗАНИЯ
ПО АКУСТИЧЕСКОМУ РАСЧЕТУ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ УСТАНОВОК

СН 399-69

МОСКВА — 1970

gost.e-ecolog.ru

Издание официальное

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СОВЕТА МИНИСТРОВ СССР
ПО ДЕЛАМ СТРОИТЕЛЬСТВА
(ГОССТРОЙ СССР)

УКАЗАНИЯ

ПО АКУСТИЧЕСКОМУ РАСЧЕТУ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ УСТАНОВОК

СН 399-69

Утверждены
Государственным комитетом
Совета Министров СССР
по делам строительства

7 октября 1969 г.

ИЗДАТЕЛЬСТВО ЛИТЕРАТУРЫ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ
Москва — 1970

УДК 697.911

Настоящие «Указания по акустическому расчету вентиляционных установок» разработаны НИИ-строительной физики Госстроя СССР совместно с институтами Сантехпроект Госстроя СССР и Гипроннавиапром Минавиапрома.

Указания разработаны в развитие требований главы СНиП II-Г.7-62 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Нормы проектирования» и «Санитарных норм проектирования промышленных предприятий» (СН 245-63), в которых установлена необходимость снижения шума установок вентиляции, кондиционирования воздуха и воздушного отопления зданий и сооружений различного назначения, когда он превышает допустимые по нормам уровни звукового давления.

В Указаниях изложены общие принципы акустических расчетов установок вентиляции, кондиционирования воздуха и воздушного отопления с механическим побуждением. Рассмотрены способы снижения уровней звукового давления на постоянных рабочих местах и в помещениях (в расчетных точках) до величин, установленных нормами.

Редакторы: **А. М. Кошкин** (Госстрой СССР), д-р техн. наук, проф. **Е. Я. Юдин** и кандидаты техн. наук **Э. А. Лесков и Г. Л. Осипов** (НИИ строительной физики), канд. техн. наук **И. Д. Рассадина** (Гипроннавиапром) и инж. **Г. А. Кацнельсон** (ГПИ Сантехпроект)

СОДЕРЖАНИЕ Стр.

1. Общие положения 3

2. Источники шума установок и их шумовые характеристики 5

3. Расчет октавных уровней звукового давления в расчетных точках 13

4. Снижение уровней (потери) звуковой мощности шума в различных элементах воздуховодов 23

5. Определение требуемого снижения уровней звукового давления 28

6. Мероприятия по снижению уровней звукового давления . 31

Приложение. Примеры акустического расчета установок вентиляции, кондиционирования воздуха и воздушного отопления с механическим побуждением 39

3-2-4
План I кв. 1970 г., № 3

Государственный комитет Совета Министров СССР по делам строительства (Госстрой СССР)	Строительные нормы	СН 399-69
	Указания по акустическому расчету вентиляционных установок	—

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Настоящие Указания разработаны в развитие требований главы СНиП II-Г.7-62 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Нормы проектирования» и «Санитарных норм проектирования промышленных предприятий» (СН 245-63), в которых установлена необходимость снижения шума установок вентиляции, кондиционирования воздуха и воздушного отопления с механическим побуждением до уровней звукового давления допустимых по нормам.

1.2. Требования настоящих Указаний распространяются на акустические расчеты воздушного (аэродинамического) шума, образующегося при работе установок, перечисленных в п. 1.1.

Примечание. В настоящих Указаниях не рассматриваются расчеты виброизоляции вентиляторов и электродвигателей (изоляции сотрясений и звуковых колебаний, передающихся строительным конструкциям), а также расчеты звукоизоляции ограждающих конструкций вентиляционных камер.

1.3. Методика расчетов воздушного (аэродинамического) шума основана на определении уровней звукового давления шума, образующегося при работе указанных в п. 1.1 установок, на постоянных рабочих местах или в помещениях (в расчетных точках), определении необходимости снижения этих уровней шума и мероприятий по уменьшению уровней звукового давления до величин, допускаемых нормами.

Примечания: 1. Акустический расчет должен входить в состав проектов установок вентиляции, кондиционирования воздуха и воздушного отопления с механическим побуждением для зданий и сооружений различного назначения.

Акустический расчет следует делать только для помещений с нормируемыми уровнями шума.

Внесены НИИ строительной физики Госстроя СССР	Утверждены Государственным комитетом Совета Министров СССР по делам строительства 7 октября 1969 г.	Срок введения 1 апреля 1970 г.

2. Воздушный (аэродинамический) шум вентилятора и шум, создаваемый потоком воздуха в воздуховодах, имеют широкополосные спектры.

3. В настоящих Указаниях под шумом следует понимать всякого рода звуки, мешающие восприятию полезных звуков или нарушающие тишину, а также звуки, оказывающие вредное или раздражающее действие на организм человека.

1.4. При акустическом расчете центральной установки вентиляции, кондиционирования воздуха и воздушного отопления следует рассматривать наиболее короткую ветвь воздуховодов. Если центральная установка обслуживает несколько помещений, для которых нормативные требования по шуму различны, то дополнительно следует производить расчет для ветви воздуховодов, обслуживающей помещение с наименьшим уровнем шума.

Отдельно следует производить расчет для автономных отопительно-вентиляционных агрегатов, автономных кондиционеров, агрегатов воздушных или воздушно-тепловых завес, местных отсосов, агрегатов установок воздушного душирования, которые ближе всего расположены к расчетным точкам или имеют наибольшие производительность и звуковую мощность.

Отдельно следует производить акустический расчет ветвей воздуховодов, выходящих в атмосферу (всасывание и выброс воздуха установками).

При наличии между вентилятором и обслуживаемым помещением устройств дросселирующих (диафрагм, дроссель-клапанов, шиберов), воздухораспределительных и воздухоприемных (решетки, плафоны, анемостаты и т. п.), резких изменений поперечного сечения воздуховодов, поворотов и тройников следует производить акустический расчет этих устройств и элементов установок.

1.5. Акустический расчет следует производить для каждой из восьми октавных полос слухового диапазона (для которых нормируются уровни шума) со среднегеометрическими частотами октавных полос 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 и 8000 *гц*.

Примечания: 1. Для центральных систем воздушного отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха при наличии разветвленной сети воздуховодов допускается производить расчет только для частот 125 и 250 *гц*.

2. Все промежуточные акустические расчеты выполняются с точностью до 0,5 *дб*. Конечный результат округляется до целого числа децибел.

1.6. Требуемые мероприятия по снижению шума, создаваемого установками вентиляции, кондиционирования воздуха и воздушного отопления, в случае необходимости следует определять для каждого источника в отдельности.

2. ИСТОЧНИКИ ШУМА УСТАНОВОК И ИХ ШУМОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

2.1. Акустические расчеты по определению уровня звукового давления воздушного (аэродинамического) шума следует производить с учетом шума, создаваемого:

а) вентилятором;

б) при движении воздушного потока в элементах установок (диафрагмах, дросселях, шиберах, поворотах воздуховодов, тройниках, решетках, плафонах и т. п.).

Кроме того, следует учитывать шум, передаваемый по вентиляционным воздуховодам из одного помещения в другое.

2.2. Шумовые характеристики (октавные уровни звуковой мощности) источников шума (вентиляторов, отопительных агрегатов, комнатных кондиционеров, дросселирующих, воздухораспределительных и воздухоприемных устройств и т. п.) следует принимать по паспортам на это оборудование или по каталожным данным

При отсутствии шумовых характеристик их следует определять экспериментально по заданию заказчика или расчетом, руководствуясь данными, приведенными в настоящих Указаниях.

2.3. Общий уровень звуковой мощности шума вентилятора следует определять по формуле

$$L_{P_{\text{общ}}} = \hat{L} + 25 \lg H + 10 \lg Q + \delta, \qquad (1)$$

где $L_{P_{\text{общ}}}$ — общий уровень звуковой мощности шума вентилятора в *дб* относительно 10^{-12} *вт*;

$\hat{L}$ — критерий шумности, зависящий от типа и конструкции вентилятора, в *дб*; следует принимать по табл. 1;

H — полное давление, создаваемое вентилятором, в $кГ/м^2$;

Q — производительность вентилятора в $м^3/сек$;

δ — поправка на режим работы вентилятора в *дб*.

Таблица 1

Значения критерия шумности $\widetilde{L}$ для вентиляторов в *дб*

Сторона	Тип и серия вентилятора					
	Ц4-70, Ц4-76	ВРС, Ц13-50	Ц9-55, Ц9-57	ВВД	МЦ-4	К
Нагнетания . . .	41	44,5	47,5	48	46	43
Всасывания . . .	38	40	43,5	40	46	43

Примечания: 1. Значение δ при отклонении режима работы вентилятора не более чем на 20% от режима максимума к. п. д. следует принимать равным 2 *дб*. На режиме работы вентилятора с максимумом к. п. д. $\delta=0$.

2. Для облегчения расчетов на рис. 1 приведен график для определения величины $25\lg H+10\lg Q$.

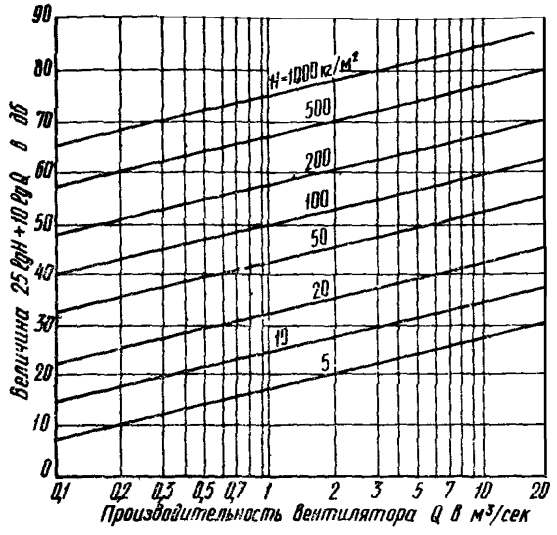


Рис. 1. График для определения величины $25\lg H + 10\lg Q$

3. Полученная по формуле (1) величина характеризует звуковую мощность, излучаемую открытым входным либо выходным патрубком вентилятора в одну сторону в свободную атмосферу или в помещение при наличии плавного подвода воздуха к входному патрубку.

4. При неплавном подводе воздуха к входному патрубку или установке дросселя во входом патрубке к величинам, указанным в

табл. 1, следует добавлять для осевых вентиляторов 8 *дб*, для центробежных вентиляторов 4 *дб*

2.4. Октавные уровни звуковой мощности шума вентилятора, излучаемого открытым входным либо выходным патрубком вентилятора L_{P_0}, в свободную атмосферу или в помещение, следует определять по формуле

$$L_{P_0} = L_{P_{общ}} - \Delta L_1, \qquad (2)$$

где $L_{P_{общ}}$ — общий уровень звуковой мощности вентилятора в *дб*;

ΔL_1 — поправка, учитывающая распределение звуковой мощности вентилятора по октавным полосам в *дб*, принимаемая в зависимости от типа вентилятора и числа оборотов по табл. 2.

Таблица 2

Поправки ΔL_1, учитывающие распределение звуковой мощности вентилятора по октавным полосам, в *дб*

Среднегеометрические частоты октавных полос в *гц*	Центробежные вентиляторы		Осевые вентиляторы
	с лопатками, загнутыми вперед	с лопатками, загнутыми назад	
(32)	(6)	(15)	(18)
63	6	11	13
125	6	7	8
250	6	5	9
500	9	6	5
1 000	13	9	7
2 000	17	16	10
4 000	21	21	16
8 000	26	26	23
(16 000)	(31)	(31)	(30)
(32 000)	(36)	(36)	(37)

Примечания: 1. Приведенные в табл. 2 данные без скобок справедливы, когда число оборотов вентилятора находится в пределах 700—1400 *об/мин*.

2. При числе оборотов вентилятора 1410—2800 *об/мин* весь спектр следует сдвинуть на октаву вниз, а при числе оборотов 350—690 *об/мин* на октаву вверх, принимая для крайних октав значения, указанные в скобках для частот 32 и 16 000 *гц*.

3. При числе оборотов вентилятора более 2800 *об/мин* весь спектр следует сдвинуть на две октавы вниз.

2.5. Октавные уровни звуковой мощности шума вентилятора, излучаемого в вентиляционную сеть, следует определять по формуле

$$L_{P_в} = L_{P_{общ}} - \Delta L_1 + \Delta L_2, \qquad (3)$$

где ΔL_2 — поправка, учитывающая влияние присоединения вентилятора к сети воздуховодов в *дб*, определяемая по табл. 3.

Таблица 3

Поправка ΔL_2, учитывающая влияние присоединения вентилятора или дросселирующего устройства к сети воздуховодов в *дб*

Корень квадратный из площади поперечного сечения патрубка вентилятора или воздуховода в *мм*	Среднегеометрические частоты октавных полос в *гц*							
	63	125	250	500	1 000	2 000	4 000	8 000
100	23,5	18	13	7,5	3	0,5	0	0
125	21,5	16,5	11	6,5	2	0,5	0	0
140	21,0	15	10,5	5,5	1,5	0	0	0
160	19,5	14,5	9,5	4,5	1	0	0	0
180	19	13,5	8,5	4	1	0	0	0
200	18	13	7,5	3	1	0	0	0
225	17	11,5	7	2,5	0,5	0	0	0
250	16	11	6	2	0,5	0	0	0
280	15,5	10,5	5,5	1,5	0	0	0	0
315	14,5	9,5	4,5	1	0	0	0	0
355	13,5	8,5	4	1	0	0	0	0
400	12,5	7,5	3	0,5	0	0	0	0
450	12	6,5	2,5	0,5	0	0	0	0
500	11	6	2	0,5	0	0	0	0
560	10,5	5,5	1,5	0	0	0	0	0
630	9,5	5	1	0	0	0	0	0
710	8,5	4	1	0	0	0	0	0
800	7,5	3	1	0	0	0	0	0
900	7	3	0,5	0	0	0	0	0
1 000	6	2	0,5	0	0	0	0	0
1 250	4,5	1	0	0	0	0	0	0
1 400	4	1	0	0	0	0	0	0
1 600	3	0,5	0	0	0	0	0	0

2.6. Общий уровень звуковой мощности шума, излучаемого вентилятором через стенки кожуха (корпуса) в помещение вентиляционной камеры, следует определять по формуле (1) при условии, что величина критерия шумности $\widetilde{L}$ принимается по табл. 1, как его среднее значение для стороны всасывания и нагнетания.

Октавные уровни звуковой мощности шума, излучаемого вентилятором в помещение вентиляционной камеры, следует определять по формуле (2) и табл. 2.

2.7. Если в вентиляционной камере одновременно работает несколько вентиляторов, то для каждой октавной полосы необходимо определять суммарный уровень

звуковой мощности шума, излучаемого всеми вентиляторами.

Суммарный уровень звуковой мощности шума $L_{сум}$ при работе n одинаковых вентиляторов следует определять по формуле

$$L_{сум} = L_1 + 10 \lg n, \qquad (4)$$

где L_1 — уровень звуковой мощности шума одного вентилятора в *дб*;

n — число одинаковых вентиляторов.

Для суммирования уровней звуковой мощности шума или звукового давления, создаваемых двумя источниками шума разных уровней, следует пользоваться табл. 4.

Таблица 4

Сложение уровней звуковой мощности или звукового давления

Разность двух складываемых уровней в *дб*	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20
Добавка к более высокому уровню для определения Суммарного уровня в *дб*	3	2,5	2	1,8	1,5	1,2	1	0,8	0,6	0,5	0,4	0,2	0

Примечание. При числе разных уровней шума более двух сложение производится последовательно, начиная с двух больших уровней.

2.8. Октавные уровни звуковой мощности шума, излучаемого в помещение автономными кондиционерами, отопительно-вентиляционными агрегатами, агрегатами воздушного душирования (без сетей воздуховодов) с осевыми вентиляторами, следует определять по формуле (2) и табл. 2 с повышающей поправкой 3 *дб*.

Для автономных агрегатов с центробежными вентиляторами октавные уровни звуковой мощности шума, излучаемого всасывающим и нагнетающим патрубками вентилятора, следует определять по формуле (2) и табл. 2, а суммарный уровень шума — по табл. 4.

Примечание. При заборе воздуха установками снаружи повышающую поправку принимать не требуется.

2.9. Общий уровень звуковой мощности шума, создаваемого дросселирующими, воздухораспределительными и воздухоприемными устройствами (дроссель-клапаны,

шиберы, решетки, плафоны и т. п.), следует определять по формуле

$$L_{P_{общ}} = 60 \lg v + 30 \lg \zeta + 10 \lg F + Б, \qquad (5)$$

где v — средняя скорость воздуха на входе в рассматриваемое устройство (элемент установки), подсчитанная по площади подводящего воздуховода (патрубка) для дросселирующих устройств и плафонов и по габаритным размерам для решеток в *м/сек*;

ζ — коэффициент аэродинамического сопротивления элемента вентиляционной сети, отнесенный к скорости воздуха на входе в него; для дисковых плафонов ВНИИГС (отрывная струя) $\zeta = 4$; для анемостатов и плафонов ВНИИГС (настильная струя) $\zeta = 2$; для приточных и вытяжных решеток коэффициенты сопротивления принимаются по графику на рис. 2;

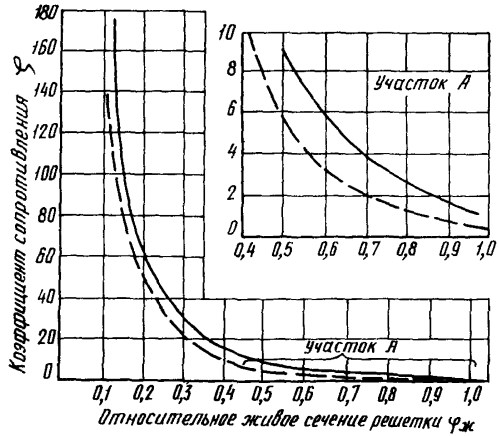


Рис. 2. Зависимость коэффициента сопротивления решетки от ее живого сечения

F — площадь поперечного сечения подводящего воздуховода в $м^2$;

$Б$ — поправка, зависящая от типа элемента, в *дб*; для дросселирующих устройств, анемостатов и дисковых плафонов $Б = 6$ *дб*; для плафонов конструкции ВНИИГС $Б = 13$ *дб*; для решеток $Б = 0$.

2.10. Октавные уровни звуковой мощности шума, излучаемого в воздуховод дросселирующими устройствами, следует определять по формуле (3).

При этом $LP_{общ}$ подсчитывается по формуле (5), поправка ΔL_2 определяется по табл. 3 (в расчет следует принимать площадь поперечного сечения воздуховода, в котором установлен рассматриваемый элемент или устройство), а поправки ΔL_1 — по данным табл. 5 в зависимости от величины частотного параметра $\bar{f}$, который определяется уравнением

$$\bar{f} = \frac{fD}{v}, \qquad (6)$$

где f — частота в *гц*;

D — средний поперечный размер воздуховода (эквивалентный диаметр) в *м*;

v — средняя скорость на входе в рассматриваемый элемент в *м/сек*.

Таблица 5

Поправки ΔL_1 для определения октавных уровней звуковой мощности шума дросселирующих устройств в *дб*

Частотный параметр $\bar{f}$	0,4	0,6	0,8	1	10	20	60	80	100	200	400	600	800
ΔL_1 в *дб*	10	8	6	5	5	6	8	9	10	13	18	21	24

Примечание. Промежуточные значения в табл. 5 следует принимать по интерполяции.

2.11. Октавные уровни звуковой мощности шума, создаваемого в плафонах и решетках, следует рассчитывать по формуле (2), принимая поправки ΔL_1 по данным табл. 6.

2.12. Если скорость движения воздуха перед воздухораспределительным или воздухозаборным устройством (плафон, решетка и т. п.) не превышает допускаемой величины $v_{доп}$, то создаваемый в них шум при расчете

Таблица 6

Поправки ΔL_1, учитывающие распределение звуковой мощности шума плафонов и решеток по октавным полосам, в *дб*

Тип устройства	Среднегеометрические частоты октавных полос в *гц*							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Анемостат	6	7	8	10	11	12	22	28
Плафон ВНИИГС (отрывная струя)	8	7	5	9	15	20	26	30
Плафон ВНИИГС (настильная струя)	7	7	5	7	15	23	26	30
Дисковый плафон	7	7	8	7	10	16	22	28
Решетка	13	8	8	8	8	8	13	18

необходимого снижения уровней звукового давления (см. раздел 5) можно не учитывать

2.13. Допускаемую скорость движения воздуха перед воздухораспределительным или воздухозаборным устройством установок следует определять по формуле

$$v_{доп} = 0{,}7 \cdot 10^{\kappa} \ м/сек;$$

$$\kappa = \frac{L_{доп} + 10 \lg \frac{B}{Fn} - 30 \lg \zeta + \Delta L_1 - (Б + \Delta + 6)}{60}, \qquad (7)$$

где $L_{доп}$ — допустимый по нормам октавный уровень звукового давления в *дб*;

n — число плафонов или решеток в рассматриваемом помещении;

B — постоянная помещения в рассматриваемой октавной полосе в $м^2$, принимаемая в соответствии с пп. 3.4 или 3.5;

ΔL_1 — поправка, учитывающая распределение уровней звуковой мощности плафонов и решеток по октавным полосам, принимаемая по табл. 6, в *дб*;

Δ — поправка на расположение источника шума; при расположении источника в рабочей зоне (не выше 2 *м* от пола), $\Delta = 3$ *дб*; если источник выше этой зоны, $\Delta = 0$;

0,7 — коэффициент запаса;

ζ, F, $Б$ — обозначения те же, что и в п. 2.9, формула (5).

Примечание. Определение допускаемой скорости движения воздуха производится только для одной частоты, которая равна для плафонов ВНИИГС 250 *гц*, для дисковых плафонов 500 *гц*, для анемостатов и решеток 2000 *гц*.

2.14. В целях снижения уровня звуковой мощности шума, генерируемого поворотами и тройниками воздуховодов, участков резкого изменения площади поперечного сечения и т. п., следует ограничивать скорости движения воздуха в магистральных воздуховодах общественных зданий и вспомогательных зданий промышленных предприятий до 5—6 *м/сек*, а на ответвлениях до 2—4 *м/сек*. Для производственных здании эти скорости можно соответственно увеличивать в два раза, если по технологическим и другим требованиям это допустимо.

3. РАСЧЕТ ОКТАВНЫХ УРОВНЕЙ ЗВУКОВОГО ДАВЛЕНИЯ В РАСЧЕТНЫХ ТОЧКАХ

3.1. Октавные уровни звукового давления на постоянных рабочих местах или в помещениях (в расчетных точках) не должны превышать установленных нормами.

Примечания: 1. Если нормативные требования к уровням звукового давления различны в течение суток, то акустический расчет установок следует производить на наиболее низкие допустимые уровни звукового давления.

2. Уровни звукового давления на постоянных рабочих местах или в помещениях (в расчетных точках) зависят от звуковой мощности и расположения источников шума и звукопоглощающих качеств рассматриваемого помещения.

3.2. При определении октавных уровней звукового давления расчет следует производить для постоянных рабочих мест или расчетных точек в помещениях, наиболее близко расположенных к источникам шума (отопительно-вентиляционным агрегатам, воздухораспределительным или воздухозаборным устройствам, воздушным или воздушно-тепловым завесам и т. п.). На прилегающей территории за расчетные точки следует принимать точки, ближайшие к источникам шума (вентиляторы, открыто расположенные на территории, вытяжные или воздухозаборные шахты, выбросные устройства вентиляционных установок и т. п.), для которых нормируются уровни звукового давления.

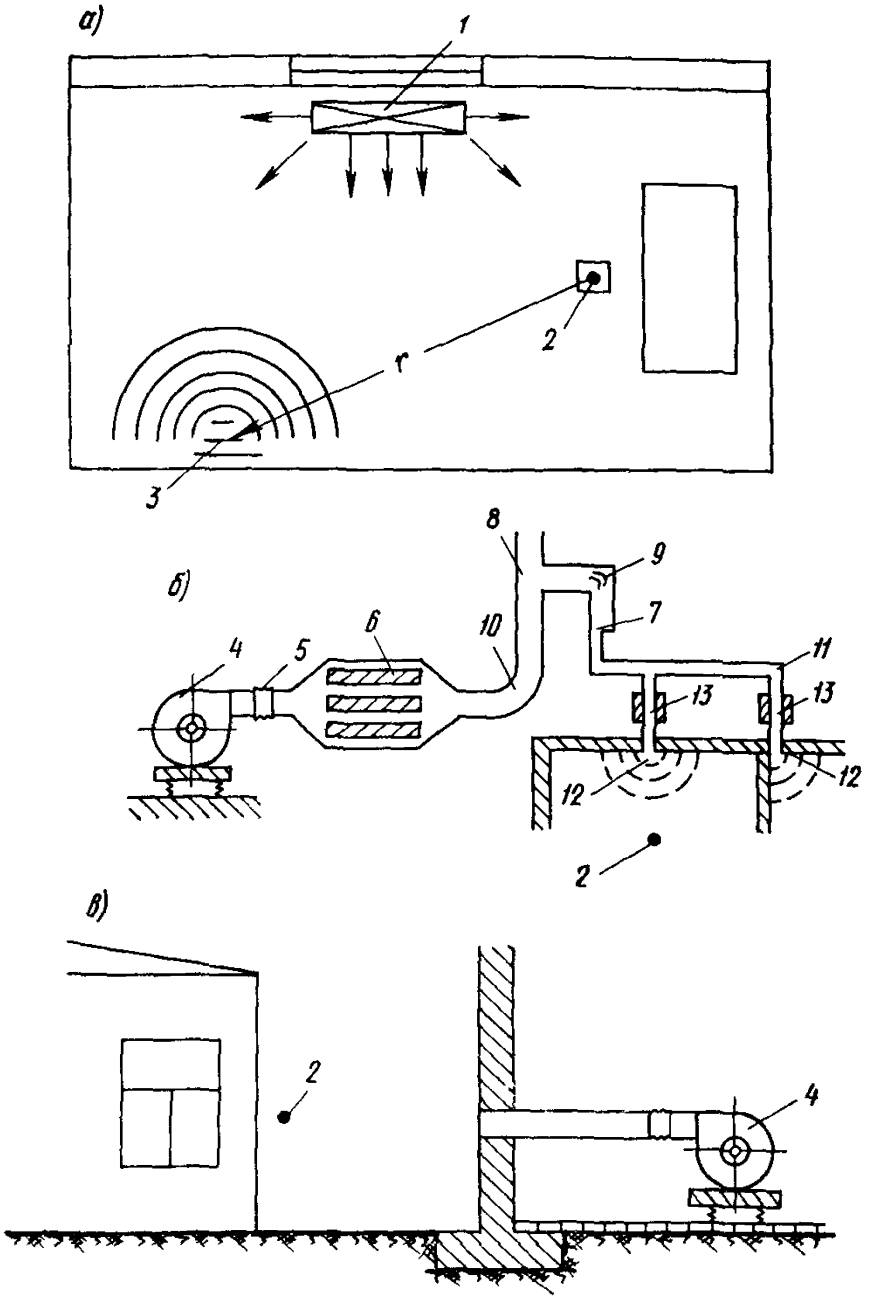


Рис. 3. Различные случаи расположения источников шума относительно расчетных точек

а — источники шума (автономный кондиционер и плафон) и расчетная точка находятся в одном помещении; *б* — источники шума (вентилятор и элементы установки) и расчетная точка находятся в различных помещениях; *в* — источник шума — вентилятор находится в помещении, расчетная точка — на прилегающей территории; *1* — автономный кондиционер; *2* — расчетная точка; *3* — генерирующий шум плафон; *4* — виброизолированный вентилятор; *5* — гибкая вставка; *6* — центральный глушитель; *7* — внезапное сужение сечения воздуховода; *8* — разветвление воздуховода; *9* — прямоугольный поворот с направляющими лопатками; *10* — плавный поворот воздуховода; *11* — прямоугольный поворот воздуховода; *12* — решетка; *13*—вспомогательный глушитель

3.3. Октавные уровни звукового давления в расчетных точках надлежит определять следующим образом.

Случай 1. Источник шума (генерирующая шум решетка, плафон, автономный кондиционер и т. п.) находится в рассматриваемом помещении (рис. 3). Октавные уровни звукового давления, создаваемые в расчетной точке одним источником шума, следует определять по формуле

$$L = L_{P_{\text{окт}}} + 10 \lg \left(\frac{\Phi}{4 \pi r^2} + \frac{4}{B_{\text{ш}}} \right). \qquad (8)$$

Примечание. Для обычных помещений, к которым не предъявляются специальные требования по акустике, — по формуле

$$L = L_{P_{\text{окт}}} - 10 \lg B_{\text{ш}} + \Delta + 6, \qquad (9)$$

где $L_{P_{\text{окт}}}$ — октавный уровень звуковой мощности источника шума (определяется по данным раздела 2) в *дб*;

$B_{\text{ш}}$ — постоянная помещения с источником шума в рассматриваемой октавной полосе (определяется по пп. 3.4 или 3.5) в $м^2$;

Δ — поправка на расположение источника шума Если источник шума расположен в рабочей зоне, то для всех частот $\Delta = 3$ *дб*; если выше рабочей зоны, — $\Delta = 0$;

Φ — фактор направленности излучения источника шума (определяется по кривым на рис 4), безразмерный;

r — расстояние от геометрического центра источника шума до расчетной точки в *м*.

Графическое решение уравнения (8) приводится на рис. 5.

Случай 2. Расчетные точки находятся в помещении, изолируемом от шума. Шум от вентилятора или элемента установки распространяется по воздуховодам и излучается в помещение через воздухораспределительное или воздухоприемное устройство (решетку). Октавные уровни звукового давления, создаваемые в расчетных точках, следует определять по формуле

$$L = L_{P_{\text{в}}} - \Delta L_{P_{\text{в}}} + 10 \lg \left(\frac{\Phi_{\text{и}}}{4 \pi r_{\text{и}}^2} + \frac{4}{B_{\text{и}}} \right). \qquad (10)$$

Примечание. Для обычных помещений, к которым не предъявляются специальные требования по акустике, — по формуле

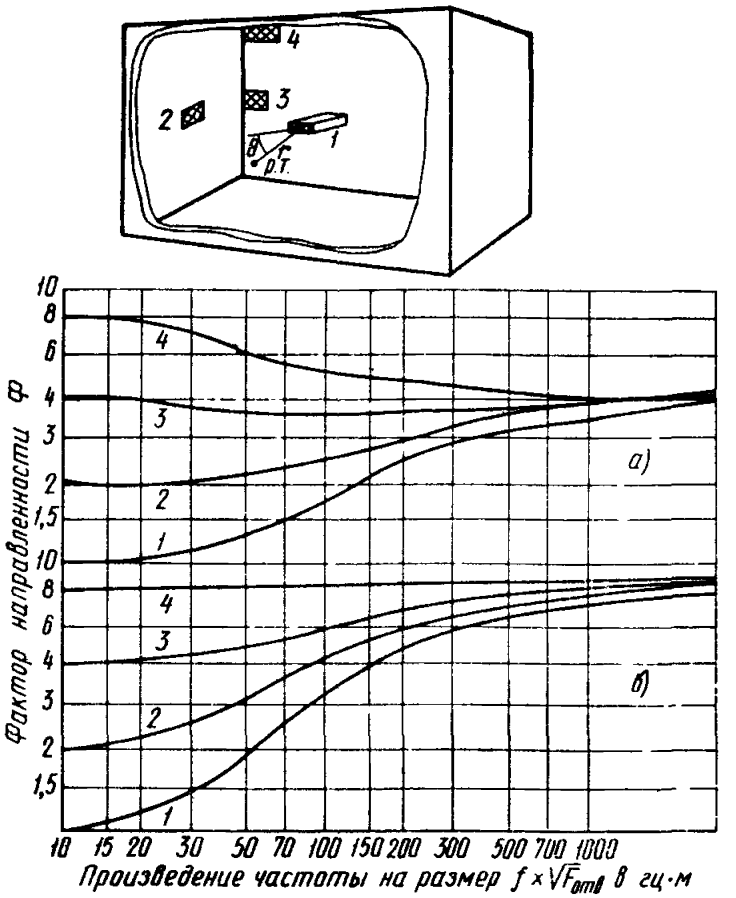


Рис. 4. Фактор направленности излучения источника шума — решетки или открытого конца воздуховода

а — угол падения $\theta = 45°$; *б* — угол падения $\theta = 0°$; *1* — выходное отверстие источника шума находится в середине помещения; *2* — выходное отверстие источника шума находится в середине стены; *3* — выходное отверстие источника шума находится в середине стыка стен помещения; *4* — выходное отверстие источника шума находится в верхнем углу помещения

$$L = L_{P_в} - \Delta L_{P_в} - 10 \lg B_и + \Delta + 6, \qquad (11)$$

где $L_{P_в}$ — октавный уровень излучаемой в воздуховод звуковой мощности шума вентилятора или элемента установки в рассматриваемой октавной полосе в *дб* (определяется в соответствии с пп. 2.5 или 2.10);

$\Delta L_{P_в}$ — суммарное снижение уровня (потери) звуковой мощности шума вентилятора или эле-

мента установки в рассматриваемой октавной полосе по пути распространения звука в *дб* (определяется в соответствии с п. 4.1);

Δ — поправка на расположение источника шума; если воздухораспределительное или воздухоприемное устройство расположено в рабочей зоне, $\Delta = 3$ *дб*, если выше ее, $\Delta = 0$;

$\Phi_и$ — фактор направленности элемента установки (отверстие, решетка и т. п.), излучающего шум в изолируемое помещение, безразмерный (определяется по графикам на рис. 4);

$r_и$ — расстояние от элемента установки, излучающего шум в изолируемое помещение, до расчетной точки в *м*;

$B_и$ — постоянная изолируемого от шума помещения в рассматриваемой октавной полосе в $м^2$ (определяется по пп. 3.4 или 3.5).

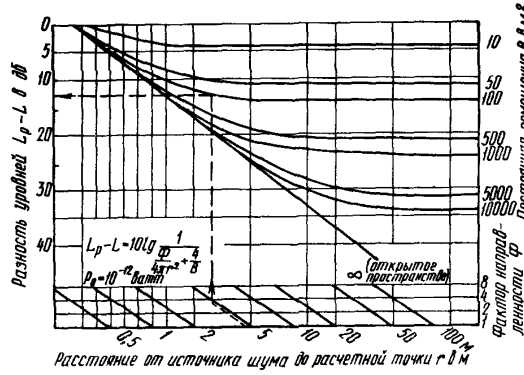


Рис. 5. Графическое решение уравнения (8) для определения уровня звукового давления L по уровню звуковой мощности $L_р$, например, на расстоянии 5 *м* при $\Phi = 4$ и $B = 100$ м², $L_р - L = 13$ *дб*

Случай 3. Расчетные точки находятся на прилегающей к зданию территории. Шум вентилятора распространяется по воздуховоду и излучается в атмосферу через решетку или шахту (рис. 6). Октавные уровни звукового давления, создаваемого в расчетных точках, следует определять по формуле

$$L = L_{P_в} - \Delta L_{P_в} - 20 \lg r_а - \frac{\beta_а r_а}{1000} + \Delta - 8, \qquad (12)$$

где $r_а$ — расстояние от элемента установки (решетка, отверстие), излучающего шум в атмосферу, до расчетной точки в *м*;

$\beta_а$ — затухание звука в атмосфере, принимаемое по табл. 7 в *дб/км*;

Δ — поправка в *дб*, учитывающая расположение расчетной точки относительно оси излучающего шум элемента установки (для всех частот принимается по рис. 6).

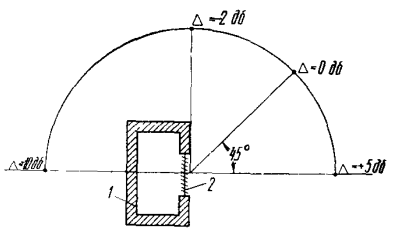


Рис. 6. Поправка, учитывающая расположение расчетной точки относительно оси излучающего шум элемента установки (шахты, решетки и т. п.)

1 — вентиляционная шахта; *2* — жалюзийная решетка

Остальные величины те же, что в формулах (10) и (11).

Таблица 7

Затухание звука в атмосфере в *дб/км*

Среднегеометрические частоты октавных полос в *гц*	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$\beta_а$, *дб/км*	0	0,7	1,5	3	6	12	24	48

3.4. Постоянную помещения B следует определять по графикам на рис. 7 или по табл. 9, пользуясь табл. 8 для определения характеристики помещения.

3.5. Для помещений, к которым предъявляются специальные требования по акустике (уникальные зритель-

ные залы и т. п.), постоянную помещения следует определять в соответствии с указаниями по акустическому расчету для этих помещений.

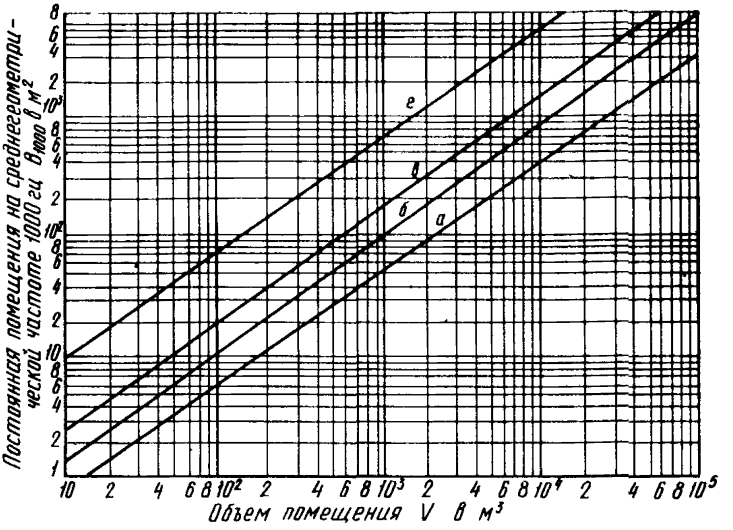


Рис. 7. График для определения постоянной помещения B и таблица значений частотного множителя

Объем помещения в $м^3$	Среднегеометрическая частота в $гц$							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
	Частотный множитель μ							
$V \ll 200$	0,8	0,75	0,7	0,8	1	1,4	1,8	2,5
$200 < V < 500$	0,65	0,62	0,64	0,75	1	1,5	2,4	4,2
$V \gg 500$	0,5	0,5	0,55	0,7	1	1,6	3	6

Постоянная помещения на расчетной частоте равна постоянной помещения на частоте 1000 $гц$ умноженной на частотный множитель μ. $B = B_{1000}$

3.6. Если в расчетную точку поступает шум от нескольких источников шума (например, приточных и рециркуляционных решеток, автономного кондиционера и др.), то для рассматриваемой расчетной точки по соответствующим формулам п. 3.2 следует определять октавные уровни звукового давления, создаваемые каждым из источников шума в отдельности, и суммарный уровень в

Таблица 8

Характеристики помещений

Описание и назначение помещения	Характеристика для пользования графиками на рис. 7
Помещения без мебели, с небольшим количеством людей (например, металлообрабатывающие цехи, вентиляционные камеры, испытательные стенды и т. п.)	*а*
Помещения с жесткой мебелью и небольшим количеством людей (например, кабинеты, лаборатории, ткацкие и деревообрабатывающие цехи и т. п.)	*б*
Помещения с большим количеством людей и мягкой мебелью или с облицованным потолком (например, рабочие помещения административных зданий, залы заседаний, аудитории, рестораны, универмаги, конструкторские бюро, залы ожидания аэропортов и т. п.)	*в*
Помещения со звукопоглощающей облицовкой потолка и стен (например, радио и телестудии, вычислительные центры и т. п.)	*г*

каждой октавной полосе. Суммарный уровень звукового давления следует определять в соответствии с п. 2.7.

Примечание. Если шум вентилятора (или дросселя) от одной системы (приточной или вытяжной) проникает в помещение через несколько решеток, то распределение звуковой мощности между ними следует считать равномерным.

3.7. Если расчетные точки находятся в помещении, по которому проходит «шумный» воздуховод, а шум в помещение проникает через стенки воздуховода, то октавные уровни звукового давления следует определять по формуле

$$L = L_{P_в} - \Delta L_{P_в} + 10 \lg \frac{S}{S_в} - R_в - 10 \lg B_и + 3, \qquad (13)$$

где $L_{P_в}$ — октавный уровень звуковой мощности источника шума, излучаемой в воздуховод, в *дб* (определяется в соответствии с пп 2.5 и 2.10);

$\Delta L_{P_в}$ — суммарное снижение уровней (потери) звуковой мощности по пути распространения звука от источника шума (вентилятора, дросселя и т. п.) до начала рассматриваемого участка воздуховода, излучающего шум в помещение, в *дб* (определяется в соответствии с разделом 4);

Таблица 9

Расчетные величины постоянной помещения *B*

№ п./п.	Характеристика помещений (определяется по табл. 8)	Объем помещения в $м^3$	Среднегеометрические частоты октавных полос в гц							
			63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	*а*	50	3	2	2	3	3	5	6	9
	б		5	5	4	5	6	9	12	16
	в		10	9	8	10	12	17	22	30
	г		36	34	32	36	45	63	81	110
2	*а*	100	5	4	4	5	6	8	11	15
	б		9	8	8	9	11	16	20	28
	в		16	15	14	16	20	28	36	50
	г		56	53	49	56	70	98	125	175
3	*а*	150	6	6	6	6	8	11	14	20
	б		13	12	11	13	16	22	29	40
	в		23	22	20	23	29	40	52	72
	г		80	75	70	80	100	140	180	250
4	*а*	200	9	8	8	9	11	15	20	28
	б		18	17	16	18	23	32	41	57
	в		32	30	28	32	40	56	72	100
	г		120	110	105	120	150	210	270	370
5	*а*	300	12	11	12	14	18	27	43	75
	б		22	20	21	25	33	50	79	140
	в		39	37	38	45	60	90	145	250
	г		130	125	130	150	200	300	480	840
6	*а*	400	15	14	15	17	23	34	55	97
	б		29	28	29	34	45	67	110	190
	в		49	46	48	56	75	110	180	310
	г		180	175	180	210	280	420	670	1 200
7	*а*	500	14	14	15	20	28	45	84	170
	б		25	25	28	35	50	80	150	300
	в		45	45	50	63	90	140	270	540
	г		165	165	180	230	330	530	990	2 000

Продолжение табл. 9

№ п./п.	Характеристика помещений (определяется по табл.8)	Объем помещения в м³	Среднегеометрические частоты октавных полос в *гц*							
			63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
8	*а*	600	16	16	18	22	32	51	96	190
	б		30	30	33	42	60	96	180	360
	в		50	50	55	70	100	160	300	600
	г		200	200	220	280	400	640	1 200	2 400
9	*а*	700	20	20	22	28	40	64	120	240
	б		35	35	38	49	70	110	210	420
	в		65	65	72	91	130	210	390	780
	г		250	250	280	350	500	800	1 500	3 000
10	*а*	800	22	22	25	32	45	72	130	270
	б		40	40	44	56	80	130	240	480
	в		75	75	82	105	150	240	450	900
	г		275	275	300	390	550	880	1 650	3 300
11	*а*	900	25	25	28	35	50	80	150	300
	б		45	45	50	63	90	140	270	540
	в		85	85	94	120	170	270	510	1 000
	г		310	310	340	430	620	990	1 950	3 700
12	*а*	1 000	26	26	29	36	52	83	160	310
	б		50	50	55	70	100	160	300	600
	в		90	90	99	130	180	290	540	1 100
	г		350	350	380	490	700	1 100	2 100	4 200
13	*а*	2 000	45	45	50	63	90	140	270	540
	б		90	90	99	130	180	290	540	1 100
	в		150	150	165	210	300	480	900	1 800
	г		600	600	660	840	1 200	1 900	3 600	7 200
14	*а*	3 000	70	70	80	100	140	220	420	840
	б		130	130	140	180	260	415	780	1 600
	в		250	250	270	350	500	800	1 500	3 000
	г		950	950	1 000	1 300	1 900	3 000	5 700	11 400
15	*а*	4 000	85	85	90	120	170	270	510	1 000
	б		175	175	190	245	350	560	1 050	2 100
	в		315	315	350	440	630	1 000	1 900	3 800
	г		1 200	1 200	1 300	1 700	2 400	3 800	7 200	14 400
16	*а*	5 000	100	100	110	140	200	320	600	1 200
	б		200	200	220	280	400	640	1 200	2 400
	в		400	400	440	560	800	1 300	2 400	4 800
	г		1 400	1 400	1 500	2 000	2 800	4 500	8 400	16 800

Продолжение табл. 9

№ п./п.	Характеристика помещений (определяется по табл. 8)	Объем помещения в $м^3$	Среднегеометрические частоты октавных полос в *гц*							
			63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
17	*а*	6 000	125	125	140	175	250	400	750	1 500
	б		250	250	275	350	500	800	1 500	3 000
	в		450	450	495	630	900	1 400	2 700	5 400
	г		1 600	1 600	1 800	2 200	3 200	5 100	9 600	19 000
18	*а*	8 000	150	150	165	210	300	480	900	1 800
	б		350	350	385	490	700	1 100	2 100	4 200
	в		600	600	660	840	1 200	1 900	3 600	7 200
	г		2 250	2 250	2 500	3 150	4 500	7 200	13 500	27 000
19	*а*	10 000	200	200	220	280	400	640	1 200	2 400
	б		425	425	470	595	850	1 400	2 550	5 100
	в		800	800	880	1 100	1 600	2 600	4 800	9 600
	г		3 100	3 100	3 400	4 300	6 200	9 900	18 500	37 200

S — площадь наружной поверхности участка воздуховода, через которую шум поступает в помещение, в $м^2$;

$S_в$ — площадь поперечного сечения воздуховода в $м^2$;

$R_в$ — звукоизолирующая способность стенок воздуховода в *дб*;

$B_и$ — постоянная изолируемого помещения в $м^2$ (определяется в соответствии с пп. 3.4 или 3.5).

Примечание. Звукоизолирующая способность стенок некоторых конструкций прямоугольных воздуховодов приведена в табл. 10, а круглых воздуховодов — в табл. 11.

4. СНИЖЕНИЕ УРОВНЕЙ (ПОТЕРИ) ЗВУКОВОЙ МОЩНОСТИ ШУМА В РАЗЛИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ ВОЗДУХОВОДОВ

4.1. Суммарное снижение уровней (потери) звуковой мощности по пути распространения шума в вентиляционной сети $\Delta L_{P_в}$ следует определять по формуле

$$\Delta L_{P_в} = \sum_{i=1}^{n} \Delta L_{P_i} \; дб, \qquad (14)$$

где ΔL_{P_i} — снижение уровней (потери) звуковой мощности в последовательно расположенных элементах вентиляционной сети (прямых участках, поворотах, тройниках, решетках и т. п.) в *дб*;

n — число элементов сети, в которых учитывается снижение уровней звуковой мощности.

Таблица 10

Звукоизолирующая способность стенок прямоугольных воздуховодов в *дб*

Материал воздуховода	Толщина материала в *мм*	Среднегеометрические частоты октавных полос в *гц*							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Сталь	0,7	(8)	12	19	23	26	30	34	37
»	1	(13)	17	21	25	28	32	36	35
»	2	(16)	20	24	28	32	36	35	33
Железобетон . . .	60	(32)	36	36	38	41	46	59	65
Кирпичная кладка	130	(34)	38	38	38	43	49	55	61
Гипсобетонные плиты	80	(24)	28	33	37	39	44	44	42
Керамзитобетонные плиты	80	(26)	30	34	42	47	54	—	—

Таблица 11

Звукоизолирующая способность стенок круглых воздуховодов в *дб*

Материал воздуховода	Толщина облицовки в *мм*	Среднегеометрические частоты октавных полос в *гц*							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Сталь, $\delta = 0{,}7$ *мм*	—	(33)	24	28	29	24	24	22	29
То же, с облицовкой из асбестовой ткани . . .	5	(38)	31	36	36	34	34	39	48
То же, с облицовкой минераловатными плитами .	80	(37)	30	38	40	40	41	44	48
То же, с облицовкой мастикой ВД-17-59 . . .	6	(35)	32	32	35	34	32	35	34

Примечание. Значения, указанные в скобках в табл. 10 и 11, являются ориентировочными.

4.2. Для прямых участков металлических воздуховодов прямоугольного сечения снижения уровней (потери) звуковой мощности следует принимать по табл. 12.

Таблица 12

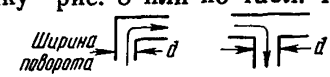
Снижение уровней (потери) звуковой мощности в металлических воздуховодах прямоугольного сечения в *дб/м*

Поперечное сечение воздуховода в *мм*	Среднегеометрические частоты октавных полос в *гц*			
	63	125	250	>500
160×160	0,4	0,4	0,3	0,2
500×500	0,4	0,4	0,2	0,1
1000×1000	0,3	0,2	0,1	0,03

Примечания: 1. Для промежуточных размеров воздуховодов снижение уровней звуковой мощности следует определять интерполированием.

2. Снижение уровней (потери) звуковой мощности в бетонных и кирпичных воздуховодах, а также в металлических воздуховодах круглого сечения не учитывается.

4.3. Снижение уровней (потери) звуковой мощности в прямоугольных необлицованных коленах воздуховодов следует определять по графику рис. 8 или по табл. 13.



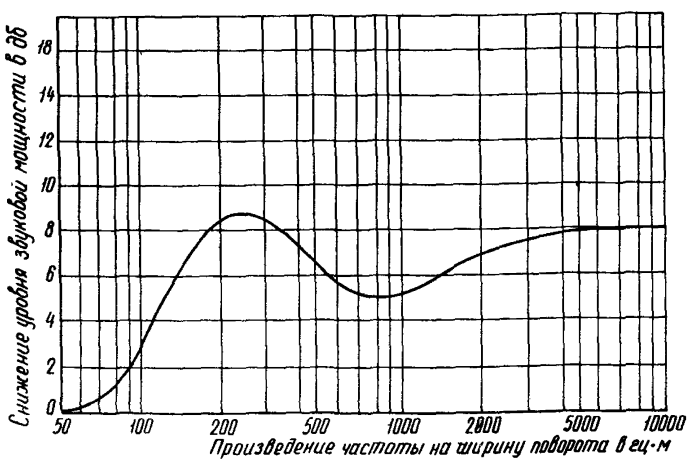


Рис. 8. Снижение уровней (потери) звуковой мощности шума в прямоугольных необлицованных поворотах воздуховодов

Таблица 13

Снижение уровней (потери) звуковой мощности в прямоугольных необлицованных коленах воздуховодов в *дб*

Размер воздуховода в плоскости поворота в *мм*	Среднегеометрические частоты октавных полос в *гц*							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
100	0	0	0	0	3	8,5	7	5
160	0	0	0	1,5	7,5	8	5,5	6
200	0	0	0	3	8,5	7	5	6,5
250	0	0	0,5	5,5	8,5	6,5	5	7
315	0	0	1	7	8	5,5	6	7,5
400	0	0	3	8,5	7	5	5,5	7,5
500	0	0,5	5,5	8,5	6,5	5,5	7	8
630	0	1,5	7	8	5	6	7,5	8
800	0	3	8,5	7	5	6,5	7,5	8
1000	0,5	5,5	8,5	6,5	5,5	7	8	8
1250	1,5	7,5	8	5	6	7,5	8	8
1600	3	8,5	7	5	6,5	7,5	8	8
2000	5,5	8,5	6,5	5	7	8	8	8

Примечание. При угле поворота менее или равном 45° снижение уровней звуковой мощности не учитывается.

Для плавных поворотов и прямых колен воздуховодов с направляющими лопатками снижение уровней звуковой мощности следует принимать по табл. 14.

Таблица 14

Снижение уровней (потери) звуковой мощности в плавных поворотах воздуховодов или прямоугольных поворотах с направляющими лопатками в *дб*

Ширина или диаметр поворота в *мм*	Среднегеометрические частоты октавных полос в *гц*							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
125—250	0	0	0	0	1	2	3	3
260—500	0	0	0	1	2	3	3	3
510—1000	0	0	1	2	3	3	3	3
1100—2000	0	1	2	3	3	3	3	3

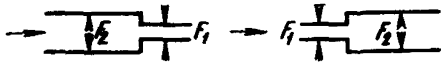
4.4. Снижение уровней (потери) звуковой мощности при резком изменении поперечного сечения воздуховода для всех частот как для расширения, так и для сужения следует определять по формуле (15) или табл. 15:

$$\Delta L_p = 10 \lg \frac{(m+1)^2}{4m}, \qquad (15)$$

$$m = F_1/F_2,$$

Таблица 15

Снижение уровня (потери) звуковой мощности при внезапном изменении поперечного сечения воздуховода в *дб*

		Снижение уровней звуковой мощности в *дб*
Отношение площадей поперечных сечений		
F_1/F_2	F_2/F_1	
1	1	0
0,5	2	0,5
0,4	2,5	1
0,33	3	1,5
0,25	4	2
0,2	5	2,5

где F_1 и F_2 — площади поперечного сечения воздуховода до и после изменения сечения в $м^2$.

Примечание. При плавном переходе воздуховода от одного сечения к другому снижение уровней звуковой мощности не учитывается.

4.5. Снижение уровней (потери) звуковой мощности в разветвлении воздуховода для всех частот следует определять по графику рис. 9 или по формуле

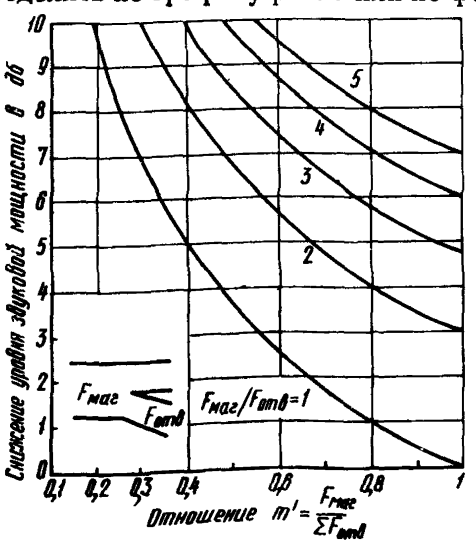


Рис. 9. Снижение уровней (потери) звуковой мощности шума в ответвлении воздуховода (сечение $F_{отв}$)

$$\Delta L_P = 10 \lg \frac{\Sigma F_{отв}}{F_{отв}} \cdot \frac{(m'+1)^2}{4m'}; \quad m' = \frac{F_{маг}}{\Sigma F_{отв}}, \qquad (16)$$

где $F_{маг}$ — площадь поперечного сечения магистрального воздуховода перед разветвлением в $м^2$;

$F_{отв}$ — площадь поперечного сечения рассматриваемого ответвления воздуховода в $м^2$;

$\Sigma F_{отв}$ — суммарная площадь поперечных сечений всех ответвлений воздуховодов данного разветвления в $м^2$.

Примечания: 1. Для тройников на ответвлении с прямоугольным поворотом на 90° к величине $\Delta L_р$, подсчитанной по формуле (16), следует прибавлять снижение звуковой мощности в повороте воздуховода, определяемое по графику на рис. 8 или табл. 13.

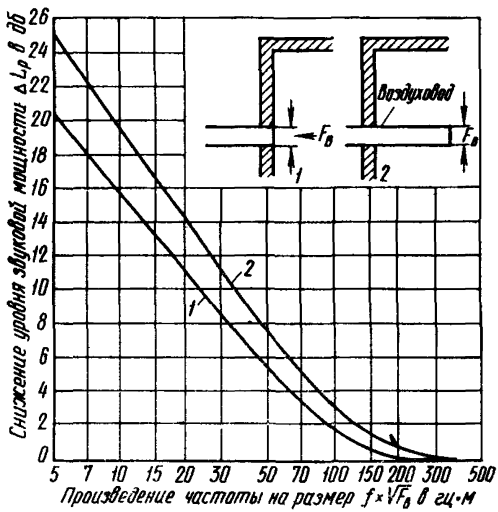


Рис. 10. Снижение уровней (потери) звуковой мощности в результате отражения от открытого конца воздуховода или решетки

1—конец воздуховода (решетка) заподлицо со стеной; 2 — конец воздуховода (плафон) выступает в помещение; $F_в$—площадь поперечного сечения воздуховода (решетки) в $м^2$; f — частота в $гц$

2. Для тройников на проходе следует учитывать только снижение уровня звуковой мощности по формуле (16).

4.6. Снижение уровней (потери) звуковой мощности в результате отражения от открытого конца воздуховода или решетки в зависимости от частоты звука, площади поперечного сечения решетки или выпускного отверстия и их расположения в помещении следует определять по графику рис. 10.

5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРЕБУЕМОГО СНИЖЕНИЯ УРОВНЕЙ ЗВУКОВОГО ДАВЛЕНИЯ

5.1. Снижение уровней звукового давления, создаваемого установками вентиляции, кондиционирования

воздуха и воздушного отопления, следует предусматривать в тех случаях, когда в результате их работы октавные уровни звукового давления на постоянных рабочих местах или в расчетных точках помещения превышают октавные уровни звукового давления, допустимые по нормам.

5.2. Мероприятия по снижению шума необходимо предусматривать для всех источников, требуемое снижение уровня звукового давления которых $\Delta L_{тр} > 3$ *дб* хотя бы в одной октавной полосе.

5.3. Если в помещение проникает шум только от одного источника, то требуемое снижение уровней звукового давления в расчетной точке $\Delta L_{тр}$ следует определять для всех частот по формуле

$$\Delta L_{тр} = L - L_{доп} + 5, \qquad (17)$$

где L — октавный уровень звукового давления в расчетной точке в *дб* (вычисленный по формулам, приведенным в п. 3.2);

$L_{доп}$ — октавный уровень звукового давления, допустимый по нормам, в *дб*.

5.4. Если в расчетную точку одновременно поступает шум от нескольких источников, то расчет требуемого снижения уровней звукового давления надлежит определять для каждого источника в отдельности по формуле

$$\Delta L_{i\,треб} = L_i - L_{доп} + 10 \lg n + 5, \qquad (18)$$

где L_i — октавный уровень звукового давления, создаваемый рассматриваемым источником шума в расчетной точке, в *дб*;

n — общее количество принимаемых в расчет источников шума (например, общее число решеток приточной и вытяжной механической вентиляции, дросселирующих устройств и т. д.).

Примечания: 1. В общем количестве источников шума n не учитываются источники шума, создающие в расчетной точке октавные уровни звукового давления на 10 *дб* ниже нормативных при их числе не более 3 и на 15 *дб* ниже нормативных при их числе не более 10.

2. В общем количестве принимаемых в расчет источников шума не учитываются дросселирующие устройства, установленные у вентилятора и в магистральных воздуховодах.

5.5. Если «шумное» (с более высоким средним уровнем звукового давления) и «тихое» (с более низким средним уровнем звукового давления) соседние помещения соединены посредством одного воздуховода, то тре-

буемое снижение шума при его распространении по воздуховоду из «шумного» помещения в «тихое» следует определять по формуле

$$\Delta L_{\text{треб}} = L_{\text{пом}} + 10 \lg S_P - \Delta L_P - 10 \lg B_{\text{и}} - L_{\text{доп}} + 5, \quad (19)$$

где $L_{\text{пом}}$ — средний уровень звукового давления в «шумном» помещении в данной октавной полосе в *дб* (определяется в соответствии с п. 5.6);

S_P — площадь решетки (или решеток), через которую шум проникает в воздуховод из шумного помещения, в $м^2$;

ΔL_P — снижение октавного уровня звуковой мощности на участке вентиляционной сети между рассматриваемыми помещениями в *дб* (определяется по данным раздела 4);

$B_{\text{и}}$ — постоянная изолируемого помещения в данной октавной полосе в $м^2$ (определяется в соответствии с пп. 3.4 или 3.5);

$L_{\text{доп}}$ — допустимый по нормам октавный уровень звукового давления для изолируемого помещения в *дб*.

5.6. Средний уровень звукового давления в «шумном» помещении следует определять путем измерений или по формуле

$$L_{\text{пом}} = 10 \lg \sum_{i=1}^{m} 10^{0{,}1 L_{P_i}} - 10 \lg B_{\text{ш}} + 6, \quad (20)$$

где L_{P_i} — октавный уровень звуковой мощности отдельного источника шума в *дб*;

$B_{\text{ш}}$ — постоянная «шумного» помещения в данной октавной полосе в $м^2$.

Примечание. Первый член в формуле (20) можно определить по правилу сложения уровней звуковой мощности, пользуясь табл. 4.

5.7. Если шум в помещение проникает через стенки воздуховодов, то требуемую звукоизолирующую способность стенок воздуховодов $R_{\text{тр}}$ (при невозможности снижения уровня звукового давления другими средствами) следует определять по формуле

$$R_{\text{тр}} = L_{P_{\text{в}}} - \Delta L_{P_{\text{в}}} - L_{\text{доп}} - 10 \lg B_{\text{и}} + 10 \lg \frac{S}{S_{\text{в}}} + 3, \quad (21)$$

где $L_{P_в}$ — октавный уровень звуковой мощности источника шума, излучаемого в воздуховод, в *дб* (определяется в соответствии с разделом 2);

$\Delta L_{P_в}$ — суммарное снижение уровней звуковой мощности по пути распространения звука от источника (вентилятора, дросселя и т. п.) до начала рассматриваемого участка воздуховода, излучающего шум в помещение, в *дб* (определяется по данным раздела 4);

$B_и$ — постоянная изолируемого помещения в $м^2$ (определяется в соответствии с пп. 3.4 или 3.5);

$S_в$ — площадь поперечного сечения воздуховода в $м^2$;

S — площадь поверхности воздуховода в пределах «тихого» помещения в $м^2$.

5.8. На участках, расположенных после глушителя в пределах вентиляционной камеры или проходящих через «шумные» производственные помещения, требуемую звукоизолирующую способность стенок воздуховода следует определять по формуле

$$R_{тр} = L_{пом} + 10 \lg S - L_{P_в} + \Delta L_{P_в} - 4, \qquad (22)$$

где $L_{пом}$ — средний уровень звукового давления в «шумном» помещении в данной полосе частот в *дб* [определяется по формуле (20)];

S — площадь поверхности воздуховода в пределах «шумного» помещения в $м^2$.

Примечание. При определении $\Delta L_{P_в}$ в формулах (21) и (22) следует учитывать снижение уровней звуковой мощности в глушителе, если таковой запроектирован.

6 МЕРОПРИЯТИЯ ПО СНИЖЕНИЮ УРОВНЕЙ ЗВУКОВОГО ДАВЛЕНИЯ

6.1. Для обеспечения требуемого снижения уровней звукового давления $\Delta L_{тр}$ на постоянных рабочих местах или в помещении (в расчетных точках) могут предусматриваться следующие мероприятия:

а) снижение уровней звуковой мощности источников шума $L_р$ (это может быть достигнуто применением более

совершенных с акустической точки зрения вентиляторов, эжекционных кондиционеров и т. п., а также выбором оптимальных режимов их работы и скоростей движения воздуха);

б) снижение уровня звуковой мощности источников шума по пути распространения звука ΔL_p (это может быть достигнуто устройством глушителей, рациональной планировкой зданий, увеличением звукоизоляции воздуховодов, расположенных в «шумных» и «тихих» помещениях, и другими мероприятиями);

в) изменение акустических качеств помещения, в котором находится рабочее место (расчетная точка), путем увеличения постоянной помещения (это можно достигнуть посредством применения звукопоглощающих облицовок и штучных звукопоглотителей);

г) снижение уровня прямого звука (это может быть обеспечено посредством рациональной ориентации источника шума, например уменьшением фактора направленности звука Φ по направлению от источника шума на рабочее место, удалением рабочего места от источника шума).

Примечания: 1. Необходимость проведения одного или комплекса указанных мероприятий для обеспечения требуемого снижения уровней звукового давления определяется в проекте в каждом конкретном случае.

2. Выбор необходимого комплекса мероприятий для обеспечения требуемого снижения уровней звукового давления следует производить для каждого источника шума в отдельности.

6.2. Для снижения уровней звукового давления (заглушение шума) в установках вентиляции, кондиционирования воздуха и воздушного отопления следует применять диссипативные глушители, т. е. трубчатые, сотовые, пластинчатые и камерные глушители со звукопоглощающими материалами, а также облицованные изнутри такими материалами воздуховоды и повороты

6.3. Тип и размеры глушителя следует определять расчетом в зависимости от допускаемой скорости движения и расхода воздуха, требуемого снижения шума и местных условий. Схемы рекомендуемых конструкций глушителей приведены на рис. 11.

Примечания: 1. Рабочие чертежи конструкций трубчатых пластинчатых и сотовых глушителей при проектировании следует принимать в соответствии с альбомами типовых чертежей. В альбомах приводятся частотные характеристики заглушения шума в глушителях и данные по их аэродинамическим сопротивлениям.

2. Допускается разрабатывать для отдельных случаев специ-

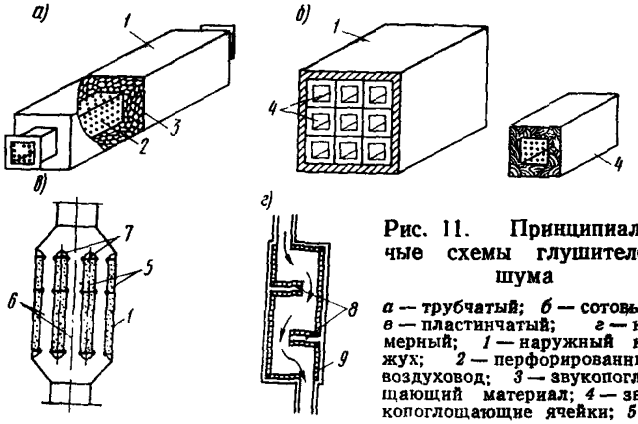


Рис. 11. Принципиальные схемы глушителей шума

а — трубчатый; *б* — сотовый; *в* — пластинчатый; *г* — камерный; *1* — наружный кожух; *2* — перфорированный воздуховод; *3* — звукопоглощающий материал; *4* — звукопоглощающие ячейки; *5* — звукопоглощающие пластины; *6* — каналы для воздуха; *7* — обтекатели; *8* — поперечные перегородки; *9* — облицовка

альные конструкции глушителей. Частотные характеристики заглушения шума таких глушителей должны определяться специализированными организациями.

6.4. Необходимое свободное сечение глушителя следует определять из соотношения

$$S_{св} = \frac{Q}{v_{доп}}, \qquad (23)$$

где Q — расход воздуха через глушитель в *м³/сек*;

$v_{доп}$ — допустимая скорость движения воздуха в глушителе в *м/сек* (принимается по данным альбома типовых чертежей глушителей либо при отсутствии этих данных для общественных и административных зданий — по табл. 16 настоящих Указаний в зависимости от индекса предельного спектра шума, который устанавливается нормами в зависимости от назначения помещения).

Таблица 16

Допускаемая скорость движения воздуха в глушителях общественных и административных зданий в *м/сек*

Индекс предельных спектров шума	N-25	N-35	N-45	N-50
Допускаемая скорость движения воздуха в *м/сек*	4	6	8	10

Примечания: 1. В производственных зданиях промышленных предприятий скорость движения воздуха в глушителях не должна превышать 12 *м/сек*.

2. В тех случаях, когда по технологическим требованиям скорости движения воздуха превышают 12 *м/сек* (например, аспирационные системы и т. п.), на ответвлениях после воздухоприемного устройства следует устанавливать глушители. При отсутствии данных о звуковой мощности шума, возникающего в элементах этих установок, на конечных участках следует устанавливать трубчатые глушители длиной 1 *м*.

6.5. Необходимую длину глушителя следует определять на основании частотных характеристик заглушения (затухания) шума на 1 *м* длины глушителя, приведенных в альбомах типовых чертежей глушителей, и результатов расчета требуемого заглушения шума для каждой октавной полосы по формуле

$$l_{тр} = \frac{\Delta L_{тр}}{\Delta L}, \qquad (24)$$

где $\Delta L_{тр}$ — требуемое заглушение шума в глушителе в *дб* (см. раздел 5);

ΔL — проектное заглушение шума в глушителе длиной 1 *м* в *дб*.

Примечания: 1. Длину глушителей следует принимать по наибольшему из всех значений $l_{тр}$, полученных в результате расчета для отдельных октавных полос.

2. Заглушение шума в сотовых и пластинчатых глушителях не зависит от количества параллельных каналов для воздуха.

6.6. При компоновке установок вентиляции, кондиционирования воздуха и воздушного отопления рекомендуется устанавливать центральный глушитель (см. рис. 3) и предусматривать для него место по возможности ближе к вентилятору в начале вентиляционной сети, чтобы ограничить до минимума шум, проникающий через стенки воздуховодов в помещения, через которые они проходят.

Помещения вентиляционной камеры желательно отделить от помещения для глушителей стеной с весом ее конструкции не менее 150—200 *кг/м*^{2}. При отсутствии такой возможности наружный кожух глушителя и воздуховод после него, находящиеся в пределах вентиляционной камеры, следует дополнительно изолировать снаружи с таким расчетом, чтобы звукоизолирующая способность стенок отвечала требуемой по расчету (см. п. 5.8).

Примечание. Требуемую звукоизолирующую способность стенок воздуховодов можно уменьшить посредством применения зву-

копоглощающей облицовки для снижения шума в вентиляционной камере.

6.7. В некоторых случаях допускается производить расчет требуемого заглушения шума для самого дальнего ответвления воздуховодов и подбирать соответствующий центральный глушитель, а на ближних ответвлениях воздуховодов устанавливать вспомогательные глушители значительно меньшего поперечного сечения.

6.8. Для заглушения шума, возникающего в воздуховодах при движении потока воздуха, а также шума, проникающего в воздуховоды извне от посторонних источников, в ответвлениях следует располагать вспомогательные глушители (см. рис. 3).

Требуемую эффективность вспомогательных глушителей следует определять расчетом в соответствии с п. 5.3.

6.9. В случаях, когда из-за недостатка места принимается глушитель, не обеспечивающий требуемое заглушение шума, рекомендуется дополнительно применять внутреннюю облицовку воздуховода звукопоглощающим материалом.

Величину затухания шума в облицованном воздуховоде следует определять, как и для трубчатых глушителей соответствующих размеров.

6.10. Для заглушения шума, проникающего через приточную (воздухозаборную) камеру в атмосферу, наряду с глушителями рекомендуется применять облицовку внутренних поверхностей этих камер звукопоглощающим материалом.

Суммарное заглушение в последовательно расположенных облицованных камерах рассчитывается по формуле

$$\Delta L_{\text{ком}} = \sum_{i=1}^{n} 10 \lg \frac{A_i}{S_{i_{\text{вых}}}}, \qquad (25)$$

где

$A_i = \alpha_i S_i$ — полное звукопоглощение отдельной камеры в $м^2$ (звукопоглощение пола не учитывается);

S_i и α_i — соответственно площади и реверберационные коэффициенты звукопоглощения облицовки внутренних поверхностей камеры (значения α для облицовок определяются по табл. 17);

$S_{i_{\text{вых}}}$ — площадь живого сечения выходного

Таблица 17

Реверберационные коэффициенты звукопоглощения α материалов, применяемых для облицовки приточных камер

Звукопоглощающая конструкция	Среднегеометрические частоты октавных полос в *гц*							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Маты из отходов капронового волокна (ТУ 340-55) $\gamma=100$ *кг/м*^{3}, защитное покрытие из стеклоткани и перфорированного металлического листа:								
а) толщина звукопоглощающего слоя 50 *мм*	(0,02)	0,15	0,46	0,82	0,92	0,93	0,93	0,9
б) толщина звукопоглощающего слоя 100 *мм*	(0,23)	0,48	0,72	0,89	0,97	0,98	0,98	0,9
Маты из супертонкого стекловолокна толщиной 100 *мм*, $\gamma=15$ *кг/м*^{3}с защитным покрытием из стеклоткани и перфорированного листа	(0,2)	0,47	1	1	1	1	1	0,9
То же, с перфорированной асбоцементной плитой (вместо перфорированного листа) толщиной 4 *мм* (ВТУ 084-65) и площадью перфорации не менее 13%	(0,1)	0,53	1	1	1	1	0,87	(0,6)
Маты из супертонкого стекловолокна толщиной 50 *мм*, $\gamma=15$ *кг/м*^{3} с защитным покрытием из стеклоткани и перфорированного листа	(0,05)	0,12	0,5	1	1	0,95	0,9	(0,8)

Примечания: 1. Данные, указанные в скобках, являются ориентировочными.

2. Металлические листы должны иметь площадь перфорации не менее 20% от общей площади листа.

канала из отдельной камеры («вход» и «выход» из камеры определяются по направлению распространения звука) в $м^2$;

n — общее количество камер.

Примечание. Снижение уровней (потери) звуковой мощности в фильтрах и калориферах не учитывается.

6.11. Для снижения уровня шума, проникающего через стенки воздуховода в помещение(или наоборот), необходимо повышать звукоизолирующую способность стенок воздуховодов.

Облицовку следует предусматривать:

а) в пределах вентиляционных камер на участках, расположенных после глушителя;

б) на участках, расположенных после глушителей и проходящих через «шумные» производственные помещения;

в) на участках, проходящих через «тихие» помещения

6.12. Конструкции стенок воздуховодов, удовлетворяющие требуемой по расчету (см. п. 5.7) звукоизолирующей способности, следует выбирать по частотным характеристикам звукоизолирующей способности стенок воздуховодов, приведенным в табл. 10 и 11.

6.13. Выбор звукопоглощающих материалов для глушителей, облицовки воздуховодов и вентиляционных камер следует производить в зависимости от назначения установок (приточная, рециркуляционная, вытяжная), в которых предусматриваются мероприятия по заглушению шума.

Примечание. Конструкция глушителей и звукопоглощающих облицовок должна исключать возможность выдувания звукопоглощающего материала.

6.14. В вентиляционных приточных и рециркуляционных установках, обслуживающих помещения с производствами, отнесенными по пожарной опасности к категориям А, Б и В, в качестве звукопоглощающего материала для глушителей и облицовки воздуховодов следует применять маты супертонкого стекловолокна марки Ш (СТУ 651-65 или СТУ 57/07-3-65) с объемным весом 15—25 $кг/м^3$.

В приточных и рециркуляционных установках, обслуживающих помещения с производствами, отнесенными по пожарной опасности к категориям Г и Д, можно также для глушителей и облицовки воздуховодов применять в качестве звукопоглощающего материала отходы

капронового волокна (СТУ 1-168-62, СТУ 1-202-62 или ТУ 340-55) при объемном весе 120—150 *кг/м*³ и поропласт полиуретановый эластичный самозатухающий (ТУ 35-XII № 598-63) или крошку из этого поропласта при плотности набивки не менее 40 *кг/м*³.

Примечание. Перед набивкой в глушитель или в облицовку воздуховодов отходы капронового волокна необходимо разрыхлить на щипальной или кордочесальной машине

6.15. Для глушителей и облицовки воздуховодов вытяжных установок помимо супертонкого стекловолокна рекомендуется применять полужесткие плиты из стекловолокна марки ЦФД с объемным весом 30—40 *кг/м*³ (СТУ-47), а при их отсутствии минераловатные плиты марки ПМ-50 или плиты минераловатные полужесткие марки ППМ-80 (СТУ 35-462-63 или ГОСТ 9573-63) на фенольной связке с объемным весом 80 *кг/м*³.

6.16. Для предупреждения выдувания звукопоглощающего материала из глушителей и облицовок воздуховодов при скоростях движения воздуха до 15 *м/сек* рекомендуется применять защитные покрытия, состоящие из перфорированных стальных листов толщиной 0,8—1,2 *мм* с площадью перфорации не менее 20% (диаметр отверстий 4—5 *мм*, шаг 8—10 *мм*) и стеклоткани марки Э-0,1 или Э-0,08 (ГОСТ 8481—61).

Примечания: 1. Указанное покрытие является акустически прозрачным и не ухудшает эффективности работы глушителей и облицовки воздуховодов.

2. Применение пленочных покрытий не рекомендуется

6.17. В конструкциях звукопоглощающей облицовки приточных камер установок применяются:

а) маты из супертонкого стекловолокна марки Ш (СТУ 57/07-3-65) с водоотталкивающей пропиткой с защитным покрытием из стеклоткани марки Э-0,1 или Э-0,08 (ГОСТ 8481—61) и перфорированного металлического листа или асбестоцементной плиты.

6.18. При проектировании вытяжных установок для агрессивных сред (с щелочами, кислотами и др.) выбор материалов для наполнения глушителей, облицовок воздуховодов и камер и защитных оболочек их производится для каждого случая отдельно с учетом свойств среды.

6.19. При повышенных температурах воздуха (более 100°С), транспортируемого через глушитель, воздуховод или камеру, следует применять температуростойкие звукопоглощающие материалы (супертонкое стекловолокно, минеральная вата и др.).

ПРИМЕРЫ АКУСТИЧЕСКОГО РАСЧЕТА УСТАНОВОК ВЕНТИЛЯЦИИ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА И ВОЗДУШНОГО ОТОПЛЕНИЯ С МЕХАНИЧЕСКИМ ПОБУЖДЕНИЕМ

Пример 1. Определение поправок для вычисления октавных уровней звуковой мощности вентиляторов

Дано

Центробежный вентилятор с загнутыми назад лопатками, число оборотов $n=600$ *об/мин*. Необходимо определить поправку ΔL_1 для вычисления октавных уровней звуковой мощности вентилятора.

Решение

Поправки на распределение звуковой мощности шума вентилятора по октавным полосам находим по данным табл. 2. При числе оборотов $n=600$ *об/мин* всю колонку цифр для вентиляторов с лопатками, загнутыми назад, нужно сдвинуть на октаву вверх. Тогда на частоте 1000 *гц* поправка будет равна 16, а на частоте 8000 *гц* — 31 *дб*. Аналогичным образом поправки находятся для других частот.

Для осевого вентилятора с $n=5000$ *об/мин* при $f=1000$ *гц* поправка равна 9 *дб*.

Пример 2. Определение суммарного уровня звуковой мощности шума вентиляторов

Дано

В помещении имеются три вентилятора с уровнями звуковой мощности шума на частоте 250 *гц* $L_1=85$ *дб*; $L_2=82$ *дб* и $L_3=78$ *дб*.

Необходимо определить суммарный уровень звуковой мощности шума при их одновременной работе.

Решение

Сначала складываем два бо́льших уровня звуковой мощности шума, для которых $L_1-L_2=85-82=3$ *дб*.

По табл. 4 находим поправку $\Delta L=1{,}8$ *дб*, тогда $L_{сум}=85+1{,}8=86{,}8$ *дб*.

Далее находим разность между суммарным уровнем первых двух уровней и оставшимся третьим: $\Delta L=86{,}8-78=8{,}8$ *дб*.

Тогда суммарный уровень трех источников будет равен: $L_{сум}=86{,}8+0{,}5=87{,}3$ *дб*.

Пример 3. Расчет октавных уровней звуковой мощности шума вентилятора

Дано

Приточный вентилятор Ц4-70 № 7, установленный снаружи здания, нагнетает воздух в производственное помещение. Производительность вентилятора 6000 *м³/ч*, полное давление 30 *кГ/м²*, число оборотов 600 *об/мин*, вентилятор работает в режиме максимального к. п. д. Размер выходного патрубка на стороне нагнетания 500×

×500 *мм*. На всасывающий патрубок вентилятора установлен плавный коллектор. Требуется определить октавные уровни звуковой мощности шума, излучаемого вентилятором в воздуховод и открытым входным патрубком в свободную атмосферу.

Решение

Сначала рассчитываем общие уровни звуковой мощности вентилятора для сторон всасывания и нагнетания по формуле (1). Критерии шумности находим по табл. 1. Поскольку вентилятор работает в режиме максимального к. п. д., поправка $\delta = 0$.
Тогда:

$$L_{p_{\text{общ. наги.}}} = 41 + 25 \lg 30 + 10 \lg \frac{6000}{3600} + 0 = 80 \text{ дб};$$

$$L_{p_{\text{общ. всас}}} = 38 + 25 \lg 30 + 10 \lg \frac{6000}{3600} + 0 = 77 \text{ дб}.$$

Октавные уровни звуковой мощности для стороны нагнетания подсчитываем по формуле (3). Для этого по табл. 2 находим поправки ΔL_1, учитывая, что лопатки вентилятора Ц4-70 загнуты назад, и при $n = 600$ *об/мин* всю колонку цифр этой таблицы нужно сдвинуть на октаву вверх. Найденные таким образом поправки $L\Delta_1$ помещаем в первую строку табл. 18.

Поправки ΔL_2 находим по табл. 3 в зависимости от величины корня квадратного из площади выходного патрубка в *мм*. В нашем случае эта величина равна 500 *мм*. Поправки ΔL_2 приведены во второй строке табл. 18.

Подсчитанные по формуле (3) октавные уровни звуковой мощности вентилятора для стороны нагнетания заносим в третью строку табл. 18. Октавные уровни звуковой мощности вентилятора для стороны всасывания подсчитываем по формуле (2) и вносим в четвертую строку табл. 18.

Таблица 18

Наименование величин	Ссылка	Среднегеометрические частоты октавных полос в *гц*							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1. Поправки ΔL_1 в *дб*	Табл. 2	7	5	6	9	16	21	26	31
2. Поправки на присоединение ΔL_2 в *дб*	Табл. 3	11	6	2	0,5	0	0	0	0
3. Октавные уровни звуковой мощности для стороны нагнетания в *дб*	Формула (3)	84	81	76	71,5	64	59	54	49
4. Октавные уровни звуковой мощности для стороны всасывания в *дб*	Формула (2)	70	72	71	68	61	56	51	46

Пример 4. Расчет частотной характеристики постоянной помещения В

Дано

Помещение лаборатории с размером в плане 10×15 *м* и высотой потолка 4 *м*. Требуется рассчитать частотную характеристику постоянной помещения.

Решение

Характеристику помещения устанавливаем по табл. 8, учитывая, что лаборатория относится к помещениям с небольшим количеством людей и жесткой мебелью. Постоянную помещения определяем по рис. 7.

Зная объем помещения $V=10\cdot15\cdot4=600$ *м*^{3}, по прямой *Б* верхней половины рис. 7 находим постоянную помещения на частоте 1000 *гц*, которая равна 60 *м*^{2}.

По табл. к рис. 7 для больших по объему помещений находим частотный множитель μ и записываем его величины в первую строку табл. 19. Умножив B_{1000} на μ, получим постоянную помещения для других частот (вторая строка табл. 19). Аналогичные результаты можно было получить, пользуясь табл. 9.

Таблица 19

Наименование величин	Ссылка	Среднегеометрические частоты октавных полос в *гц*							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1. Частотный множитель μ	Рис. 7	0,5	0,5	0,55	0,7	1	1,7	3	6
2. Постоянная помещения *B* в *м*^{2}	$B_{1000}\,\mu$	30	30	33	42	60	102	180	360

Пример 5. Расчет октавных уровней звуковой мощности шума, излучаемого в воздуховод дроссель-клапаном

Дано

Диаметр воздуховода 200 *мм*, угол поворота дроссель-клапана 30°, коэффициент сопротивления $\zeta=4$, скорость потока воздуха в воздуховоде $v=7$ *м/сек*. Требуется определить октавные уровни звуковой мощности, излучаемой дроссель-клапаном в воздуховод.

Решение

Сначала подсчитываем общий уровень звуковой мощности шума дроссель-клапана по формуле (5):

$$L_{P_{\text{общ}}} = 60 \lg 7 + 30 \lg 4 + 10 \lg(0{,}785 \times 0{,}2 \times 0{,}2) + 6 =$$

$$= 60 \times 0{,}845 + 30 \times 0{,}6 + 10 \times 2{,}5 + 6 = 60 \text{ дб}.$$

Далее рассчитываем по формуле (6) безразмерный частотный параметр Для частоты 125 *гц* параметр равен:

$$\overline{f} = \frac{125 \times 0{,}2}{7} = 3{,}55.$$

Для других частот величины рассчитанного параметра сведены в первую строку табл. 20. В зависимости от величины частотного параметра по табл. 5 находятся поправки ΔL_1, которые сведены во вторую строку табл. 20.

Предварительно подсчитав величину корня квадратного из площади воздуховода $\sqrt{F} = \sqrt{0{,}785 \cdot 200^2} = 175$ *мм*, находим по табл. 3 поправки ΔL_2 и вносим их в третью строку табл. 20.

Таблица 20

Наименование величин	Ссылка	Среднегеометрические частоты октавных полос в *гц*							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1. Параметр $\bar{f}$	Формула (6)	1,8	3,56	7,1	14,3	28,6	57	114	228
2. Поправка ΔL_1 в *дб*	Табл. 5	5	5	5	5,5	6,5	8	11	14,5
3. Поправка ΔL_2 в *дб*	Табл. 3	19	13,5	8,5	4	1	0	0	0
4. Октавные уровни звуковой мощности L_p в *дб*	Формула (3)	74	68,5	63,5	58,5	54,5	52	49	45,5

Октавные уровни звуковой мощности шума, излучаемого в воздуховод дроссель-клапаном, определяем по формуле (3). Результаты этого расчета приведены в четвертой строке табл. 20.

Пример 6. Расчет допускаемой скорости движения воздуха в анемостате

Дано

Для кондиционирования воздуха в помещении лаборатории (см. пример 4) установлено 6 приточных и 4 рециркуляционных анемостата с диаметром входного патрубка 200 *мм*. Анемостаты расположены выше рабочей зоны. Шум в помещении не должен превышать нормативной кривой *N*-40.

Требуется определить допускаемую скорость движения воздуха в приточных анемостатах.

Решение

Допускаемую скорость движения воздуха в анемостатах подсчитываем по формуле (7). Учитывая примечание к п. 2.13, расчет ведем только для частоты 2000 *гц*.

Допустимый шум $L_{доп}$ для частоты 2000 *гц*, соответствующий нормативной кривой с индексом *N*-40, равен 37 *дб*. Постоянная помещения на этой частоте $B=96$ *м*^{2} (см. пример 4). Площадь входного патрубка $F=0{,}785 \cdot (0{,}2)^2 = 0{,}0314$ *м*^{2}. Коэффициент сопротивления анемостата $\zeta=2$, а величина $Б=6$ *дб* (см. п. 2.9), общее число приточных и рециркуляционных анемостатов $n=10$ шт. Поправка $\Delta=0$, так как анемостат расположен выше рабочей зоны.

Поправку для определения октавного уровня звуковой мощности шума анемостата для частоты 2000 *гц* находим по табл. 6: $\Delta L_1 = 12$ *дб*. Тогда:

$$v_{доп} = 0{,}7 \cdot 10^{\frac{37 + 10 \lg \frac{96}{0{,}031 \cdot 10} - 30 \lg 2 + 12 - (6 + 0 + 6)}{60}} =$$

$$= 0{,}7 \cdot 10^{\frac{37 + 10 \lg 309 - 30 \cdot 0{,}3}{60}} = 0{,}7 \cdot 10^{\frac{53}{60}} = 5{,}3 \text{ м/сек.}$$

Пример 7. Расчет требуемой звукоизоляции стенок воздуховода

Дано

Воздуховод сечением 500×500 *мм*, длиной 5 *м* проходит через административное помещение со звукопоглощающим потолком. Размер помещений 8×5×4,5 *м*. Воздуховод не касается стен и потолка. В установке предусмотрен такой же вентилятор, как и в примере 3, расположенный на расстоянии 15 *м* от данного помещения.

Определить требуемую звукоизолирующую способность стенок воздуховода, если шум в помещении не должен превышать нормативной кривой с индексом N-40.

Решение

Требуемую звукоизолирующую способность стенок воздуховода рассчитываем по формуле (21), для чего предварительно определяем все необходимые параметры.

Уровни звуковой мощности шума вентилятора, излучаемого в воздуховод, принимаем по примеру 3 и вносим в первую строку табл. 21.

Затухание на прямом участке длиной 15 *м* принимаем по табл. 12 и вносим во вторую строку табл. 21. Уровни звуковой мощности шума, излучаемого в воздуховод, проходящий через рассматриваемое помещение, записаны в третьей строке табл. 21.

Постоянную помещения $B_и$ находим по кривой в рис. 7, подсчитав объем помещения $V = 8 \cdot 5 \cdot 4{,}5 = 180$ *м*^{3}. Данные расчета вносим в пятую и шестую строки табл. 21. Рассчитанные величины $10 \lg B$ сведены в седьмую строку табл. 21. Параметр $10 \lg \frac{S}{S_в}$ для данного случая равен:

$$10 \lg \frac{(0{,}5 + 0{,}5) \cdot 2 \cdot 5}{0{,}5 \cdot 0{,}5} = 10 \lg \frac{10}{0{,}25} = 16$$

и внесен в восьмую строку табл. 21.

Уровни звукового давления, соответствующие нормативной кривой с индексом N-40, приведены в четвертой строке табл. 21.

Рассчитанные по формуле (21) величины звукоизолирующей способности стенок воздуховода приведены в девятой строке табл. 21.

Из сравнения табл. 10 и полученной табл. 21 видно, что металлический кожух воздуховода не удовлетворяет требуемой звукоизоляции без дополнительных мероприятий по снижению шума в воздуховоде. Для этого в данном воздуховоде перед рассматриваемым помещением предусматриваем установку глушителя длиной 1 *м* с пластинами толщиной 400 *мм* на расстоянии 200 *мм* друг от друга

Таблица 21

Наименование величин	Ссылка	Среднегеометрические частоты октавных полос в *гц*							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1. Октавный уровень звуковой мощности вентилятора $L_{р_в}$ в *дб*	Формула (2)	84	80,5	76	71,5	64	59	54	49
2. Затухание шума на прямом участке $\Delta L_р$ в *дб*	Табл 12	6	6	3	1,5	0	0	0	0
3. Октавный уровень звуковой мощности, излучаемой в воздуховод, $L_{р_в}$ в *дб*		78	74,5	73	70	64	59	54	49
4. Допустимый уровень звукового давления N - 40 в *дб*		67	57	49	44	40	37	35	33
5. Частотный множитель μ	Рис. 7	0,8	0,75	0,7	0,8	1,0	1,4	1,8	2,5
6. Постоянная помещения $B_и$ в $м^2$	То же	28	26	25	28	35	49	63	88
7. 10 lg $B_и$ в *дб*		14,5	14	14	14,5	15,5	17	18	19,5
8. $10 \lg \frac{S}{S_в}$ в *дб*		16	16	16	16	16	16	16	16
9. Звукоизолирующая способность воздуховода $R_{тр}$ в *дб*	Формула (21)	15,5	22,5	29	30,5	27,5	24	20	15,5
10. Затухание шума в глушителе ΔL в *дб/м*	Альбом 4904-18 ЦИТП	5	7	10	12	13	7	4,5	3,5
11. Звукоизолирующая способность воздуховода $R^1_{тр}$ в *дб*	П. 9, п. 10	10,5	15,5	19	18,5	14,5	17	15,5	12
12. Звукоизолирующая способность стали толщиной 1 *мм* в *дб*	Табл. 10	13	17	21	25	28	32	36	35

Расчетное затухание в *дб/м* при наполнении пластин матами СТВ, принятое по альбому серии 4904-18 ЦИТП*, дано в десятой строке табл. 21.

После этого мероприятия требуемой звукоизолирующей способности воздуховода, указанной в строке 11 табл. 21, с некоторым запасом удовлетворяет сталь толщиной 1 *мм* (см. строку 12 табл. 21).

Пример 8. Акустический расчет приточной вентиляционной установки

Дано

Рабочее помещение административного здания с площадью пола 5×10 *м*² и высотой потолка 3,5 *м*. Воздух в помещение в количестве 800 *м*³/*ч* подается от центральной вентиляционной установки через две жалюзийные решетки размером 250×400 *мм*. Воздух на рециркуляцию забирается через две решетки такого же размера. Решетки имеют относительное живое сечение 0,6 и расположены выше рабочей зоны. Помещение имеет звукопоглощающий потолок.

Схема приточной вентиляционной установки показана на рис. 12. В приточной установке предусмотрен вентилятор Ц4-70 № 6 с параметрами: производительность 8000 *м*³/*ч*, давление

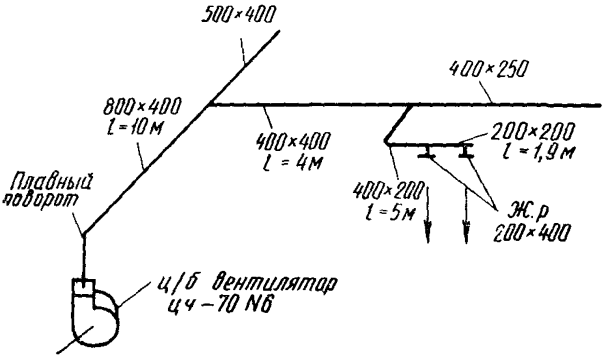


Рис. 12. Схема расчетной ветви воздуховодов

70 *кГ*/*м*², число оборотов 1100 *об*/*мин*, режим работы — оптимальный. Размер выходного патрубка вентилятора 425×425 *мм*. Скорости движения воздуха в сети воздуховодов не превышают рекомендуемых для предупреждения шумообразования (см. п. 2.14), поэтому акустический расчет должен учитывать только шум, создаваемый вентилятором и решетками (приточными и рециркуляционными).

Шум в помещении не должен превышать нормативной кривой с индексом N-40.

Требуется определить шум в помещении, создаваемый при работе установки вентиляции, и выявить необходимость снижения уровня шума и установки глушителя.

Решение

Рассчитаем сначала по формуле (7) допускаемую скорость

* Рабочие чертежи глушителей разработаны НИИ строительной физики и Сантехпроектом Госстроя СССР.

движения воздуха перед приточными решетками, подсчитав предварительно все необходимые параметры.

Площадь решетки $F=0{,}2\cdot 0{,}2=0{,}04$ *м*^{2}.

Зная относительное живое сечение решеток, по рис. 2 находим коэффициент аэродинамического сопротивления $\zeta=6$.

В соответствии с примечанием к п. 213 расчет допускаемой скорости для решеток можно делать только для частоты 2000 *гц*. На этой частоте допустимый уровень звукового давления, соответствующий нормативной кривой с индексом N-40 (строка 1, табл. 22), равен 37 *дб*

Зная объем помещения $V=5\cdot 10\cdot 3{,}5=175$ *м*^{3}, по табл. 8 и графикам на рис 7 находим постоянную помещения (расчет сведен во вторую и третью строки табл. 22).

Поправка *Б*, зависящая от типа обтекаемого элемента, для решеток равна 0. По табл. 6 для частоты 2000 *гц* находим поправку $\Delta L_1 = 8$ *дб*.

Поправка Δ на расположение источника шума в нашем случае равна нулю. Общее число решеток равно четырем.

Тогда:

$$v_{доп} = 0{,}7\cdot 10^{\dfrac{37+10\lg\dfrac{45}{0{,}04\cdot 4}-30\lg 6+8-6}{60}} =$$

$$= 0{,}7\cdot 10^{\dfrac{37+24-23{,}5+2}{60}} = 0{,}7\cdot 10^{0{,}66} = 0{,}7\cdot 4{,}56 =$$

$$= 3{,}2\ м/сек$$

Фактическая скорость воздуха на входе в жалюзийные решетки

$$v = \frac{400}{3600\cdot 0{,}2\cdot 0{,}2} = 2{,}8\ м/сек,$$

следовательно, шум, создаваемый в решетках, в дальнейшем расчете можно не учитывать.

Общий уровень звуковой мощности шума вентилятора на стороне нагнетания подсчитываем по формуле (1):

$$L_{P_{общ}} = 41 + 25\lg 70 + 10\lg\frac{8000}{3600} + 0 = 41 + 25\cdot 1{,}85 +$$

$$+ 10\cdot 0{,}35 = 91\ дб.$$

Октавные уровни звуковой мощности шума вентилятора, излучаемого в сеть, определим по формуле (3). Необходимые для этого поправки ΔL_1 находим по табл. 2 (строка 4, табл. 22). Поправки ΔL_2 определяем интерполированием по табл. 3, зная размеры выходного патрубка, и вносим в строку 5. Рассчитанные таким образом октавные уровни внесены в строку 6 табл. 22.

Снижение уровней звуковой мощности в отдельных элементах вентиляционной сети (см. рис. 12) определяем по данным раздела 4 и вносим в строки 7—18 табл. 22. Суммарное снижение звуковой мощности шума приведено в строке 19 табл. 22.

Уровни звуковой мощности шума вентилятора на выходе из приточной решетки до осуществления мероприятий по снижению шума приведены в строке 20 табл. 22.

Таблица 22

Наименование величин	Ссылка	Среднегеометрические частоты октавных полос в *гц*							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1. Допустимые уровни звукового давления $L_{доп в}$ *дб* (кривая с индексом N-40)		67	57	49	44	40	37	35	33
2. Частотный множитель μ	Рис. 7	0,8	0,75	0,7	0,8	1	1,4	1,8	2,5
3. Постоянная помещения B *м*^{2}	То же	26	24	23	26	32	45	58	80
4. Поправка ΔL_1 при n=1100 *об/мин* в *дб*	Табл. 2	11	7	5	6	9	16	21	26
5. Поправка ΔL_2 в *дб*	Табл. 3	12,5	7,5	3	0,5	0	0	0	0
6. Октавный уровень звуковой мощности вентилятора $L_{P\ в}$ в *дб*	Формула (3)	92,5	91,5	89	85,5	82	75	70	65
7. Снижение уровня звуковой мощности в плавных поворотах шириной 400 *мм* в *дб*	Табл. 14	0	0	0	1	2	3	3	3
8. Затухание шума в металлических воздуховодах 800×400 *мм* длиной 10 *м* в *дб*	Табл. 12	3,5	3	2	1	1	1	1	1
9. Снижение шума в прямоугольном повороте шириной 400 *мм* в *дб*	Табл. 13	0	0	3	8,5	7	5	5,5	7,5
10. Снижение шума в разветвлении m'=0,89 в *дб*	Рис. 9	4	4	4	4	4	4	4	4
11. Затухание шума в воздуховоде сечением 400×400 *мм* и длиной 4 *м* в *дб*	Табл. 12	1,5	1,5	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
12 Снижение шума в разветвлении m'=1 в *дб*	Рис. 9	3	3	3	3	3	3	3	3
13. Снижение шума в прямоугольном повороте шириной 400 *мм* в *дб*	Табл. 13	0	0	3	8,5	7	5	5,5	7,5

Продолжение табл. 22

Наименование величин	Ссылка	Среднегеометрические частоты октавных полос в *гц*							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
14. Затухание шума в воздуховоде сечением 400×200 *мм* и длиной 5 *м* в *дб*	Табл. 12	2	2	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
15. Снижение шума в плавном повороте шириной 400 *мм* в *дб*	Табл. 14	0	0	0	1	2	3	3	3
16. Снижение шума в разветвлении $m'=1$ в *дб*	Рис 9	3	3	3	3	3	3	3	3
17. Параметр $f\sqrt{F}$ в *гц·м*	—	17,8	35,3	70,6	141,2	282,5	565	1130	2260
18. Снижение уровня в результате отражения от решетки сечением 200×400 *мм* в *дб*	Рис. 10, кривая *1*	12,5	8	3,5	0,5	0	0	0	0
19. Суммарное снижение уровня звуковой мощности в *дб*	Сумма пп. 7—16 и п. 18	29,5	24,5	23,5	31,5	30	28	29	33
20. Уровни звуковой мощности на выходе из решетки в *дб*	Разность п. 6 и п. 19	63	67	65,5	54	52	47	41	32
21. Параметр $10\lg B$ в *дб*	См. п. 3	14	14	13,5	14	15	16,5	17,5	19
22. Уровни звукового давления в расчетной точке от одной решетки в *дб*	Формула (9)	54	59	58	46	43	36,5	29,5	19
23. Величина $10\lg n+5$ в *дб* при $n=4$	—	11	11	11	11	11	11	11	11
24. Требуемое снижение уровня звукового давления в *дб*	Формула (18)	—	13	20	13	14	10,5	5,5	—
25. Затухание в глушителе в *дб/м*	Альбом серии 4908-18	4	4	10	12	12	8	5	4
26. Требуемая длина глушителя в *м*	Формула (24)	—	3,3	2	1,1	1,2	1,4	1,3	—

Рассчитанные по формуле (9) уровни звукового давления в помещении от одной решетки сведены в строку 22 табл. 22. Учитывая общее количество приточных и рециркуляционных решеток, по формуле (18) подсчитываем требуемое снижение уровней звукового давления (данные сведены в строку 24 табл. 22).

Для снижения шума предусматриваем установку пластинчатого глушителя с пластинами 200 *мм* и фактором свободного сечения 50%. Проектное заглушение (затухание) в глушителе принимаем по альбому ЦИТП серии 4904-18 (строка 25, табл. 22). Требуемую длину глушителя (строка 26) определяем по формуле (24) и данным строк 24 и 25.

Учитывая типовые размеры пластин, принимаем к установке глушитель длиной 3,5 *м*.

Пример 9 Расчет уровней звукового давления на прилегающей к зданию территории

Дано

Вытяжной вентилятор Ц4-70 № 7 установлен в вентиляционной камере и выбрасывает воздух через отдельно стоящую шахту на прилегающую территорию. Уровень звуковой мощности шума вентилятора на стороне нагнетания в октавной полосе 250 *гц* равен 76 *дб*. Потери звуковой мощности в сети воздуховодов (на участке от вентилятора до выбросной шахты) в рассматриваемой полосе частот составляют 10 *дб*.

Требуется определить уровень звукового давления в октавной полосе 250 *гц* на расстоянии 30 *м* от выбросной шахты, если расчетная точка находится под углом 45° к оси жалюзийной решетки выбросной шахты.

Решение

Уровень звукового давления рассчитываем по формуле (12). Поправку на расположение источника шума (жалюзийная решетка) находим по данным на рис. 6. В нашем случае $\Delta=0$. Затухание звука в атмосфере принимаем по табл. 7. Тогда уровень звукового давления на расстоянии 30 *м* от решетки в октавной полосе 250 *гц* будет равен:

$$L = 76 - 10 - 20 \lg 30 - \frac{1{,}5 \cdot 30}{1000} + 0 - 8 = 58 -$$

$$- 20 \cdot 1{,}47 - 0{,}04 = 28{,}5 \text{ дб}.$$

ГОССТРОЙ СССР
УКАЗАНИЯ ПО АКУСТИЧЕСКОМУ РАСЧЕТУ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ УСТАНОВОК
СН 399-69
• • •
Стройиздат
Москва, К-31, Кузнецкий мост, дом 9
• • •
Редактор издательства Дрозд Т. А.
Технический редактор Тархова К. Е.
Корректор Л. П. Бирюкова

Сдано в набор 18/II 1970 г. Подписано к печати 22/VI 1970 г.
Бумага 84×108¹/₃₂ 0,75 бум. л. 2,52 усл. печ. л. (уч.-изд. 3,10 л.)
Тираж 30.000 экз. Изд. № XII—2649 Зак. № 148 Цена 16 коп.

gost.e-ecolog.ru

Подольская типография Главполиграфпрома
Комитета по печати при Совете Министров СССР
г. Подольск, ул. Кирова, 25.