

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК**

**Санкт-Петербургский государственный политехнический университет
(Политехнический институт императора Петра Великого)**

Инженерно-строительный факультет

Кафедра технологии, организации и экономики строительства

БОГОЛЕПОВ И.И.

Методические указания к курсовым проектам

**АКУСТИЧЕСКИЕ РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ
ВЕНТИЛЯЦИИ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА**

**Санкт-Петербург
2004**

СОДЕРЖАНИЕ

1. ВВЕДЕНИЕ	3
2. НОРМЫ РАСЧЕТА И ПРОЕКТИРОВАНИЯ.....	4
3. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ РАСЧЕТА И ПРОЕКТИРОВАНИЯ.....	6
4. МЕТОДИКА РАСЧЕТА ДЛЯ ПОМЕЩЕНИЙ, ГДЕ УСТАНОВЛЕНА МАШИНА.....	7
5. МЕТОДИКА РАСЧЕТА ДЛЯ ПОМЕЩЕНИЙ, ЧЕРЕЗ КОТОРЫЕ ВОЗДУХОВОДЫ ПРОХОДЯТ ТРАНЗИТОМ.....	8
6. МЕТОДИКА РАСЧЕТА ДЛЯ ПОМЕЩЕНИЙ, ОБСЛУЖИВАЕМЫХ СИСТЕМОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА.....	9
7. ПРАВИЛА ПРОЕКТИРОВАНИЯ СРЕДСТВ И МЕТОДОВ СНИЖЕНИЯ ШУМА.....	12
8. ЛИТЕРАТУРА.....	15
9. ГОСУДАРСТВЕННЫЕ СТАНДАРТЫ.....	17
10. МЕЖДУНАРОДНЫЕ СТАНДАРТЫ.....	19
11. ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ РАСЧЕТА.....	23
12. ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	27

1. ВВЕДЕНИЕ

Система вентиляции, кондиционирования воздуха и воздушного отопления является одним из основных источников шума в современных промышленных и общественных зданиях, в элитарном и высотном жилье, на судах, самолетах, в пассажирских вагонах и так далее. Шум в системе идет от вентилятора, распространяется по трубопроводу вместе с потоком воздуха и излучается в вентилируемое помещение через выпускное отверстие. Акустический расчет системы производится с целью выбора и контроля средств снижения шума. Эти средства должны обеспечить выполнение норм допустимых для человека уровней шума в вентилируемых помещениях – важных экологических норм. Значение выполнения этих норм в современном мире постоянно возрастает.

В последнее десятилетие произошел существенный прогресс в акустической теории, измерительной электронной технике и компьютеризации расчетов. Данные методические указания устанавливаются с учетом действующих документов и упомянутого прогресса правила и нормы акустического расчета системы вентиляции, кондиционирования воздуха и воздушного отопления (далее – СВ и КВ). Они позволяют рассчитать уровни звукового давления воздушного шума (далее – УЗД) на рабочих местах или местах отдыха человека вследствие работы вентиляторов (далее – машины) и соответствие полученной величины нормам допустимых уровней шума в расчетных точках. В случаях превышения нормы необходимо спроектировать средства и методы снижения шума СВ и КВ, обеспечивающие надежное выполнение этих норм. Проектирование производится на основании представленных соответствующих рекомендаций.

Методические указания действуют согласованно и совместно со следующими нормативными документами:

а. Государственный стандарт Союза ССР, Система стандартов безопасности труда. ГОСТ 12.1.003-83 (СТ СЭВ 1930-79) «**Шум. Общие требования безопасности**» (классификация, характеристики и допустимые уровни шума на рабочих местах, защита от шума, требования к шумовым характеристикам машин, измерение шума). Государственный комитет СССР по стандартам, Издательство стандартов, Москва, 1983;

б. «**Строительные нормы и правила. Нормы проектирования. Защита от шума**» СНиП II-12-77 (общие указания, источники шума и их шумовые характеристики, нормы допустимых уровней шума, определение уровней звукового давления в расчетных точках, определение требуемого снижения шума, звукоизоляция ограждающих конструкций зданий, звукопоглощающие конструкции и экраны, системы вентиляции, кондиционирования воздуха и воздушного отопления, газодинамические установки), разработан НИИСФ Госстроя СССР. Госстрой России, Москва, 1997;

в. «**Руководство по расчету и проектированию шумоглушения вентиляционных установок**» (разработано к СНиПу II-12-77 «Защита от шума» и в соответствии с ГОСТ 12.1003-83 «Шум. Общие требования безопасности»), НИИСФ Госстроя СССР и ГПИ Сантехпроект Госстроя СССР. Москва, Стройиздат, 1982;

г. «**Каталог шумовых характеристик технологического оборудования**» (разработан к СНиПу II-12-77 «Защита от шума» и в соответствии с ГОСТ 12.1003-83 «Шум. Общие требования безопасности»), НИИСФ Госстроя СССР. Москва, Стройиздат, 1988;

д. Государственный стандарт Союза ССР. ГОСТ 23793-79. «**Шум. Методы измерения снижения шума глушителями систем вентиляции, кондиционирования воздуха и воздушного отопления**» (Метод I. Измерение снижения уровней шума глушителем в отраженном звуковом поле реверберационной камеры. Метод II. Измерение снижения уровней шума глушителем внутри воздуховода с концевым звукопоглощающим устройством.). Утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по делам строительства от 6 августа 1979 г. № 138.

2. НОРМЫ РАСЧЕТА И ПРОЕКТИРОВАНИЯ

2.1. Акустический расчет СВ и КВ предусматривает определение УЗД в дБ в октавных полосах частот в расчетных точках нормируемых по шуму помещений исходя из уровней звуковой мощности (далее – УЗМ) в СВ и КВ. Величины УЗД и УЗМ связаны соотношением

$$L = L_N - 10 \lg S, \quad (2.1.)$$

где L – УЗД относительно $2 \cdot 10^{-5}$ Н/м²; L_N – УЗМ относительно 10^{-12} Вт; S – площадь распространения фронта звуковых волн, м².

2.2. Акустический расчет СВ и КВ производится для трех октавных полос частот со среднегеометрическими значениями: 125 Гц, 500 Гц и 2000 Гц.

2.3. Если расчетные значения УЗД превосходят норму шума хотя бы в одной из указанных трех полос частот на величину более 5 дБ или на суммарную величину по спектру более 10 дБ, то необходимо акустическое проектирование СВ и КВ (см. «7. ПРАВИЛА ПРОЕКТИРОВАНИЯ СРЕДСТВ И МЕТОДОВ СНИЖЕНИЯ ШУМА»).

2.4. До и после акустического проектирования расчет следует производить для восьми октавных полос частот со среднегеометрическими значениями 63 Гц, 125 Гц, 250 Гц, 500 Гц, 1000 Гц, 2000 Гц, 4000 Гц, и 8000 Гц. Пределы частот для октавных полос даны в табл. 1, из которой, в частности, следует, что средства и методы снижения шума разрабатываются для диапазона частот 44 Гц – 11360 Гц.

Таблица 1

Пределы частот для октавных частот		
Нижний предел полосы, Гц	Среднегеометрическая частота, Гц	Верхний предел полосы, Гц
44	63	88
88	125	177
177	250	355
355	500	710
710	1000	1420
1420	2000	2840
2840	4000	5680
5680	8000	11360

2.5. При акустическом расчете и проектировании СВ и КВ необходимо рассматривать только одну, наиболее короткую ветвь воздуховодов от машины до воздухораспределителя в помещении с нормируемым уровнем шума для номинального режима работы системы. Дополнительно следует проводить аналогичный расчет для второй ветви воздуховодов, если СВ и КВ обслуживает несколько помещений, для которых нормы шума различны, а указанная вторая ветвь обслуживает помещение с наименьшим допустимым уровнем шума. Кроме этих двух ветвей СВ и КВ, ведущих в самые близкие и в самые тихие помещения с нормируемым уровнем шума, акустический расчет других ветвей следует производить только по требованию заказчика по требованию заказчика.

2.6. Акустический расчет двух канальных СВ и КВ следует производить для случая обеспечения 100%-го расхода воздуха через один канал; второй канал должен быть таким же как и первый. При работе СВ и КВ с полной рециркуляцией акустический расчет должен быть выполнен как по нагнетательному, так и по всасывающему трактам.

2.7 Коэффициент местного сопротивления шума глушителей, устанавливаемых со стороны всасывания и нагнетания машины должен быть не менее двух. Акустический расчет обеспечивает возможность определения величин УЗД при указанных условиях для скоростей движения воздуха в глушителях до 10 м/с. Расход воздуха через воздухораспределители не должен превышать номинальных величин. Если уровни шума машин на расстоянии 1 м под углом 45° от патрубка на всасывании и нагнетании не превышают нормы шума, коэффициент местного сопротивления системы меньше пяти, скорости движения воздуха в магистралях меньше 15 м/с и скорости движения воздуха в ответвлениях перед воздухораспределителями меньше 6 м/с, то разрешается акустический расчет СВ и КВ не производить и УЗД воздушного шума в помещениях от СВ и КВ при расчете ожидаемой шумности в них не учитывать.

2.8. Для получения расчетных УЗД с удовлетворительной точностью и надежностью необходимо выполнить следующие требования:

- расчетные и фактические значения скоростей движения воздуха в СВ и КВ не должны различаться более, чем на 2м/с;
- значения шумовых характеристик всех элементов СВ и КВ, принятые в расчете и фактические значения этих характеристик, не должны различаться более, чем на 5 дБ в любой октавной полосе частот;
- компоновка СВ и КВ, принятые в расчете и фактически выполненные должны быть полностью адекватными

2.9. Нормы шума в помещениях при акустическом расчете и проектировании определяются требованиями ГОСТ 12.1.003-83 и СНиП II-12-77 (см. «1. ВВЕДЕНИЕ»).

3. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ РАСЧЕТА И ПРОЕКТИРОВАНИЯ

3.1. Исходными данными для акустического расчета являются:

- компоновочные схемы СВ и КВ, применяемые в конструкции сооружения; размеры машин, воздухопроводов, регулирующей арматуры, колен, тройников и воздухораспределителей; скорости движения воздуха в магистралях и ответвлениях; коэффициенты местного сопротивления элементов систем; (все принимаются по данным техзадания и аэродинамического расчета),
- чертежи общего расположения помещений, обслуживаемых СВ и КВ (по данным эскизного или технического проекта конструкции сооружения),
- шумовые характеристики машин, регулирующей арматуры и воздухораспределителей (по данным технической документации на эти изделия).

3.2. Шумовыми характеристиками машины являются следующие уровни звуковой мощности (УЗМ) воздушного шума в октавных полосах частот в дБ:

- L_{NB} , УЗМ шума, распространяющегося от машины в воздухопровод всасывания;
- L_{NH} , УЗМ шума, распространяющегося от машины в воздухопровод нагнетания;
- L_{NM} , УЗМ шума, излучаемого корпусом машины в окружающее пространство.

Для радиальных (центробежных) вентиляторов, для осевых вентиляторов, для крышных вентиляторов и для кондиционеров указанные УЗМ принимаются по данным технической документации на эти машины или рассчитываются по соответствующему руководству (см.

«1. ВВЕДЕНИЕ» пункт «в.»).

3.3. Шумовыми характеристиками регулируемой арматуры и воздухораспределителей являются уровни звуковой мощности (УЗМ) воздушного шума в октавных полосах частот в дБ:

- ΔL_N , УЗМ для шума, генерируемого элементами системы при прохождении потока воздуха через них (собственный шум);
- δL_N , УЗМ для шума, рассеиваемого или усиливаемого в элементах системы при прохождении через них потока звуковой энергии (дополнительное акустическое сопротивление).

Собственный шум элементов системы и их дополнительное акустическое сопротивление определяются на основании акустических испытаний по методике, аналогичной для таких испытаний машин (см. «1. ВВЕДЕНИЕ» пункты «а.», «б.» и «в.»). Значения величин ΔL_N и δL_N указаны в соответствующей технической документации на регулируемую арматуру и воздухораспределители.

4. МЕТОДИКА РАСЧЕТА ДЛЯ ПОМЕЩЕНИЙ, ГДЕ УСТАНОВЛЕНА МАШИНА

4.1. В обитаемых помещениях, где установлена машина, расчетные точки принимаются в соответствии с пунктом 2.9. Для необитаемых помещений машины, к которым не предъявляются требования по ограничению шума, расчет УЗД выполняется с целью последующего определения уровней шума в соседних помещениях. В этом случае расчетная точка располагается в центре разделяющей эти помещения преграды со стороны помещения машины.

4.2. Если всасывающий и нагнетательный патрубки выведены из помещения машины, то расчет УЗД в помещении, где она расположена, производится по следующим формулам.

Октавные УЗД в расчетной точке помещения определяются в дБ по формуле

$$L = L_{NM} + \Delta L_{\Pi} + 10, \quad (4.1.)$$

где L_{NM} - УЗМ шума, излучаемого корпусом машины (пункт 3.2.).

Величина ΔL_{Π} , учитывающая влияние помещения на шум в нем, насчитывается по формуле в дБ:

$$\Delta L_{\Pi} = 10 \lg \left(\frac{\Phi}{4\pi r^2} + \frac{4}{Q} \right), \quad (4.2.)$$

где r – расстояние от центра излучателя шума до расчетной точки в м;

$$Q = \frac{\alpha_{\Pi} S_{\Pi}}{1 - \alpha_{\Pi}} \quad - \text{ акустическая постоянная помещения в м}^2; \quad (4.3.)$$

α_{Π} - средний коэффициент звукопоглощения внутренних поверхностей помещения; S_{Π} – суммарная площадь этих поверхностей в м²; Φ - коэффициент направленности, значения которого принимаются в зависимости от положения источника шума по табл. 2.

Таблица 2

Коэффициент направленности	
Положение источника шума в помещении	Φ
В свободном пространстве помещения примерно на равных расстояниях от стен, потолка и пола	1
На плоской поверхности (например, на полу для машины, или на потолке для воздухораспределителя)	2
На стыке двух поверхностей (например, пола и стены - для машины, или потолка и стены - для воздухораспределителя)	4
На стыке трех поверхностей (например, пола двух стен - для машины, или потолка и двух стен - для воздухораспределителя)	8

4.3. Если в помещении размещены n источников шума, в частности машин, УЗД каждого из которых в расчетной точке равны L_i , то суммарный УЗД от всех их равен в дБ:

$$L_{\Sigma} = 10 \lg \left[\sum_{i=1}^n 10^{0,1L_i} \right]. \quad (4.4.)$$

Эта формула для акустического расчета СВ и КВ при суммировании шума в дБ имеет универсальное значение, то есть суммирование всегда должно производиться *энергетически*.

5. МЕТОДИКА РАСЧЕТА ДЛЯ ПОМЕЩЕНИЙ, ЧЕРЕЗ КОТОРЫЕ ВОЗДУХОВОДЫ ПРОХОДЯТ ТРАНЗИТОМ

5.1. Октавные УЗД воздушного шума, излучаемого в помещении стенками транзитного воздуховода, следует определять в расчетной точке помещения по формуле в дБ:

$$L = L_{NT} - R + \Delta L_{\Pi} + 10 \lg \frac{4l}{D_{\text{э}}} + 10, \quad (5.1.)$$

где L_{NT} - УЗМ воздушного шума в воздуховоде в дБ, равный L_{NB} или L_{NH} (см. пункт 3.2.);

R - звукоизоляция стенок воздуховодов в дБ;

ΔL_{Π} - величина по формуле (4.2.) при r в м, равном наименьшему расстоянию от стенок воздуховода до расчетной точки помещения;

l - длина воздуховода в пределах данного помещения в м ;

$D_{\text{э}} = 1,12 \sqrt{S_0}$ - эквивалентный диаметр в м сечения воздуховода с площадью S_0 в м².

5.2. Звукоизоляция стенок цилиндрического воздуховода рассчитывается по следующей формуле в дБ:

$$R = 10 \lg E - 20 \lg \left(\frac{D}{s} \right) - 16 \lg f + 32, \quad (5.2.)$$

где E - динамический модуль упругости материала стенки воздуховода в Н/м²;

D - внутренний диаметр воздуховода в м ;

s - толщина стенки воздуховода в м ;

f - среднегеометрическая частота октавных полос в Гц.

5.3. Звукоизоляция стенок воздуховодов прямоугольного сечения рассчитывается по следующей формуле в дБ:

$$R = 14,5 [\lg (f m + 100) - 2], \quad (5.3.)$$

где $m = \rho s$ - масса единицы поверхности стенки (произведение плотности материала в кг/м³ на толщину стенки в м);

f - среднегеометрическая частота октавных полос в Гц.

6. МЕТОДИКА РАСЧЕТА ДЛЯ ПОМЕЩЕНИЙ, ОБСЛУЖИВАЕМЫХ СИСТЕМОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА

6.1. Октавные УЗД воздушного шума СВ и КВ в помещениях, обслуживаемых одним «j – ым» воздухораспределителем, следует определять в расчетной точке по следующей формуле в дБ:

$$L_j = 10 \lg \left(10^{0,1L_{N(ВилиН)}} + 10^{0,1\Sigma\Delta L_N} \right) - \Sigma\delta L_N - \Delta L_0 + \Delta L_{Пj} + K_0, \quad (6.1.)$$

где: $L_{N(ВилиН)}$ - УЗМ шума, распространяющегося от машины в воздуховод всасывания или нагнетания в дБ;

$\Sigma\Delta L_N$ - УЗМ шума, генерируемого воздушным потоком во всех элементах системы (суммарный по энергии собственный шум системы) в дБ;

$\Sigma\delta L_N$ - УЗМ шума, рассеивающегося или усиливающегося при прохождении потока звуковой энергии через все элементы системы (суммарное дополнительное акустическое сопротивление системы) в дБ;

ΔL_0 - величина, учитывающая отражение звуковой энергии от концевое выходного отверстия воздухораспределителя в дБ принимается по табл. 3 (эта величина равна нулю, если $\Sigma\delta L_N$ включает в себя дополнительное акустическое сопротивление);

$\Delta L_{Пj}$ - величина в дБ, учитывающая влияние помещения на шум в нем при расстоянии r_j в м от центра воздухораспределителя j до расчетной точки, рассчитывается по формуле (4.2.);

K_0 - величина, равная 5 дБ для низкоскоростной СВ и КВ (скорость воздуха в магистралях меньше 15 м/с), равная 10 дБ для среднескоростной СВ и КВ (скорость воздуха в магистралях меньше 20 м/с) и равная 15 дБ для высокоскоростной СВ и КВ (скорость в магистралях меньше 25 м/с).

Таблица 3

Величина ΔL_0 в дБ

Корень квадратный из площади поперечного выходного сечения воздухораспределителя, мм	Среднегеометрические частоты октавных полос частот в Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
50	30,5	23	17	11,5	6	3	1,5	0
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	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

6.2. Суммарный по энергии собственный шум СВ и КВ определяется по формуле в дБ:

$$\Sigma \Delta L_N = 10 \lg \left(\sum_{i=1}^n 10^{0,1 \Delta L_{Ni}} \right), \quad (6.2.)$$

где ΔL_{Ni} - принимается по данным технической документации.

Суммирование под знаком логарифма производится по элементам системы, в которых генерируется звуковая энергия.

6.3. Суммарное дополнительное акустическое сопротивление СВ и КВ определяется по следующей формуле в дБ:

$$\Sigma \delta L_N = 10 \lg \left(10^{0,1 \Sigma \delta_0 L_N} + 10^{0,1 \Sigma (\delta_1 L_N)_i l_i} + 10^{0,1 \Sigma (\delta_2 L_N)_i} + 10^{0,1 \Sigma (\delta_3 L_N)_i} \right), \quad (6.3.)$$

где $\Sigma \delta_0 L_N$ - потери звуковой мощности в глушителях шума (активного типа, камерного или смешанного типа) в дБ, принимаемая для активных глушителей по данным технической документации или по данным расчета для камерных глушителей шума по пункту 6.4.;

$\sum_{i=1}^n (\delta_1 L_N)_i l_i$ - суммарные потери звуковой мощности на прямолинейных участках воздуховодов; l_i - длина i -го участка в м; n - общее число таких участков; $(\delta_1 L_N)_i$ - потери звуковой мощности на i -ом прямолинейном участке воздуховода единичной длины в дБ/м, принимается по данным табл. 4;

$\sum_{i=1}^m (\delta_2 L_N)_i^j$ - суммарные потери звуковой мощности в местах i -го тройника системы, общее число которых m с ответвлением j ; величина $(\delta_2 L_N)_i^j$ в дБ принимается по пункту 6.5.;

$\sum_{i=1}^k (\delta_3 L_N)_i$ - потери звуковой мощности в регулируемой арматуре и в воздухораспределителях; принимается в дБ по данным соответствующей технической документации на эти устройства (если эта величина включает в себя потери звуковой мощности в концевом воздухораспределителе, то $\Delta L_0 = 0$).

Таблица 4

Величина потерь звуковой мощности шума на прямолинейных участках воздуховодов единичной длины $\delta_1 L_N$ в дБ/м

Форма воздухо-вода	Диаметр или эквивалентный диаметр воздуховода в мм	Среднегеометрические частоты октавных полос в Гц							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Прямуюгольная	75-175	0,64	0,64	0,48	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32
	200-375	0,64	0,64	0,48	0,32	0,23	0,23	0,23	0,23
	400-750	0,80	0,64	0,32	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16
	800-1500	0,64	0,32	0,16	0,10	0,07	0,07	0,07	0,07
Круглая	75-175	0,09	0,10	0,15	0,16	0,31	0,31	0,31	0,31
	200-375	0,07	0,10	0,11	0,16	0,22	0,22	0,22	0,22
	400-750	0,05	0,06	0,07	0,10	0,16	0,16	0,16	0,16
	800-1500	0,03	0,03	0,04	0,06	0,07	0,07	0,07	0,07

6.4. Потери звуковой мощности (звукоизоляция) в дБ для камерных глушителей шума следует насчитывать по формуле:

$$\delta_0 L_N = 10 \lg \left[\cos^2 kl + \left(\frac{S}{S_K} + \frac{S_K}{S} \right)^2 \sin^2 kl \right], \quad (6.4)$$

где S - площадь сечения воздухопровода до и после камеры, S_K - площадь сечения камеры длиной l , $k = \omega/c$ - волновое число среды воздухопровода.

6.5. Потери звуковой мощности в местах разветвления системы (в тройниках) определяется тем, что исходная мощность делится в соответствии с относительной площадью разветвлений. Если воздухопровод перед тройником I с площадью сечения S разделяется на два воздухопровода с площадью сечений $S_{j=1}$ и $S_{j=2}$, то потери звуковой мощности в сечении $S_{j=1}$ рассчитывается по формуле

$$(\delta_3 L_N)_i^{j=1} = 10 \lg \left[\frac{\left(1 + \frac{S_1}{S} + \frac{S_2}{S} \right)^2}{4 \frac{S_1}{S}} \right], \quad (6.5)$$

а в сечении $S_{j=2}$ - по формуле

$$(\delta_3 L_N)_i^{j=2} = 10 \lg \left[\frac{\left(1 + \frac{S_1}{S} + \frac{S_2}{S} \right)^2}{4 \frac{S_2}{S}} \right].$$

Если $\left(\frac{S_1 + S_2}{S} \right) = 1$, к чему следует стремиться из аэродинамических соображений, то представленные формулы принимают вид соответственно:

$$(\delta_3 L_N)_i^{j=1} = 10 \lg \left(\frac{S}{S_1} \right) \quad \text{и} \quad (\delta_3 L_N)_i^{j=2} = 10 \lg \left(\frac{S}{S_2} \right). \quad (6.6)$$

6.6. УЗД воздушного шума от нескольких воздухораспределителей в одном помещении, обслуживаемом СВ и КВ, следует определять в расчетной точке в дБ по формуле (4.4.).

7. ПРАВИЛА ПРОЕКТИРОВАНИЯ СРЕДСТВ И МЕТОДОВ СНИЖЕНИЯ ШУМА

7.1. Для снижения шума СВ и КВ основное значение имеют следующие мероприятия и средства:

- компоновочные решения СВ и КВ;
- уменьшение скоростей движения воздуха в системе;
- установка глушителей шума (активных, камерных и смешанного типа) у главных источников шума в системе;
- применение звукоизоляции и ивброизоляции СВ и КВ;
- применение звукопоглощения в помещениях, обслуживающих СВ и КВ.

7.2. При разработке компоновочных решений СВ и КВ рекомендуется:

- не располагать вблизи шумных машин ответственные по шуму помещения с малым уровнем собственного шума; такие помещения рационально размещать как можно дальше от помещения шумных машин;
- необходимо избегать обслуживание одной машиной нескольких ответственных по шуму помещений, расположенных на существенно различных расстояниях от вентилятора, так как в помещениях, расположенных вблизи от машины, могут создаваться невыгодные в акустическом отношении условия – звуковая мощность вентилятора будет излишне высока для ближнего помещения, а потери звуковой мощности на коротком пути слишком малы; кроме того, количество воздуха, поступающее в ближнее помещение получится недопустимо большим, и придется сильно дросселировать ответвление, что вызовет дополнительный, иногда значительный, шум;
- при компоновке СВ и КВ следует предусмотреть звукоизолирующее помещение для машин, места для установки глушителей шума и виброизолирующих устройств;
- воздухообмены в помещениях необходимо обеспечивать рациональной компоновкой СВ и КВ таким образом, чтобы избежать излишних запасов подачи воздуха, так как с увеличением количества поступающего в помещение воздуха возрастает и шум в них.

7.3. Для снижения уровней шума СВ и КВ рекомендуется стремиться к уменьшению скоростей движения воздуха в системе до минимально возможных значений. При скоростях движения воздуха в магистралях системы до 15 м/с и в ответвлениях до 6 м/с генерация шума машинами незначительна и без особых трудностей может быть еще уменьшена в случае необходимости с помощью глушителей шума; генерация же шума в самой системе воздухопроводов, арматуры и воздухораспределителей при указанных скоростях и коэффициента местного сопротивления (безразмерная величина потерь напора) менее пяти практически отсутствует. Такая низкоскоростная СВ и КВ является малошумной, удовлетворяя, как правило, всем нормам и требованиям по воздушному шуму.

7.4. Для среднескоростной системы (скорость в магистралях до 20 м/с и в ответвлениях до 12 м/с) и особенно для высокоскоростной системы (скорость в магистралях до 25 м/с и в ответвлениях до 16 м/с) рекомендуется в первую очередь следующие меры для снижения генерации шума в СВ и КВ:

- оптимизация работы по раздаче воздуха СВ и КВ и её автоматизированного регулирования с целью исключить большие запасы при реализации полного давления, развиваемого вентиляторами, что практически дает часто наиболее значительное снижение шума как в самих машинах, так и на путях распространения воздуха в магистралях и ответвлениях;

- применение более совершенных по аэродинамическим характеристикам арматуры, воздухопроводов и воздухораспределителей с минимальным коэффициентом местного сопротивления в элементах системы, что позволяет использовать машины с меньшими напорными характеристиками, а следовательно и менее шумные; это также снизит генерацию шума в элементах системы.

7.5. Для предотвращения дополнительной генерации шума в элементах системы рекомендуется:

- не устанавливать дроссели вблизи впускных и выпускных устройств;
- все ответвления системы стремиться выполнять равнонагруженными по аэродинамическому сопротивлению, в частности, за счет правильного выбора диаметра воздухопроводов;
- избегать расположения фасонных элементов системы (тройники, дроссели и др.) друг относительно друга менее чем на пять калибров;
- не допускать резкого изменения сечения воздухопровода, все изменения сечения выполнять с плавным переходом;
- при монтаже воздухопроводов не оставлять выступов от фланцев и другие аналогичные дефекты сборки, генерирующие дополнительный шум турбулизирующего потока.

7.6. Главным специальным средством снижения воздушного шума всех типов СВ и КВ являются глушители шума (активные, камерные и смешанного типа) которые должны применяться в соответствии с нормативными и методическими документами, научно-технической литературой и стандартами, указанными в «1. ВВЕДЕНИЕ», «8. ЛИТЕРАТУРА», «9. ГОСУДАРСТВЕННЫЕ СТАНДАРТЫ» и «10. МЕЖДУНАРОДНЫЕ СТАНДАРТЫ». Располагать глушители шума рекомендуется в непосредственной близости к машинам и другим источникам генерации шума (регулирующая арматура, воздухораспределители и др.) или перед выпускным отверстием воздухопровода.

7.7. Для предотвращения дополнительной генерации шума в элементах СВ и КВ рекомендуется:

- не устанавливать дроссели вблизи впускных и выпускных устройств;
- все ответвления системы стремиться выполнить равнонагруженными по аэродинамическому сопротивлению, в частности, за счет правильного выбора диаметров воздухопроводов;
- избегать расположения фасонных элементов системы (тройники, дроссели, диффузоры и т.д.) друг относительно друга менее чем на пять калибров;
- не допускать резкого изменения сечения воздухопровода, все изменения сечения выполнять с плавным переходом;
- при монтаже воздухопроводов не оставлять выступов от фланцев и другие аналогичные дефекты сборки, генерирующие дополнительный шум турбулизирующего потока.

7.8. Машины рекомендуется обеспечивать необходимой звукоизоляцией и виброизоляцией в соответствии с нормативными и методическими документами, научно-технической литературой и стандартами, указанными в «1. ВВЕДЕНИЕ», «8. ЛИТЕРАТУРА», «9. ГОСУДАРСТВЕННЫЕ СТАНДАРТЫ» и «10. МЕЖДУНАРОДНЫЕ СТАНДАРТЫ». Лучшим способом звукоизоляции машины является помещение её в специальное звукоизолирующее помещение (венткамеру) или в звукоизолирующую оболочку (кожух) со звукопоглощающей облицовкой изнутри в обоих случаях. Машины должны быть установлены, как правило, на виброизоляторах (амортизаторах) для предотвращения распространения структурного звука на несущие конструкции и далее в другие помещения. Между машиной и воздухопроводом следует

применять гибкие вставки, а воздуховоды рационально иногда покрывать вибродемпфирующим покрытием или изготавливать из трехслойных вибродемпфирующих листов для предотвращения дополнительной передачи по ним структурного звука в вентилируемое помещение. В необходимых случаях воздуховоды рекомендуется крепить к несущим конструкциям через виброизолирующие подвесы и фланцы, а звукоизоляцию воздуховодов выполнять по схеме труба в трубе со звукопоглотителем между ними.

7.9. Для снижения шума от СВ и КВ в самом вентилируемом помещении рекомендуется увеличивать звукопоглощающие свойства помещений в соответствии с нормативными и методическими документами, научно-технической литературой и стандартами, указанными в «1. ВВЕДЕНИЕ». «8. ЛИТЕРАТУРА», «9. ГОСУДАРСТВЕННЫЕ СТАНДАРТЫ» и «10. МЕЖДУНАРОДНЫЕ СТАНДАРТЫ». Уровень воздушного шума вокруг воздуховодов прямоугольного сечения, как правило, значительно выше, чем для аналогичных цилиндрических воздуховодов. Это необходимо принимать во внимание при прокладке воздуховодов через помещение с нормируемым уровнем шума, отдавая предпочтение с акустической точки зрения трубам круглого сечения, хотя по условиям монтажа удобнее применять прямоугольные по сечению трубы.

7.10. Аэродинамическое и акустическое регулирование построенных СВ и КВ рекомендуется производить совместно, добиваясь наименьших уровней шума при подаче заданного количества воздуха. Конечные результаты должны оформляться в виде графика расчетных, фактических и нормативных уровней шума СВ и КВ в заданных помещениях с указанием предельной погрешности выполненных измерений.

8. ЛИТЕРАТУРА

1. **Исакович М.А.** Общая акустика. Москва, Издательство «Наука», Главная редакция физико-математической литературы, 1973
2. **Хорошев Г.А., Петров Ю.И., Егоров Н.Ф.** Борьба с шумом вентиляторов. Москва, Энергоиздат, 1981.
3. **Боголепов И.И.** Промышленная звукоизоляция. Теория, исследования, проектирование, изготовление, контроль. Предисловие академика И.А.Глебова. Ленинград, "Судостроение", 1986.
4. **Боголепов И.И., Осипов Г.Г.** Современные акустические материалы в строительстве и промышленности. ЛДНТП, Ленинград, 1977.
5. Звукоизолирующие и звукопоглощающие конструкции в строительстве и на транспорте. **Сборник под редакцией И.И.Боголепова.** ЛДНТП, Ленинград, 1974.
6. Звукоизолирующие и звукопоглощающие конструкции в практике борьбы с шумом. **Сборник под редакцией И.И.Боголепова.** ЛДНТП, Ленинград, 1977.
7. Справочник по судовой акустике. **Под общей редакцией И.И.Клюкина и И.И.Боголепова.** Ленинград, "Судостроение", 1978.
8. Шумоглушение. Тематический сборник научных трудов. **Под общей редакцией И.И.Боголепова и Д.А.Мателенка.** Москва, Всесоюзный центральный научно-исследовательский институт охраны труда ВЦСПС. 1976.
9. Контроль шума в промышленности. Предупреждение, снижение и контроль промышленного шума в Англии. **Под редакцией Дж.Вебба.** Перевод с английского под редакцией И.И.Боголепова. Ленинград, "Судостроение", 1981.
10. Снижение шума в зданиях и жилых районах. **Под редакцией Г.Л.Осипова и Е.Я.Юдина.** Москва, Стройиздат, 1987.
11. **Григорьян Ф.Е., Перцовский Е.А.** Расчет и проектирование глушителей шума энергоустановок. Ленинград, "Энергия", 1980.
12. **Филатов В.И., Мясников В.В.** Рекомендации по снижению шума в цехах литья, экструзии и прессования полимерных материалов, Ленинград, ВЦНИИ ВЦСПС, 1982.
13. **Клюкин И.И.** Физико-технические основы виброизоляции механизмов и другого виброактивного оборудования. Ленинградский ордена Ленина кораблестроительный институт. 1986.
14. **Заборов В.И., Ващук Д.Б., Клячко Л.Н.** Инструкция по проектированию и расчету шумоглушения строительными акустическими методами на предприятиях черной металлургии. Челябинск, Всесоюзный научно-исследовательский институт охраны труда и техники безопасности черной металлургии. 1979.
15. Звуко- и теплоизоляция ограждающих конструкций. **Под редакцией В.Н.Мякшина и А.А.Альбицкого.** Научно-исследовательский институт строительных конструкций Госстроя СССР. Киев, "Будівельник", 1976.
16. Борьба с шумом на производстве. **Под ред Е.Я.Юдина.** Москва, "Машиностроение", 1985.
17. Акустическая изоляция помещений и оборудования в промышленности и на транспорте. **Сборник под редакцией В.И.Попкова.** ЛДНТП, Ленинград, 1985.
18. **Витринский И.М., Корчма М.В., Грандина З.В.** Применение общепромышленных решений, способствующих уменьшению шума кузнечно-прессовых машин. Методические рекомендации. Научно-исследовательский институт информации по машиностроению. Москва, 1977.
19. **Ляпунов В.Т., Лавендел Э.Э., Шляпочников С.А.** Резиновые виброизоляторы. Справочник. Ленинград, "Судостроение", 1988.
20. **Колесников А.Е.** Акустические измерения. Ленинград, "Судостроение", 1983.

21. **Никифоров А.С.** Вибропоглощение на судах. Ленинград, "Судостроение", 1979.
22. **Никифоров А.С.** Акустическое проектирование судовых конструкций. Ленинград, "Судостроение", 1990.
23. **Макриненко Л.И.** Акустика помещений общественных зданий. Москва, Стройиздат, 1986.
24. **Ковригин С.Д., Крышов С.И.** Архитектурно-строительная акустика. Москва, "Высшая школа", 1986.
25. **Исаков В.М., Федорович М.А.** Виброшумозащита в электромашиностроении. Ленинград, "Энергоатомиздат", 1986.
26. **Гомзиков Э.А., Изак Г.Д.** Проектирование противозумового комплекса на судах. Ленинград, "Судостроение", 1981.
27. **Вахитов Я.Ш.** Теоретические основы электроакустики и электроакустическая аппаратура. Москва, "Искусство", 1982.
28. **Григорьян Ф.Е., Михайлов Е.Н., Ханин Г.А., Щевьев Ю.П.** Борьба с шумом стационарных энергетических машин. Ленинград, "Машиностроение", 1983.
29. **Колесников А.Е.** Шум и вибрация. Ленинград, "Судостроение", 1988.
30. **Попков В.И., Мышинский Э.Л., Попков О.И.** Виброакустическая диагностика в судостроении. Ленинград, "Судостроение", 1989.
31. **Клюкин И.И.** Борьба с шумом и звуковой вибрацией на судах. Ленинград, "Судостроение", 1971.
32. Справочник проектировщика. Защита от шума в градостроительстве. **Под редакцией Г.Л.Осипова.** Москва, "Стройиздат", 1993.
33. **Глебов И.А.** Проблемы электромашиностроения, электроэнергетики, электрофизики и их решение. Санкт-Петербург, "Наука". 1999.
34. **Овсянников С.Н.** Распространение звуковой вибрации в гражданских зданиях. Томск, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 2000.
35. **Ионов А.В.** Средства снижения вибрации и шума на судах. Санкт-Петербург, Государственный научный центр Российской Федерации Центральный научно-исследовательский институт им. академика А.Н.Крылова, 2000.
36. **Боголепов И.И., Ксенофонов К.Д., Легуша Ф.Ф.** Распространение звуковых волн в слоистых средах. Учебное пособие. Издательский центр Морского технического университета. Санкт-Петербург, СПбГМТУ, 2001.
37. **Боголепов И.И.** Архитектурная акустика. Architectural acoustics. Учебник-справочник. Предисловие академика И.А.Глебова. Санкт-Петербург, "Судостроение", 2001.
38. **Боголепов И.И.** Статистическая оценка результатов измерения шума машин. Журнал «Научно-технические ведомости СПбГПУ», №2(32)2003. Санкт-Петербург, СПбГПУ, 2003.
39. **Боголепов И.И.** Исследование звукоизоляции вакуумных конструкций. Журнал «Научно-технические ведомости СПбГПУ», №4(34)2003. Санкт-Петербург, СПбГПУ, 2003.
40. **Боголепов И.И.** Проектирование промышленной звукоизоляции. Методические указания к курсовым проектам. Санкт-Петербург, СПбГПУ, 2004.
41. **Боголепов И.И.** Пленарный доклад «Vacuum sound insulation. I.Bogolepov (Russia)» - 7th International Symposium TRANSPORT NOISE AND VIBRATION – 8-10 June 2004, St. Peterburg, Russia. Компакт-диск и Интернет. ISBN 5-900703-81-1. Transport Noise 2004 and additional proceedings on CD-ROM. Copyright 2004 East-European Acoustical Association

9. ГОСУДАРСТВЕННЫЕ СТАНДАРТЫ

(введенные в действие, после 1990 года)

1. ГОСТ 24647-91. Вертолеты гражданской авиации. Допустимые уровни шума и методы определения уровня шума на местности.
2. ГОСТ 30163.0-95. Бытовые и аналогичные электрические приборы. Методы определения распространяющегося в воздухе шума. Ч.1. Общие требования.
3. ГОСТ Р 50951-96. Внешний шум магистральных и маневровых тепловозов.
4. ГОСТ 30163.2-96. Бытовые и аналогичные электрические приборы. Методы определения распространяющегося в воздухе шума. Часть 2. Дополнительные требования к посудомоечным машинам
5. ГОСТ 30530-97. Шум. Методы расчета предельно допустимых шумовых характеристик стационарных машин.
6. ГОСТ 30457-97. Акустика. Определение уровней звуковой мощности источников шума на основе интенсивности звука. Измерение в дискретных точках. Технический метод.
7. ГОСТ 27409-97. Шум. Нормирование шумовых характеристик стационарного оборудования. Основные положения.
8. ГОСТ Р 51227-98. Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения мотоциклов в связи с производимым ими шумом.
9. ГОСТ 30575-98. Дизели судовые, тепловозные и промышленные. Методы измерения и оценки воздушного шума.
10. ГОСТ Р 41.9-99. Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения транспортных средств категорий L2, L4 и L5 в связи с производимым ими шумом.
11. ГОСТ Р 41.51-99. Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения автотранспортных средств, имеющих не менее четырех колес, в связи с производимым ими шумом.
12. ГОСТ Р 41.63-99. Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения мопедов в отношении производимого ими шума.
13. ГОСТ Р 51400-99. Шум машин. Определение уровней звуковой мощности источников шума по звуковому давлению. Технические методы для малых переносных источников шума в реверберационных полях в помещениях с жесткими стенами и в специальных реверберационных камерах.
14. ГОСТ Р 51401-99. Шум машин. Определение уровней звуковой мощности источников шума по звуковому давлению. Технический метод в существенно свободном звуковом поле над звукоотражающей плоскостью.
15. ГОСТ Р 51402-99. Шум машин. Определение уровней звуковой мощности источников шума по звуковому давлению. Ориентировочный метод с использованием измерительной поверхности над звукоотражающей плоскостью.
16. ГОСТ Р 12.4.212-99. Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты органа слуха. Противошумы. Оценка результирующего значения А-корректированных уровней звукового давления при использовании средств индивидуальной защиты от шума.
17. ГОСТ Р 12.4.210-99. Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты органа слуха. Противошумные наушники, смонтированные с защитной каской. Общие технические требования. Методы испытаний.
18. ГОСТ Р 12.4.213-99. Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты органа слуха. Противошумы. Упрощенный метод измерения акустической эффективности противошумных наушников для оценки качества.
19. ГОСТ Р 12.4.211-99. Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты органа слуха. Противошумы. Субъективный метод измерения поглощения шума.

20. ГОСТ 30163.3-99. Бытовые и аналогичные электрические приборы. Методы определения распространяющегося в воздухе шума. Часть 2. Дополнительные требования к стиральным машинам и центрифугам.
21. ГОСТ Р 51616-2000. Автомобильные транспортные средства. Шум внутренний. Допустимые уровни и методы испытаний.
22. ГОСТ 12.2.030-2000. Система стандартов безопасности труда. Машины ручные. Шумовые характеристики. Нормы. Методы испытаний.
23. ГОСТ 30683-2000. Шум машин. Измерение уровней звукового давления излучения на рабочем месте и в других контрольных точках. Метод с коррекциями на акустические условия.
24. ГОСТ Р 41.41-2001. Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения мотоциклов в связи с производимым ими шумом.
25. ГОСТ 30720-2001. Шум машин. Определение уровней звукового давления излучения на рабочем месте и в других контрольных точках по уровню звуковой мощности.
26. ГОСТ 30691-2001. Шум машин. Заявление и контроль значений шумовых характеристик.
27. ГОСТ Р 51920-2002. Тракторы сельскохозяйственные и лесохозяйственные. Внешний шум. Нормы и методы оценки.
28. ГОСТ 23941-2002. Шум машин. Методы определения шумовых характеристик. Общие требования.
29. ГОСТ Р 51943-2002. Экраны акустические для защиты от шума транспорта. Методы экспериментальной оценки эффективности.
30. ГОСТ ИСО 230-5-2002. Испытания станков. Часть 5. Определение шумовых характеристик.

10. МЕЖДУНАРОДНЫЕ СТАНДАРТЫ

(введенные в действие, после 1990 года)

1. ISO 140-8:1997 Acoustics -- Measurement of sound insulation in buildings and of building elements -- Part 8: Laboratory measurements of the reduction of transmitted impact noise by floor coverings on a heavyweight standard floor.
2. ISO 230-5:2000 Test code for machine tools -- Part 5: Determination of the noise emission.
3. ISO 362:1998 Acoustics -- Measurement of noise emitted by accelerating road vehicles -- Engineering method (available in English only)
4. ISO 389-4:1994 Acoustics -- Reference zero for the calibration of audiometric equipment -- Part 4: Reference levels for narrow-band masking noise
5. ISO 1680:1999 Acoustics -- Test code for the measurement of airborne noise emitted by rotating electrical machines
6. ISO 1999:1990 Acoustics -- Determination of occupational noise exposure and estimation of noise-induced hearing impairment
7. ISO 2923:1996 Acoustics -- Measurement of noise on board vessels
8. ISO 3740:2000 Acoustics -- Determination of sound power levels of noise sources -- Guidelines for the use of basic standards
9. ISO 3741:1999 Acoustics -- Determination of sound power levels of noise sources using sound pressure -- Precision methods for reverberation rooms
10. ISO 3743-1:1994 Acoustics -- Determination of sound power levels of noise sources -- Engineering methods for small, movable sources in reverberant fields -- Part 1: Comparison method for hard-walled test rooms
11. ISO 3743-2:1994 Acoustics -- Determination of sound power levels of noise sources using sound pressure -- Engineering methods for small, movable sources in reverberant fields -- Part 2: Methods for special reverberation test rooms
12. ISO 3744:1994 Acoustics -- Determination of sound power levels of noise sources using sound pressure -- Engineering method in an essentially free field over a reflecting plane
13. ISO 3746:1995 Acoustics -- Determination of sound power levels of noise sources using sound pressure -- Survey method using an enveloping measurement surface over a reflecting plane
14. ISO 3747:2000 Acoustics -- Determination of sound power levels of noise sources using sound pressure -- Comparison method in situ
15. ISO 3822-1:1999 Acoustics -- Laboratory tests on noise emission from appliances and equipment used in water supply installations -- Part 1: Method of measurement
16. ISO 3822-2:1995 Acoustics -- Laboratory tests on noise emission from appliances and equipment used in water supply installations -- Part 2: Mounting and operating conditions for draw-off taps and mixing valves
17. ISO 3822-3:1997 Acoustics -- Laboratory tests on noise emission from appliances and equipment used in water supply installations -- Part 3: Mounting and operating conditions for in-line valves and appliances
18. ISO 3822-4:1997 Acoustics -- Laboratory tests on noise emission from appliances and equipment used in water supply installations -- Part 4: Mounting and operating conditions for special appliances
19. ISO 4412-1:1991 Hydraulic fluid power -- Test code for determination of airborne noise levels -- Part 1: Pumps
20. ISO 4412-2:1991 Hydraulic fluid power -- Test code for determination of airborne noise levels -- Part 2: Motors
21. ISO 4412-3:1991 Hydraulic fluid power -- Test code for determination of airborne noise levels -- Part 3: Pumps -- Method using a parallelepiped microphone array
22. ISO 4871:1996 Acoustics -- Declaration and verification of noise emission values of machinery and equipment

23. ISO 5131:1996 Acoustics -- Tractors and machinery for agriculture and forestry -- Measurement of noise at the operator's position -- Survey method
24. ISO 5135:1997 Acoustics -- Determination of sound power levels of noise from air-terminal devices, air-terminal units, dampers and valves by measurement in a reverberation room
25. ISO 6393:1998 Acoustics -- Measurement of exterior noise emitted by earth-moving machinery -- Stationary test conditions (available in English only)
26. ISO 6394:1998 Acoustics -- Measurement at the operator's position of noise emitted by earth-moving machinery -- Stationary test conditions (available in English only)
27. ISO 6395:1988 Acoustics -- Measurement of exterior noise emitted by earth-moving machinery -- Dynamic test conditions
28. ISO 6396:1992 Acoustics -- Measurement at the operator's position of noise emitted by earth-moving machinery -- Dynamic test conditions
29. ISO 6798:1995 Reciprocating internal combustion engines -- Measurement of emitted airborne noise -- Engineering method and survey method
30. ISO 7188:1994 Acoustics -- Measurement of noise emitted by passenger cars under conditions representative of urban driving
31. ISO 7216:1992 Acoustics -- Agricultural and forestry wheeled tractors and self-propelled machines -- Measurement of noise emitted when in motion
32. ISO 7235:1991 Acoustics -- Measurement procedures for ducted silencers -- Insertion loss, flow noise and total pressure loss
33. ISO 7779:1999 Acoustics -- Measurement of airborne noise emitted by information technology and telecommunications equipment
34. ISO 7779:1999/Amd 1:2003 Noise measurement specification for CD/DVD-ROM drives
35. ISO 7960:1995 Airborne noise emitted by machine tools -- Operating conditions for woodworking machines
36. ISO 8528-10:1998 Reciprocating internal combustion engine driven alternating current generating sets -- Part 10: Measurement of airborne noise by the enveloping surface method
37. ISO 8960:1991 Refrigerators, frozen-food storage cabinets and food freezers for household and similar use -- Measurement of emission of airborne acoustical noise
38. ISO 9568:1993 Cinematography -- Background acoustic noise levels in theatres, review rooms and dubbing rooms (available in English only)
39. ISO 9612:1997 Acoustics -- Guidelines for the measurement and assessment of exposure to noise in a working environment
40. ISO 9614-1:1993 Acoustics -- Determination of sound power levels of noise sources using sound intensity -- Part 1: Measurement at discrete points
41. ISO 9614-2:1996 Acoustics -- Determination of sound power levels of noise sources using sound intensity -- Part 2: Measurement by scanning
42. ISO 9614-3:2002 Acoustics -- Determination of sound power levels of noise sources using sound intensity -- Part 3: Precision method for measurement by scanning
43. ISO 9645:1990 Acoustics -- Measurement of noise emitted by two-wheeled mopeds in motion -- Engineering method
44. ISO 9902-1:2001 Textile machinery -- Noise test code -- Part 1: Common requirements
45. ISO 9902-2:2001 Textile machinery -- Noise test code -- Part 2: Spinning preparatory and spinning machinery
46. ISO 9902-3:2001 Textile machinery -- Noise test code -- Part 3: Nonwoven machinery
47. ISO 9902-4:2001 Textile machinery -- Noise test code -- Part 4: Yarn processing, cordage and rope manufacturing machinery

48. ISO 9902-5:2001 Textile machinery -- Noise test code -- Part 5: Weaving and knitting preparatory machinery
49. ISO 9902-6:2001 Textile machinery -- Noise test code -- Part 6: Fabric manufacturing machinery
50. ISO 9902-7:2001 Textile machinery -- Noise test code -- Part 7: Dyeing and finishing machinery
51. ISO 10302:1996 Acoustics -- Method for the measurement of airborne noise emitted by small air-moving devices
52. ISO 10494:1993 Gas turbines and gas turbine sets -- Measurement of emitted airborne noise -- Engineering/survey method
53. ISO 10844:1994 Acoustics -- Specification of test tracks for the purpose of measuring noise emitted by road vehicles
54. ISO 10847:1997 Acoustics -- In-situ determination of insertion loss of outdoor noise barriers of all types
55. ISO 10996:1999 Photography -- Still-picture projectors -- Determination of noise emissions (available in English only)
56. ISO 11094:1991 Acoustics -- Test code for the measurement of airborne noise emitted by power lawn mowers, lawn tractors, lawn and garden tractors, professional mowers, and lawn and garden tractors with mowing attachments
57. ISO 11200:1995 Acoustics -- Noise emitted by machinery and equipment -- Guidelines for the use of basic standards for the determination of emission sound pressure levels at a work station and at other specified positions
58. ISO 11201:1995 Acoustics -- Noise emitted by machinery and equipment -- Measurement of emission sound pressure levels at a work station and at other specified positions -- Engineering method in an essentially free field over a reflecting plane
59. ISO 11202:1995 Acoustics -- Noise emitted by machinery and equipment -- Measurement of emission sound pressure levels at a work station and at other specified positions -- Survey method in situ
60. ISO 11203:1995 Acoustics -- Noise emitted by machinery and equipment -- Determination of emission sound pressure levels at a work station and at other specified positions from the sound power level
61. ISO 11204:1995 Acoustics -- Noise emitted by machinery and equipment -- Measurement of emission sound pressure levels at a work station and at other specified positions -- Method requiring environmental corrections
62. ISO/TR 11688-1:1995 Acoustics -- Recommended practice for the design of low-noise machinery and equipment -- Part 1: Planning
63. ISO/TR 11688-2:1998 Acoustics -- Recommended practice for the design of low-noise machinery and equipment -- Part 2: Introduction to the physics of low-noise design
64. ISO 11689:1996 Acoustics -- Procedure for the comparison of noise-emission data for machinery and equipment
65. ISO 11690-1:1996 Acoustics -- Recommended practice for the design of low-noise workplaces containing machinery -- Part 1: Noise control strategies
66. ISO 11690-2:1996 Acoustics -- Recommended practice for the design of low-noise workplaces containing machinery -- Part 2: Noise control measures
67. ISO/TR 11690-3:1997 Acoustics -- Recommended practice for the design of low-noise workplaces containing machinery -- Part 3: Sound propagation and noise prediction in workrooms
68. ISO 11819-1:1997 Acoustics -- Measurement of the influence of road surfaces on traffic noise -- Part 1: Statistical Pass-By method
69. ISO 12001:1996 Acoustics -- Noise emitted by machinery and equipment -- Rules for the drafting and presentation of a noise test code
70. ISO 13332:2000 Reciprocating internal combustion engines -- Test code for the measurement of structure-borne noise emitted from high-speed and medium-speed reciprocating internal combustion engines measured at the engine feet
71. ISO/TS 13474:2003 Acoustics -- Impulse sound propagation for environmental noise assessment

72. ISO 14163:1998 Acoustics -- Guidelines for noise control by silencers
73. ISO 15086-1:2001 Hydraulic fluid power -- Determination of the fluid-borne noise characteristics of components and systems -- Part 1: Introduction
74. ISO 15086-2:2000 Hydraulic fluid power -- Determination of the fluid-borne noise characteristics of components and systems -- Part 2: Measurement of the speed of sound in a fluid in a pipe
75. ISO 15664:2001 Acoustics -- Noise control design procedures for open plant
76. ISO/TS 15666:2003 Acoustics -- Assessment of noise annoyance by means of social and socio-acoustic surveys
77. ISO 15667:2000 Acoustics -- Guidelines for noise control by enclosures and cabins
78. ISO 15739:2003 Photography -- Electronic still-picture imaging -- Noise measurements (available in English only)
79. ISO 15744:2002 Hand-held non-electric power tools -- Noise measurement code -- Engineering method (grade 2)

11. ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ РАСЧЕТА

уровней звукового давления в расчетных точках для различных помещений со среднескоростной СВ и КВ

№	Составляющие расчета	Наименование расчетной величины	Обозначение	Откуда берется значение	Частоты октавных полос в Гц		
					125	500	2000
1	2	3	4	5	6	7	8

Расчетное помещение,
где установлена машина

1	Вентилятор типа ЦС. (патрубок нагнетания и всасывания находятся за пределами вентиляторного помещения)	УЗМ, излучаемой корпусом машины	L_{NM} в дБ	Из тех.документации на вентилятор	90	83	78
2	Помещение, где расположен вентилятор ($S_{п} = 100 \text{ м}^2$, $\Phi = 2$, $r = 1 \text{ м}$)	Постоянная помещения	Q в м^2	По формуле (4.3.)	6,8	12	17
		Влияние помещения	ΔL_{II} в дБ	По Формуле (4.2.)	- 1	- 3	- 4
3	Результаты расчета (для определения уровней шума в соседних помещениях)	УЗД в расчетной точке ($r = 1 \text{ м}$)	L в дБ	По формуле (4.1.)	99	90	84

1	2	3	4	5	6	7	8
Расчетное помещение, через которое воздуховоды проходят транзитом							
1	Цилиндрический воздуховод из стали (D/s = 200, 4l/DЭ = 100)	УЗМ в воздуховоде	L_{NT} в дБ	По формуле (5.1.)	92	85	80
		Звукоизоляция стенок воздуховода	R в дБ	По Формуле (5.2)	66	56	47
2	Помещение, через которое проходит воздуховод (СП = 100 м ² , Ф = 2, r = 1 м)	Постоянная помещения	Q в м ²	По формуле (4.3.)	6,8	12	17
		Влияние помещения	ΔL_{II} в дБ	По Формуле (4.2.)	- 1	- 3	- 4
3	Результаты расчета (для определения уровней шума в соседних помещениях)	УЗД в расчетной	L в дБ	По Формуле (5.1.)	65	46	49

1	2	3	4	5	6	7	8
Расчетное помещение, обслуживаемое системой вентиляции							
1	Вентилятор типа ЦС, установленный в вентиляторном помещении	УЗМ, излучаемый в воздухопровод нагнетания	L_{NM} в дБ	Из тех. документации	92	85	80
2.	Суммарный собственный шум системы	УЗМ, генерируемый элементами системы	$\Sigma \Delta L_N$ в дБ	По формуле (6.2.)	70	80	85
3.	Суммарный шум, генерируемый вентилятором и элементами системы	УЗМ, создаваемой в системе	«1» + «2»		92	86	86
4.	Шумоглушитель в воздуховоде нагнетания типа Гц, 5 калибров, ППУ40-08С	Потери звуковой мощности	$\sum \delta_0 L_N$ в дБ	Из тех. документации	8	20	20
5.	Воздуховод с эквивалентным диаметром 200 мм	Потери звуковой мощности круглого воздухопровода длиной 10 м	$\sum_{i=1}^n (\delta_1 L_N)_i l_i$ в дБ	С помощью табл. 4			
		Потери звуковой мощности прямоугольного воздухопровода длиной 10 м			6,4	3,2	2,3
		Суммарные потери			1,0	1,6	2,2
					7,4	4,8	4,5

1	2	3	4	5	6	7	8
6..	Тройники ветви при $S_j=1/S=0,5$ и $S_j=2/S= 1$	Потери звуковой мощности в тройнике	$\sum_{i=1}^m (\delta_2 L_N)_i^j$	По формуле (6.5.)	5	5	5
7.	Регулирующая арматура и воздухораспределитель	Суммарные потери	$\sum_{i=1}^k (\delta_3 L_N)_i$	Из тех. документации	18	8	12
8.	Помещение при $S_{\Pi}=40 \text{ м}^2$, $\Phi =2$, $r=1,5 \text{ м}$	Постоянная помещения	Q в м^2	По формуле (4.3.)	13	20	24
		Влияние помещения	ΔL_{Π} в дБ	По формуле (4.2.)	- 4	- 6	- 7
9.	Поправка на внезапное расширение выхода	Отражение звука на выходе	ΔL_0 в дБ	По таблице 3	- 13	- 3	0
10..	Результаты расчета	УЗД в расчетной точке	дБ	По формуле (6.1.)	66,1	65,5	68,1
		Норма шума по ГОСТ12.1.003-83	дБ	Нормативный документ для постоянного рабочего места в производственных помещениях	87	78	73
		Превышение нормы	дБ		нет	нет	нет

12. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Методические указания «АКУСТИЧЕСКИЕ РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА» могут быть использованы в сокращенном виде для выполнения контрольных работ, в полном - они служат для курсовых проектов, в расширенном виде и с современными информационными технологиями их следует применять для дипломных проектов, с учетом новейших мировых достижений науки и техники они полезны для диссертационных работ. И, конечно, их прямое назначение - для практической деятельности инженера-акустика.

*Автор докт.техн.наук профессор кафедры ТОЭС ИСФ СПбГПУ, вице-президент
Восточноевропейской ассоциации акустиков
Боголепов Игорь Ильич.*

*Заведующий кафедрой технологии, организации и экономики строительства (ТОЭС)
ИСФ СПбГПУ докт.техн.наук профессор
Ватин Николай Иванович*

*Декан Инженерно-строительного факультета (ИСФ) СПбГПИ докт.техн.наук профессор
Альхименко Александр Иванович*

*Ректор Санкт-Петербургского государственного политехнического университета
(СПбГПИ) докт.техн.наук профессор
член-корреспондент Российской Академии наук
Федоров Михаил Петрович.*

*Президент СПбГПИ докт.техн.наук профессор академик Российской Академии наук
Васильев Юрий Сергеевич.*

Тел./факс (812) 5357992

E-mail:vatin@mail.ru

<http://www.stroikafedra.nm.ru>

195251 Санкт-Петербург, ул.Политехническая, д.29, станция метро «Политехническая»,
СПбГПИ

<http://www.spbstu.ru>

Санкт-Петербург
2004