



**МОСКОВСКИЙ АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ
ИНСТИТУТ
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ)**

Кафедра техносферной безопасности

Утверждаю
Зав. кафедрой профессор
_____ Ю.В.Трофименко
« ____ » _____ 2009 г.

С.В. Шелмаков

**Методические указания
к расчётным работам по курсу «Экология»**

Расчётная оценка шума

Москва 2009

УДК 504.6:625.7.098

ББК 20.18:38.93

© Московский государственный
автомобильно-дорожный институт
(технический университет), 2009

Предисловие

Рост количества используемых человеком механизмов неразрывно связан с ростом уровня шума в окружающей среде. Шум воздействует на нервную систему человека и поэтому является причиной его преждевременного утомления. Шум мешает нормальному отдыху, сну и восстановлению сил.

Для защиты человека от шума разработаны и должны соблюдаться санитарные нормативы шума. При проектировании любых сооружений или технических устройств инженер должен предусматривать мероприятия, обеспечивающие соблюдение нормативов по шуму.

Для определения необходимости разработки и оценки эффективности шумозащитных мероприятий применяются различные расчётные методы. Целью расчётных работ, представленных в данных методических указаниях, является практическое освоение студентами некоторых из таких методов.

1. Основные понятия о природе шума

Шумом называют всякий неприятный, нежелательный звук, мешающий восприятию полезных сигналов, оказывающий вредное или раздражающее влияние на человека [1].

Звук как физическое явление представляет собой волновое колебание упругой среды. В газообразной среде (воздухе) могут распространяться только продольные волны. Звуковые волны распространяются со скоростью, зависящей для газообразных сред от их плотности и давления. При 20°C и давлении 101325 Па скорость звука в воздухе равна 344 м/с.

Область пространства, в которой распространяются звуковые волны, называют **звуковым полем**. Физическое состояние среды в звуковом поле характеризуется обычно **звуковым давлением p** , т.е. разностью между значением полного давления и средним

статическим давлением, которое наблюдается в воздухе при отсутствии звукового поля. Звуковое давление, изменяющееся во времени от нуля до максимального значения, оценивают не мгновенной величиной, а среднеквадратичным значением за период колебания.

Частоты акустических колебаний в пределах от 20 до 20000 Гц называют **звуковыми**, ниже 20 Гц - **инфразвуковыми**, а выше 20000 Гц - **ультразвуковыми**.

При распространении звуковых волн происходит перенос звуковой энергии в пространстве. Отдельные источники шума характеризуются **звуковой мощностью P** . Звуковое давление и звуковая мощность источников шума изменяются в очень широких пределах ($p=2 \times 10^{-5} \dots 2 \times 10^4$ Па). Пользоваться абсолютными значениями таких величин неудобно. Кроме того, орган слуха человека различает не разность, а кратность изменения абсолютных значений звуковых давлений. Поэтому шум оценивают не абсолютной величиной - звуковым давлением, - а его **уровнем**, т.е. отношением создаваемого звукового давления к давлению, принятому за единицу сравнения (2×10^{-5} Па). **Уровень звукового давления L** , дБ, определяется по формуле

$$L = 10 \cdot \lg\left(\frac{p^2}{p_0^2}\right) = 20 \cdot \lg\left(\frac{p}{p_0}\right), \quad (1)$$

где p - звуковое давление, Па;

p_0 - пороговое звуковое давление, равное 2×10^{-5} Па.

Каждому удвоению звукового давления соответствует изменение уровня звукового давления на 6 дБ.

Звуковая энергия, излучаемая источником шума, распределена по частотам. Спектр типичного городского шума является сплошным, поэтому он обычно представляется в полосах частот определенной ширины Δf . Эти полосы ограничиваются нижней f_1 и верхней f_2 граничными частотами. За среднюю частоту полосы обычно принимают среднегеометрическую частоту f

$$f = \sqrt{f_1 \cdot f_2} . \quad (2)$$

При проведении акустических расчетов и измерениях шумов чаще всего используют **октавные** полосы частот (полоса частот, у которой $f_2/f_1 = 2$). Если $f_2/f_1 = \sqrt[3]{2} = 1,26$ то ширина полосы равна 1/3 октавы.

Для оценки шума одним числом, учитывающим субъективную оценку его человеком, в настоящее время широко используется "**уровень звука**" (в дБА) - общий (отнесенный ко всем полосам частот) уровень звукового давления, скорректированный по кривой частотной коррекции «А», характеризующей приближенно частотную характеристику восприятия шума человеческим ухом.

По характеру спектра шумы подразделяют на **широкополосные**, имеющие непрерывный спектр шириной более одной октавы, и **тональные**, в спектре которых есть слышимые дискретные тона (превышение уровня звукового давления в одной из третьоктавных полос частот над соседними на 10 дБ). Также принято делить шумы на **низкочастотные** (ниже 350 Гц), **среднечастотные** (от 350 до 800 Гц) и **высокочастотные** (выше 800 Гц).

По временным характеристикам шумы подразделяют на **постоянные**, уровень звука которых изменяется во времени не более чем на 5 дБА при измерениях на временной характеристике шумомера "медленно", и **непостоянные**, для которых это изменение может превышать 5 дБА. Непостоянные шумы могут быть колеблющимися во времени, прерывистыми и импульсными.

В качестве основной величины для оценки шумового режима в местах жизнедеятельности человека установлен **эквивалентный уровень звука**. Эквивалентным (по энергии) уровнем звука называется значение уровня звука длительного постоянного шума, который в пределах установленного интервала времени Т имеет то же самое среднеквадратическое значение уровня звука, что и

рассматриваемый непостоянный шум. Эта величина определяется по формуле

$$L_{A_{\text{ЭКВ}} T} = 10 \cdot \lg \left[\frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} \frac{p_A^2(t)}{p_0^2} dt \right], \quad (3)$$

где $L_{A_{\text{ЭКВ}} T}$ - эквивалентный уровень звука, полученный для интервала времени T , начинающегося в t_1 и заканчивающегося в t_2 , дБА;

p_0 - пороговое значение звукового давления, равное 2×10^{-5} Па;
 $p_A(t)$ - мгновенное значение звукового давления, скорректированного по кривой коррекции «А» шумового сигнала, Па.

Базисным интервалом времени считается интервал, к которому может быть отнесен эквивалентный уровень звука. В отношении деятельности людей к базисным интервалам относят периоды дневного (с 7 до 23 ч) и ночного (с 23 до 7 ч) времени суток.

Максимальный уровень звука $L_{A_{\text{макс}}}$ - уровень звука, соответствующий максимальному показанию шумомера в течение 1% времени измерения.

2. Нормируемые параметры и предельно допустимые уровни шума

Предельно допустимый уровень (ПДУ) шума - это уровень фактора, который при ежедневной (кроме выходных дней) работе, но не более 40 часов в неделю в течение всего рабочего стажа, не должен вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований, в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений [2].

Соблюдение ПДУ шума не исключает нарушения здоровья у сверхчувствительных лиц.

Допустимый уровень шума - это уровень, который не вызывает у человека значительного беспокойства и существенных изменений показателей функционального состояния систем и анализаторов, чувствительных к шуму.

Характеристикой *постоянного шума* являются *уровни звукового давления* в дБ в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 Гц. Допускается в качестве характеристики *постоянного широкополосного шума* принимать *уровень звука* в дБА.

Характеристикой *непостоянного шума* является *эквивалентный (по энергии) уровень звука* в дБА. Оценка непостоянного шума на соответствие допустимым уровням должна проводиться одновременно по эквивалентному и максимальному уровням звука. Превышение одного из показателей должно рассматриваться как несоответствие нормам.

Допустимые значения уровней звукового давления в октавных полосах частот, эквивалентных и максимальных уровней звука на рабочих местах и территориях следует принимать по табл. 1.

В знаменателе табл. 1 представлены значения нормативов для тонального шума, создаваемого, например, системами кондиционирования воздуха, воздушного отопления и вентиляции и др.

Таблица 1

**Допустимые уровни звукового давления, уровни звука,
эквивалентные и максимальные уровни звука**

№ пп	Вид трудовой деятельности, рабочее место, назначение помещений или территорий	Время суток	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквив. уровни звука, дБА	Максимальные уровни звука, дБА
			31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
1	Территории, непосредственно прилегающие к зданиям больниц...	с 7 до 23 ч	$\frac{83}{78}$	$\frac{67}{62}$	$\frac{57}{52}$	$\frac{49}{44}$	$\frac{44}{39}$	$\frac{40}{35}$	$\frac{37}{32}$	$\frac{35}{30}$	$\frac{33}{28}$	$\frac{45}{40}$	$\frac{60}{55}$
		с 23 до 7 ч	$\frac{76}{71}$	$\frac{59}{54}$	$\frac{48}{43}$	$\frac{40}{35}$	$\frac{34}{29}$	$\frac{30}{25}$	$\frac{27}{22}$	$\frac{25}{20}$	$\frac{23}{18}$	$\frac{35}{30}$	$\frac{50}{45}$
2	Территории, непосредственно прилегающие к жилым домам...	с 7 до 23 ч.	$\frac{90}{85}$	$\frac{75}{70}$	$\frac{66}{61}$	$\frac{59}{54}$	$\frac{54}{49}$	$\frac{50}{45}$	$\frac{47}{42}$	$\frac{45}{40}$	$\frac{44}{39}$	$\frac{55}{50}$	$\frac{70}{65}$
		с 23 до 7 ч.	$\frac{83}{78}$	$\frac{67}{62}$	$\frac{57}{52}$	$\frac{49}{44}$	$\frac{44}{39}$	$\frac{40}{35}$	$\frac{37}{32}$	$\frac{35}{30}$	$\frac{33}{28}$	$\frac{45}{40}$	$\frac{60}{55}$
3	Площадки отдыха на территории больниц и санаториев	-	$\frac{76}{71}$	$\frac{59}{54}$	$\frac{48}{43}$	$\frac{40}{35}$	$\frac{34}{29}$	$\frac{30}{25}$	$\frac{27}{22}$	$\frac{25}{20}$	$\frac{23}{18}$	$\frac{35}{30}$	$\frac{50}{45}$
4	Административно-управленческая деятельность...	-	$\frac{93}{88}$	$\frac{79}{74}$	$\frac{70}{65}$	$\frac{68}{63}$	$\frac{58}{53}$	$\frac{55}{50}$	$\frac{52}{47}$	$\frac{52}{47}$	$\frac{49}{44}$	$\frac{60}{55}$	-
5	Работа, требующая сосредоточенности; работа с повышенными требованиями к процессам наблюдения ...	-	$\frac{103}{98}$	$\frac{91}{86}$	$\frac{83}{78}$	$\frac{77}{72}$	$\frac{73}{68}$	$\frac{70}{65}$	$\frac{68}{63}$	$\frac{66}{61}$	$\frac{64}{59}$	$\frac{75}{70}$	-

Задача №1. Оценка шумового воздействия автодороги на прилегающую территорию

Исходные данные

Имеется участок автомобильной дороги с заданными характеристиками. В придорожной полосе находится расчётная точка. Схема расположения дороги и расчётной точки показана на рис. 1 и 2. Исходные данные для задачи №1 приведены в прил. 1.

Цель работы

Цель работы: рассчитать эквивалентный уровень звука в расчётной точке придорожной территории, сравнить с нормативом, при необходимости предложить шумозащитные мероприятия.

Методика и последовательность выполнения работы

Согласно [1] величину эквивалентного уровня автотранспортного шума на расстоянии 7,5 м от оси ближайшей полосы движения ($L_{A,TP}$, дБА) допускается определять по следующей упрощённой формуле:

$$L_{A,TP} = L_{A,NV} + \Delta L_i + \Delta L_s + \Delta L_k + \Delta L_d, \quad (4)$$

где $L_{A,NV}$ - эквивалентный уровень звука на расстоянии 7,5 м от оси ближайшей полосы движения от автотранспортного потока интенсивностью N , движущегося со средней скоростью V (принимается по табл. 2*);

ΔL_i - поправка на продольный уклон дороги (табл. 3);

ΔL_s - поправка на тип дорожного покрытия (табл. 4);

ΔL_k - поправка на долю бензиновых грузовиков и автобусов в транспортном потоке (табл. 5);

* При использовании таблиц промежуточные значения определяются методом линейной интерполяции.

ΔL_d - поправка на долю дизельных грузовиков и автобусов в транспортном потоке (табл. 6).

Согласно [3] уровень звука $L_{A,тер}$ в дБА в расчетной точке на территории защищаемого от шума объекта следует определять по формуле

$$L_{A,тер} = L_{A,ТР} - \Delta L_{A,рас}, \quad (5)$$

где $L_{A,ТР}$ - шумовая характеристика источника шума (автомобильной дороги) в дБА, определяемая согласно формуле (4);

$\Delta L_{A,рас}$ - снижение уровня звука в дБА в зависимости от расстояния между источником шума и расчетной точкой, определяемое по табл. 7.

Требуемое снижение уровней звука в расчетной точке $L_{A,треб}$ в дБА на территории защищаемого от шума объекта следует определять по формуле

$$L_{A,треб} = L_{A,тер} - L_{A,эkv,доп}, \quad (6)$$

где $L_{A,эkv,доп}$ - допустимый эквивалентный уровень звука в дБА на территории защищаемого от шума объекта, определяемый в соответствии с табл. 1 (для дневного диапазона).

Таблица 2

Значения величины L_{NV}

Интенсивность движения N , АТС/ч	Значения L_{NV} , дБА, в зависимости от средней скорости движения транспортного потока V , км/ч				
	30	40	50	60	70
500	72,5	74,0	75,5	77,0	78,5
1000	75,5	76,0	77,5	79,0	80,5
1500	76,5	78,0	79,5	81,0	82,5
3000	78,5	80,0	81,5	83,0	84,5

Таблица 3

Значения поправки ΔL_i

Величина продольного уклона дороги, %	До 20	30	40	50	60
Величина поправки ΔL_i , дБА	0	+1	+2	+3	+4

Таблица 4

Значения поправки ΔL_s

Вид дорожного покрытия	Величина поправки ΔL_s , дБА
Литой асфальтобетон	0
Мелкозернистый асфальтобетон	+1
Крупнозернистый асфальтобетон	+1,5
Цементобетон	+2

Таблица 5

Значения поправки ΔL_k

Доля бензиновых грузовых автомобилей и автобусов в составе транспортного потока, %	До 5	6...10	11...15	16...20	21...25
Величина поправки ΔL_k , дБА	-2	-1	0	+1	+2

Таблица 6

Значения поправки ΔL_d

Доля дизельных грузовых автомобилей и автобусов в составе транспортного потока, %	До 5	6...10	11...15	16...20	21...25
Величина поправки ΔL_d , дБА	-1	0	+1	+2	+3

Таблица 7

Значения поправки $L_{A,рас}$

Расстояние от источника шума до расчётной точки, м	0	14	30	60	100	200	300
Величина поправки $\Delta L_{A,рас}$, дБА	0	4	8,2	12,4	15,8	20,7	24

Для снижения уровней звука на территории защищаемых от шума объектов следует применять экраны и/или полосы зелёных

насаждений, размещаемые между источниками шума и защищаемыми от шума объектами.

Для выбора комбинации шумозащитных мероприятий (полоса зелёных насаждений, экран, либо и то, и другое) следует руководствоваться расчётными схемами, показанными на рис. 1 и 2, а также данными, представленными в табл. 8, 9, 10.

Сначала рассматривается возможность устройства полосы зелёных насаждений. Предположим, что ширина полосы зелёных насаждений не должна превышать величины $W_{\max} = 0,5 \cdot (c - 25)$, где c – расстояние от дороги до расчётной точки, м (см. рис. 1).

Снижение уровня звука $\Delta L_{A,зел}$ в дБА полосами зеленых насаждений следует принимать по табл. 8.

Таблица 8

Снижение уровня звука полосами зеленых насаждений

Полоса зеленых насаждений	Ширина полосы в м	Снижение уровня звука $\Delta L_{A,зел}$ в дБА
Однорядная при шахматной посадке деревьев внутри полосы	10-15	4-5
То же	16-20	5-8
Двухрядная при расстояниях между рядами 3...5 м; ряды аналогичны однорядной посадке	21-25	8-10
Двух- или трехрядная при расстояниях между рядами 3 м; ряды аналогичны однорядной посадке	26-30	10-12

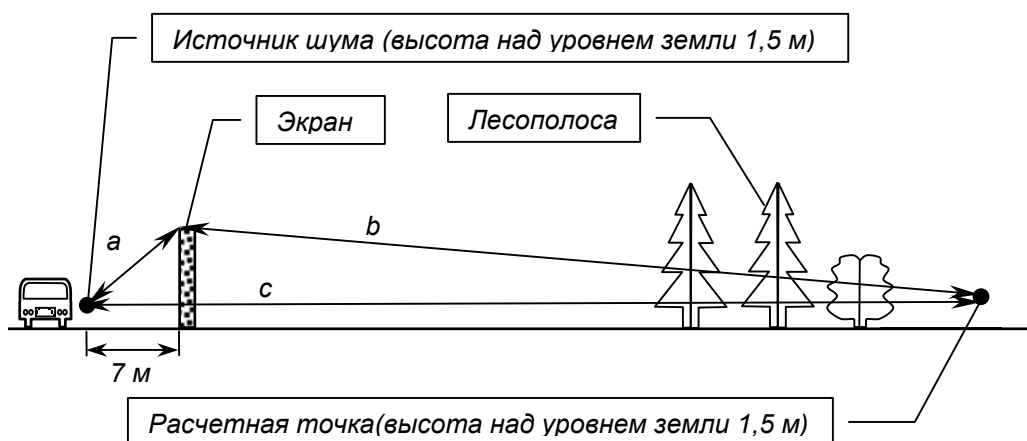


Рис. 1. Расчётная схема (вид сбоку) для определения характеристик шумозащитных мероприятий

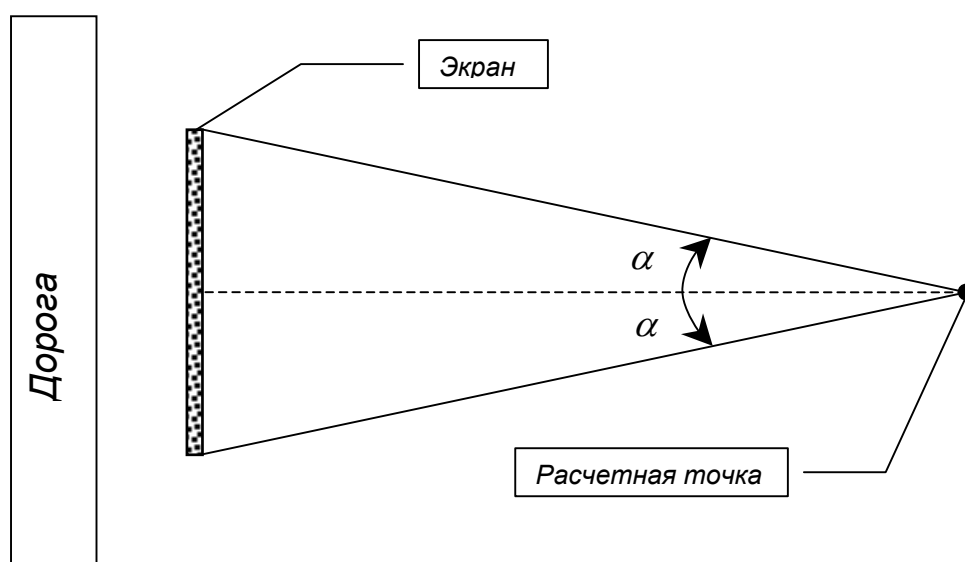


Рис. 2. Расчётная схема (вид сверху) для определения характеристик шумозащитных мероприятий

При посадке полос зеленых насаждений должно быть обеспечено плотное примыкание крон деревьев между собой и заполнение пространства под кронами до поверхности земли кустарником.

Полосы зеленых насаждений должны предусматриваться из пород быстрорастущих деревьев и кустарников, устойчивых к условиям воздушной среды в городах и других населенных пунктах и произрастающих в соответствующей климатической зоне.

Если устройства полосы зелёных насаждений недостаточно для обеспечения нормативов допустимого шума в расчётной точке, следует перейти к выбору параметров шумозащитного экрана.

Снижение уровней звука экранами $\Delta L_{A,экр}$ в дБА от транспортных потоков следует определять в зависимости от величин: $\Delta L_{A,экр,\delta}$ в дБА и $\Delta L_{A,экр,\alpha}$ в дБА.

Снижение уровня звука экраном $\Delta L_{A,экр,\delta}$ в дБА следует определять по табл. 9 в зависимости от разности длин путей прохождения звукового луча δ в м при принятой высоте экрана.

Разность длин путей прохождения звукового луча δ в м в соответствии со схемами экранов, приведенными на рис. 1, следует определять по формуле

$$\delta = (a + b) - c, \quad (7)$$

где a - кратчайшее расстояние между геометрическим центром источника шума и верхней кромкой экрана в м;

b - кратчайшее расстояние между расчетной точкой и верхней кромкой экрана в м;

c - кратчайшее расстояние между геометрическим центром источника шума и расчетной точкой в м.

Таблица 9

Снижение уровня звука экраном $\Delta L_{A, \text{экр}, \delta}$

Разность длин путей прохождения звукового луча δ в м	Снижение уровня звука экраном $\Delta L_{A, \text{экр}, \delta}$ в дБА	Разность длин путей прохождения звукового луча δ в м	Снижение уровня звука экраном $\Delta L_{A, \text{экр}, \delta}$ в дБА
0,005	6	0,48	16
0,02	8	0,83	18
0,06	10	1,4	20
0,14	12	2,4	22
0,28	14	6	24

Снижение уровня звука экраном $\Delta L_{A, \text{экр}, \alpha}$ в дБА следует определять по табл. 10 в зависимости от величины $\Delta L_{A, \text{экр}, \delta}$ в дБА и углов α (см. рис. 2) при принятой длине экрана.

Таблица 10

Снижение уровня звука экраном $\Delta L_{A, \text{экр}, \alpha}$

Угол в градусах	45	50	55	60	65	70	75	80	85
$\Delta L_{A, \text{экр}, \delta}$ в дБА	Снижение уровня звука при данном угле α , $\Delta L_{A, \text{экр}, \alpha}$ в дБА								
6	1,2	1,7	2,3	3	3,8	4,5	5,1	5,7	6
8	1,7	2,3	3	4	4,8	5,6	6,5	7,4	8
10	2,2	2,9	3,8	4,8	5,8	6,8	7,8	9	10
12	2,4	3,1	4	5,1	6,2	7,5	8,8	10,2	11,7
14	2,6	3,4	4,3	5,4	6,7	8,1	9,7	11,5	13,3
16	2,8	3,6	4,5	5,7	7	8,6	10,4	12,4	15
18	2,9	3,7	4,7	5,9	7,3	9	10,8	13	16,8
20	3,2	3,9	4,9	6,1	7,6	9,4	11,3	13,7	18,7
22	3,3	4,1	5,1	6,3	7,9	9,3	11,9	14,5	20,7
24	3,5	4,3	5,8	6,5	8,2	10,2	12,6	15,4	22,5

Величину снижения уровня звука экраном $\Delta L_{A, \text{экр}}$ в дБА при равенстве углов α следует определять по формуле

$$\Delta L_{A, \text{экр}} = \Delta L_{A, \text{экр}, \alpha} \cdot \quad (8)$$

Таким образом, последовательность выбора параметров экрана выглядит следующим образом:

- по табл. 10 выбираем одно или несколько значений снижения уровня звука экраном $\Delta L_{A, \text{экр}}$ так, чтобы эффективность экрана была бы достаточной для соблюдения норм у расчётной точки (с учётом последующих округлений допустим возможность превышения норматива на 0,2 дБА);
- определяем комбинацию α и $\Delta L_{A, \text{экр}, \delta}$ для каждого выбранного значения;
- определяем требуемое значение δ для каждой комбинации;
- подбираем (итерациями¹) значение высоты шумозащитного экрана $h_{\text{экр}}$ (с точностью до одной десятой метра), обеспечивающего соответствующее (чуть большее, чем требуемое) значение δ для каждой комбинации, используя схему на рис. 1 и формулу (7), выразив значения a , b и c через $h_{\text{экр}}$ и другие известные величины;
- вычисляем ширину экрана $l_{\text{экр}}$ для каждой комбинации, используя схему на рис. 2;
- вычисляем площадь экрана $S_{\text{экр}}$ для каждой комбинации;
- окончательно выбираем такую комбинацию, которая обеспечивает минимальную площадь экрана.

¹ Выразив значения a , b и c в формуле (7) через $h_{\text{экр}}$ и другие известные величины, задаются величиной $h_{\text{экр}}$ (например, 2 метра) и, подставив в формулу (7), проверяют его истинность. Если истинность (с достаточной точностью) не достигнута, то величину $h_{\text{экр}}$ изменяют, вновь подставляют в формулу и повторяют проверку.

Результаты вычислений по заданию рекомендуется представить в виде табл. 11.

Таблица 11

Результаты вычислений

№	Параметр	Значение	№	Параметр	Значение
1	$L_{A,NV}$		6	$L_{A,TP}$	
2	ΔL_j		7	$\Delta L_{A,рас}$	
3	ΔL_S		8	$L_{A,тер}$	
4	ΔL_k		9	$L_{A,экв,доп}$	
5	ΔL_d		10	$L_{A,треб}$	
11	W_{max}		12	$\Delta L_{A,зел}$	
13	$\Delta L_{A,экр}$				
Подбор параметров экрана					
Комбинация 1	$\Delta L_{A,экр,\delta} =$		$\alpha =$		$\Delta L_{A,экр,\alpha} =$
	$\delta =$	$h_{экр} =$	$l_{экр} =$	$S_{экр} =$	
Комбинация 2	$\Delta L_{A,экр,\delta} =$		$\alpha =$		$\Delta L_{A,экр,\alpha} =$
	$\delta =$	$h_{экр} =$	$l_{экр} =$	$S_{экр} =$	
Комбинация 3	$\Delta L_{A,экр,\delta} =$		$\alpha =$		$\Delta L_{A,экр,\alpha} =$
	$\delta =$	$h_{экр} =$	$l_{экр} =$	$S_{экр} =$	

Задача №2. Оценка шумового воздействия систем вентиляции с механическим побуждением на прилегающую территорию

Исходные данные

В жилой зоне предполагается расположить некий объект, имеющий три системы вентиляции с принудительным побуждением. Вентилятор приточной системы П1 расположен внутри здания, а на фасад выведена воздухозаборная решётка. Вентилятор вытяжной системы В1 расположен в венткамере на кровле здания, а выпуск воздуха производится вверх (факельный выброс). Вентилятор вытяжной системы В2 расположен внутри здания, а выпуск воздуха производится через решётку, расположенную на фасаде здания. Схема расположения источников шума и расчётной точки показана на рис. 3. Исходные данные для задачи №2 представлены в прил. 2.

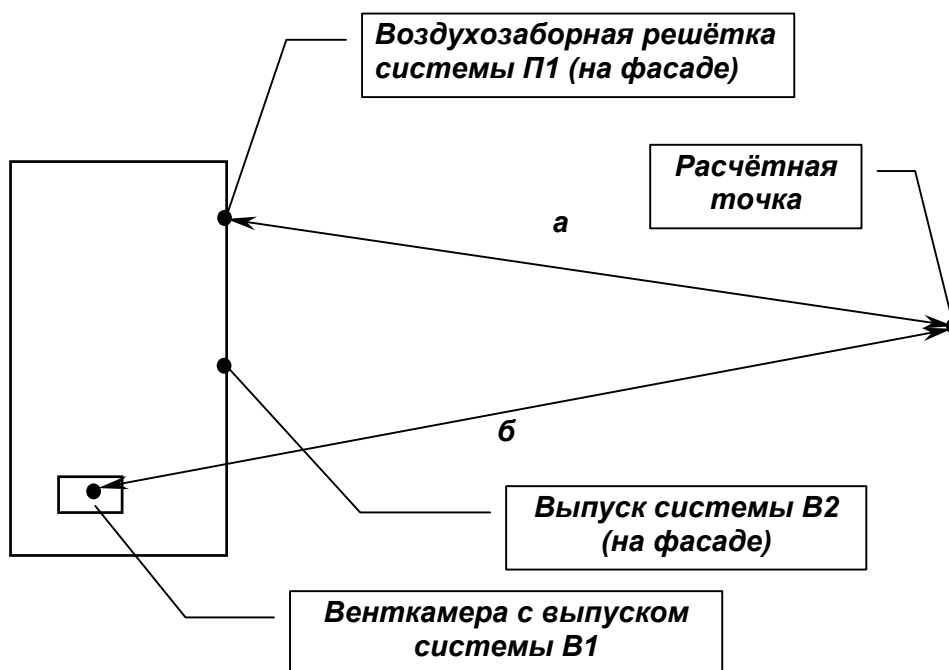


Рис. 3. Расчётная схема расположения источников шума и расчётной точки

Цель работы

Цель работы: рассчитать суммарный уровень звука в заданной расчётной точке от работы систем вентиляции объекта, сравнить с нормативами, назначить при необходимости шумозащитные мероприятия.

Методика выполнения работы

Согласно [4] октавные уровни звукового давления L в дБ в расчетных точках, если источник шума и расчетные точки расположены на территории жилой застройки или на площадке предприятия, следует определять по формуле

$$L = L_p - 15 \lg r + 10 \lg \Phi - \frac{\beta_a r}{1000} - 10 \lg \Omega, \quad (9)$$

где L_p - октавный уровень звуковой мощности в дБ источника шума;

Φ - фактор направленности источника шума, безразмерный, определяется по опытным данным. Для источников шума с равномерным излучением звука следует принимать $\Phi = 1$;

r - расстояние в м от источника шума до расчетной точки;

Ω - пространственный угол излучения звука, принимаемый для источников шума, расположенных:

- в пространстве - $\Omega = 4\pi$;
- на поверхности территории или ограждающих конструкций зданий и сооружений - $\Omega = 2\pi$;
- в двухгранном углу, образованном ограждающими конструкциями зданий и сооружений, - $\Omega = \pi$;

β_a - затухание звука в атмосфере в дБ/км, принимаемое по табл. 12.

Затухание звука в атмосфере

Среднегеометрические частоты октавных полос в Гц	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
β_a , дБ/км	0	0,7	1,5	3	6	12	24	48

Паспортные характеристики некоторых моделей вентиляторов представлены в табл. 13. Они характеризуют звуковую мощность непосредственно перед входом или выходом из вентилятора. К вентиляторам присоединяются воздуховоды, по которым движется воздух и распространяется шум. Распространяясь по воздуховодам, шум постепенно затухает, кроме того, в месте окончания воздуховода (например, воздухозаборная решётка или диффузор) происходит отражение звуковой волны обратно в воздуховод. Прямая и обратная звуковые волны определённой частоты могут, накладываясь, гасить друг друга. Поэтому, чтобы определить уровень звуковой мощности вентиляторов на срезе воздухозаборной решётки (для приточной системы), или на срезе выпускных отверстий (для вытяжных систем) необходимо учесть поправки, представленные в табл. 14 и 15.

Суммарное снижение уровней звуковой мощности по пути распространения шума следует определять последовательно для каждого элемента сети воздуховодов и затем суммировать.

Снижение октавных уровней звуковой мощности в дБ на 1 м длины в прямых участках металлических воздуховодов прямоугольного и круглого сечений следует принимать по табл. 14.

Снижение октавных уровней в звуковой мощности в дБ в результате отражения звука от открытого среза воздуховода или воздухозаборной решетки следует определять по табл. 15.

Уровни звуковой мощности вентиляторов

Тип вентилятора	Уровни звуковой мощности в дБ при среднегеометрической частоте октавных полос в Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
BP-300-45-2 (Мовен)	71	71	75	77	84	70	67	60
BP-300-45-2,5 (Мовен)	76	76	77	78	79	74	72	70
BP-300-45-3,15 (Мовен)	74	74	76	82	69	66	59	56
BP-300-45-4 (Мовен)	82	83	83	85	81	78	75	68
CK-100-A (Ostberg)	47	50	55	57	57	51	44	27
CK-100-C (Ostberg)	52	56	63	64	64	58	52	37
CK-125-A (Ostberg)	44	48	52	55	54	51	44	29
CK-125-C (Ostberg)	50	55	61	66	64	62	55	39
CK-160-B (Ostberg)	47	53	59	61	62	60	57	41
CK-160-C (Ostberg)	47	56	65	69	69	60	61	45
RP 50-25/22-6D (Remak)	58	58	62	57	57	57	54	44
RP 50-30/25-4D (Remak)	67	67	65	63	67	68	65	57
RP 60-30/28-4D (Remak)	70	70	68	67	72	72	69	61
RP 60-35/31-4D (Remak)	72	72	67	67	71	71	69	60
RP 70-40/35-4D (Remak)	77	77	75	74	78	78	74	64
RP 80-50/40-6D (Remak)	70	70	66	69	71	70	66	58

Таблица 14

**Снижение звуковой мощности вентиляторов в прямых
воздуховодах**

Форма поперечного сечения воздуховода	Гидравлический диаметр в мм	Снижение уровней звуковой мощности в дБ/м при среднегеометрической частоте октавных полос в Гц							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Прямоугольная	От 75 до 200	0,6	0,6	0,45	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
	» 210 » 400	0,6	0,6	0,45	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2
	» 410 » 800	0,6	0,6	0,3	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
	» 810 » 1600	0,45	0,3	0,15	0,1	0,06	0,06	0,06	0,06
Круглая	От 75 до 200	0,10	0,1	0,15	0,15	0,3	0,3	0,3	0,3
	» 210 » 400	0,06	0,1	0,1	0,15	0,2	0,2	0,2	0,2
	» 410 » 800	0,03	0,06	0,06	0,1	0,15	0,15	0,15	0,15
	» 810 » 1600	0,03	0,03	0,03	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06

Для оценки шума одним числом, учитывающим субъективное восприятие его человеком, используется "уровень звука" (в дБА). Для вычисления уровня звука в дБА октавные уровни звукового давления корректируются по кривой частотной коррекции «А», характеризующей приближенно частотную характеристику восприятия шума человеческим ухом, а затем вычисляется уровень звука в дБА по следующей формуле:

$$L_A = 10 \lg \sum_{i=1}^8 10^{\left(\frac{L_i}{10}\right)}, \quad (10)$$

где L_i – скорректированные по шкале «А» октавные уровни звукового давления, дБ.

Таблица 15

**Снижение звуковой мощности вентиляторов в результате
отражения звука от открытого среза воздуховода**

Диаметр воздуховода или корень квадратный из площади поперечного сечения конца прямоугольного воздуховода или решетки в мм	Снижение октавных уровней звуковой мощности в дБ при среднегеометрической частоте октавной полосы в Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
25	24	22	19	15	10	6	2	0
50	22	19	15	10	5	2	0	0
80	20	16	11	7	3	0	0	0
100	19	14	10	5	2	0	0	0
125	18	13	8	4	1	0	0	0
140	16	12	8	4	1	0	0	0
160	16	11	7	3	0	0	0	0
180	15	11	6	2	0	0	0	0
200	14	10	6	2	0	0	0	0
225	14	9	5	1	0	0	0	0
250	13	8	4	1	0	0	0	0
280	12	8	3	1	0	0	0	0
315	11	7	3	0	0	0	0	0
355	11	6	2	0	0	0	0	0
400	10	5	2	0	0	0	0	0
450	8	5	1	0	0	0	0	0
500	8	4	1	0	0	0	0	0
560	8	3	1	0	0	0	0	0
600	7	3	1	0	0	0	0	0
710	6	2	0	0	0	0	0	0
900	5	2	0	0	0	0	0	0

Поправки к октавным уровням звукового давления для коррекции по шкале «А» представлены в табл. 16.

Таблица 16

Поправки взвешивающего фильтра «А»

Среднегеометрическая частота октавных полос в Гц	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Поправки, дБ	-26,2	-16,1	-8,6	-3,2	0	1,2	1	-1,1

Суммарный уровень звука $L_{A\Sigma}$ в дБА в расчетной точке при наличии нескольких источников шума следует определять от каждого источника шума в отдельности и полученные величины суммировать (по энергии) в соответствии с табл. 17.

Таблица 17

Поправки для определения суммарного уровня звука от нескольких источников шума

Разность двух складываемых уровней, дБ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20
Добавка к более высокому уровню, необходимая для получения суммарного уровня, дБА	3	2,5	2	1,8	1,5	1,2	1	0,8	0,6	0,5	0,4	0,2	0

При пользовании табл. 17 следует последовательно складывать уровни звука в дБА, начиная с максимального. Сначала следует определять разность двух складываемых уровней, затем соответствующую этой разности добавку. После этого добавку следует прибавить к большему из складываемых уровней. Полученный уровень складывают со следующим и т.д.

Если уровни звукового давления или суммарный уровень звука в расчётной точке превышают нормативные значения, следует предусматривать шумозащитные мероприятия. Наиболее эффективным мероприятием является установка глушителя на участке воздуховода, идущего от вентилятора к впускному или

выпускному срезам. В этом случае октавные уровни звуковой мощности вентиляторов следует уменьшать в соответствии с характеристиками глушителя, представленными в табл. 18 и 19.

Таблица 18

Характеристики круглых шумоглушителей

Тип глушителя	Ø воздуховода, мм	Снижение октавных уровней звуковой мощности в дБ при среднегеометрической частоте октавной полосы в Гц							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
SLU 100/900	100	8	9	22	32	36	33	31	28
SLU 125/900	125	6	7	16	28	38	38	35	33
SLU 160/900	160	7	8	14	23	39	37	25	23

Таблица 19

Характеристики прямоугольных шумоглушителей

Тип глушителя	Сечение воздуховода, мм	Снижение октавных уровней звуковой мощности в дБ при среднегеометрической частоте октавной полосы в Гц							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
TH 500×250	500×250	3	5	9	18	23	23	21	16
TH 500×300	500×300	3	5	9	18	23	23	21	16
TH 600×300	600×300	3	6	11	22	27	30	26	21
TH 600×350	600×350	3	6	11	22	27	30	26	21
TH 700×400	700×400	3	6	10	20	25	28	24	18
TH 800×500	800×500	3	6	11	22	27	30	26	21

Порядок выполнения работы

1. Определить акустические характеристики агрегатов систем вентиляции согласно варианту исходных данных и табл. 13.
2. Определить нормативную частотную характеристику для заданного типа расчётной точки согласно варианту исходных данных по табл. 1.
3. Определить снижение звуковой мощности источников шума в воздуховодах и рассчитать уровень звуковой мощности вентиляторов на срезе воздухозаборных/воздуховыпускных отверстий систем вентиляции.
4. Рассчитать уровни звукового давления и уровень звука от каждого источника шума в расчётной точке.
5. Сравнить полученные значения с нормативными и обосновать необходимость шумозащитных мероприятий.
6. Выбрать шумозащитные мероприятия (глушители шума) и определить характеристики шумоподавления по табл. 18 и 19.
7. Повторить пункты 3...5 для источников шума с глушителями шума.
8. Рассчитать суммарный уровень звука в расчётной точке.
9. Результаты расчётов следует оформить в виде таблиц по форме табл. 20 (по каждому источнику шума до и после установки глушителя) и таблиц по форме табл. 21 (до и после установки глушителя).
10. Сравнить полученное значение с нормативным и сделать выводы о достаточности предложенных шумозащитных мероприятий.

Таблица 20

Результаты расчёта (по каждому источнику шума)

	Октавные полосы частот, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Уровень звуковой мощности источника шума, дБ								
Форма поперечного сечения воздуховода								
Ширина, мм								
Высота, мм								
Гидравлический диаметр воздуховода, мм								
Снижение звуковой мощности в воздуховоде, дБ/м								
Длина воздуховода, м								
Снижение звуковой мощности в результате отражения звука от открытого конца воздуховода или решетки, дБ								
Снижение звуковой мощности глушителем, дБ								
Звуковое давление на срезе, дБ								
Снижение шума в атмосфере, дБ/км								
Расстояние до расчётной точки, м								
Фактор направленности								
Угол излучения звука								
Звуковое давление у расчётной точки, дБ								
Норма, дБ								
Превышение, дБ								
Фильтр кривой коррекции «А», дБ								
Итого, дБ								
Уровень звука, дБА								
Норма, дБА								
Превышение, дБА								

Таблица 21

Результаты расчёта (по всем источникам шума суммарно)

Источник с максимальным уровнем звука, дБА	
Источник со средним уровнем звука, дБА	
Разница, дБА	
Поправка, дБА	
Суммарный уровень звука, дБА	
Источник с минимальным уровнем звука, дБА	
Разница, дБА	
Поправка, дБА	
Суммарный итоговый уровень звука, дБА	

Контрольные вопросы к главе 1

1. Что такое шум, звуковое поле, звуковое давление?
2. Что такое эквивалентный уровень звука?
3. К какому типу шума относится шум, излучаемый автомобильной дорогой?
4. Какие факторы влияют на интенсивность шума, излучаемого автомобильной дорогой?
5. Что является нормируемой характеристикой шума, излучаемого автомобильной дорогой?

Контрольные вопросы к главе 2

1. Что такое уровень звукового давления, уровень звука?
2. Что является нормируемой характеристикой шума, излучаемого вентиляционными агрегатами?
3. Что такое предельно допустимый уровень шума?
4. Что такое октавная полоса частот?

Варианты исходных данных к задаче №1

№ п/п	Уклон дороги, %	Вид покрытия	Интенсивность движения, АТС/ч	Средняя скорость движения транспортного потока, км/ч	Доля грузовых и автобусов (бензиновых), %	Доля грузовых и автобусов (дизельных), %	Расстояние до расчётной точки, м	Тип территории, на которой расположена расчётная точка
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	30	Цементобетон	1500	60	10	15	90	Жилые дома
2	30	Асфальтобетон	1000	70	15	10	85	Больница
3	60	Мелкозернистый асфальтобетон	3000	40	20	10	100	Жилые дома
4	40	Крупнозернистый асфальтобетон	500	50	25	20	75	Жилые дома
5	30	Мелкозернистый асфальтобетон	1500	50	15	15	110	Больница
6	20	Крупнозернистый асфальтобетон	3000	40	10	10	80	Больница
7	50	Цементобетон	1500	40	5	15	70	Жилые дома
8	20	Асфальтобетон	1000	60	10	5	55	Жилые дома
9	30	Крупнозернистый асфальтобетон	3000	50	15	20	60	Жилые дома
10	20	Цементобетон	3000	60	20	20	80	Жилые дома
11	30	Мелкозернистый асфальтобетон	1500	50	25	20	60	Жилые дома
12	50	Цементобетон	1000	40	25	20	75	Жилые дома
13	30	Крупнозернистый асфальтобетон	500	50	15	5	120	Площадка отдыха
14	40	Асфальтобетон	3000	60	20	10	90	Больница

Продолжение прил. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
15	20	Мелкозернистый асфальтобетон	3000	50	25	25	80	Жилые дома
16	30	Цементобетон	1000	50	10	20	50	Жилые дома
17	50	Цементобетон	500	40	15	5	45	Жилые дома
18	40	Асфальтобетон	1500	70	10	15	55	Жилые дома
19	50	Крупнозернистый асфальтобетон	1000	60	15	5	100	Больница
20	60	Цементобетон	500	40	15	15	100	Больница
21	20	Мелкозернистый асфальтобетон	1500	70	5	15	65	Жилые дома
22	30	Асфальтобетон	3000	60	5	10	70	Жилые дома
23	20	Мелкозернистый асфальтобетон	1500	50	15	10	60	Жилые дома
24	20	Крупнозернистый асфальтобетон	500	40	15	5	130	Площадка отдыха
25	40	Асфальтобетон	3000	60	15	5	80	Жилые дома
26	20	Цементобетон	1500	50	10	5	80	Больница
27	60	Цементобетон	1500	40	15	10	70	Жилые дома
28	30	Мелкозернистый асфальтобетон	1000	60	5	5	50	Жилые дома
29	40	Литой асфальтобетон	1500	50	15	10	55	Жилые дома
30	20	Крупнозернистый асфальтобетон	3000	70	5	20	75	Жилые дома

Варианты исходных данных к задаче №2

№ п/п	Тип вентилятора в системе			Размер сечения воздуховода, мм			Длина воздуховода, м			Расстояние до РТ, м			Тип РТ
	П1	В1	В2	П1	В1	В2	П1	В1	В2	П1	В1	В2	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	RP 50-25/22-6D	BP-300-45-2	СК-100-A	500x250	500x250	100	3	3	7	50	56	49	ПО
2	RP 50-30/25-4D	BP-300-45-2	СК-100-C	500'250	500'250	100	4	2	8	20	26	18	ЖД
3	RP 60-30/28-4D	BP-300-45-2	СК-125-A	600x300	500x250	125	6	4	9	18	24	16	ЖД
4	RP 60-35/31-4D	BP-300-45-2	СК-125-A	600x300	500x250	125	6	4	9	12	17	9	ЖД
5	RP 80-50/40-6D	BP-300-45-4	СК-160-C	800x500	800x500	160	3	2	5	20	26	18	Б
6	RP 70-40/35-4D	BP-300-45-3,15	СК-125-C	700x400	700x400	125	5	3	7	30	36	29	Б
7	RP 60-30/28-4D	BP-300-45-4	СК-100-A	600x300	800x500	100	4	5	9	15	20	13	ЖД
8	RP 50-30/25-4D	BP-300-45-2,5	СК-125-C	500x300	600x350	125	3	6	2	14	19	11	ЖД
9	RP 60-35/31-4D	BP-300-45-2,5	СК-100-C	600x350	600x350	100	4	2	8	25	31	24	Б
10	RP 50-25/22-6D	BP-300-45-2	СК-100-C	500x250	500x250	100	4	4	9	35	41	34	Б
11	RP 70-40/35-4D	BP-300-45-2,5	СК-160-C	700x400	600x350	160	6	2	5	30	36	29	ЖД
12	RP 60-30/28-4D	BP-300-45-2	СК-160-C	600x300	500x250	160	3	3	7	18	24	16	ЖД
13	RP 50-25/22-6D	BP-300-45-2,5	СК-100-A	500x250	600x350	100	3	3	7	35	41	34	ПО
14	RP 50-30/25-4D	BP-300-45-2	СК-160-B	500x300	500x250	160	4	2	5	27	33	26	Б

Продолжение прил. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
15	RP 60-30/28-4D	BP-300-45-2,5	CK-125-C	600x300	600x350	125	5	8	3	15	20	13	ЖД
16	RP 80-50/40-6D	BP-300-45-4	CK-100-A	800x500	800x500	100	7	2	8	20	26	18	ЖД
17	RP 70-40/35-4D	BP-300-45-3,15	CK-125-C	700x400	700x400	125	4	3	9	19	25	17	ЖД
18	RP 80-50/40-6D	BP-300-45-2,5	CK-160-B	800x500	600x350	160	7	2	3	21	27	19	ЖД
19	RP 60-30/28-4D	BP-300-45-2,5	CK-160-B	600x300	600x350	160	4	2	9	28	34	27	Б
20	RP 50-30/25-4D	BP-300-45-3,15	CK-100-C	500x300	700x400	100	5	3	5	27	33	26	Б
21	RP 60-30/28-4D	BP-300-45-2,5	CK-160-C	600x300	600x350	160	4	2	9	15	20	13	ЖД
22	RP 60-35/31-4D	BP-300-45-2,5	CK-160-B	600x350	600x350	160	7	3	5	12	17	9	ЖД
23	RP 70-40/35-4D	BP-300-45-3,15	CK-100-C	700x400	700x400	100	3	3	3	16	21	14	ЖД
24	RP 80-50/40-6D	BP-300-45-4	CK-125-C	800x500	800x500	125	6	3	7	13	18	10	ЖД
25	RP 60-35/31-4D	BP-300-45-3,15	CK-160-C	600x350	700x400	160	4	2	3	12	17	9	ЖД
26	RP 60-30/28-4D	BP-300-45-2,5	CK-125-A	600x300	600x350	125	7	3	8	25	31	24	Б
27	RP 70-40/35-4D	BP-300-45-3,15	CK-160-C	700x400	700x400	160	6	2	3	50	56	49	ПО
28	RP 70-40/35-4D	BP-300-45-2,5	CK-160-B	700x400	600x350	160	4	3	8	45	51	44	Б
29	RP 60-30/28-4D	BP-300-45-2	CK-160-C	600x300	500x250	160	6	3	12	43	49	42	Б
30	RP 70-40/35-4D	BP-300-45-4	CK-125-C	700x400	800x500	125	6	3	12	35	41	34	ЖД

Литература

1. Защита от шума в градостроительстве/ Г.Л.Осипов, В.Е.Коробков, А.А.Климухин и др.; под ред. Г.Л.Осипова. - М.: Стройиздат, 1993. - 96 с.
2. Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.
3. СНиП II-12-77 Защита от шума.
4. СНиП 23-03-2003 Защита от шума.

Оглавление

Предисловие	3
1. Основные понятия о природе шума	3
2. Нормируемые параметры и предельно допустимые уровни шума	6
Задача №1. Оценка шумового воздействия автодороги на прилегающую территорию	9
Исходные данные	9
Цель работы.....	9
Методика и последовательность выполнения работы	9
Задача №2. Оценка шумового воздействия систем вентиляции с механическим побуждением на прилегающую территорию.....	18
Исходные данные	18
Цель работы.....	19
Методика выполнения работы.....	19
Контрольные вопросы к главе 1	28
Контрольные вопросы к главе 2	28
Литература	33

Редактор Н.П. Лапина

Технический редактор Н.П. Лапина

Подписано в печать		Формат 60x84/16
Печать офсетная.	Усл. печ. л. 2,1	Уч.-изд.л. 1,7
Тираж 400 экз.	Заказ	Цена 17 руб.

Ротапринт МАДИ(ТУ). 125319, Москва, Ленинградский проспект, 64

(Не печатать!)

1 Защита от шума в градостроительстве/ Г.Л.Осипов, В.Е.Коробков, А.А.Климухин и др.; Под ред. Г.Л.Осипова. - М.: Стройиздат, 1993. - 96 с.

2 Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки (утв. постановлением Госкомсанэпиднадзора РФ от 31 октября 1996 г. N 36).

3 СНиП II-12-77 ЗАЩИТА ОТ ШУМА (утв. постановлением Государственного комитета совета министров СССР по делам строительства от 14 июня 1977 г. № 72).

4 СНиП 23-03-2003 Защита от шума.