



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
МОСКОВСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
СТРОИТЕЛЬНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

А.И. Ренц, М.А. Слепнев

# ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПЛАНИРОВКИ ГОРОДОВ

Учебно-методическое пособие

ISBN 978-5-7264-3043-0

© ФГБОУ ВО «НИУ МГСУ», 2022

Москва  
Издательство МИСИ – МГСУ  
2022

УДК 711:504  
ББК 85.118.7  
Р39

*Рецензенты:*

кандидат экономических наук *Д.В. Климов*,  
директор ГАУ МО «НИиПИ градостроительства»;  
доктор технических наук *Н.В. Данилина*,  
заведующая кафедрой градостроительства НИУ МГСУ

**Ренц, Анна Игоревна.**

Р39 Экологические основы планировки городов [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / А.И. Ренц, М.А. Слепнев ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, кафедра градостроительства. — Электрон. дан. и прогр. (1,5 Мб). — Москва : Издательство МИСИ – МГСУ, 2022. — Режим доступа: <http://lib.mgsu.ru>. — Загл. с титул. экрана.

ISBN 978-5-7264-3043-0 (сетевое)

ISBN 978-5-7264-3044-7 (локальное)

В учебно-методическом пособии рассмотрено федеральное и региональное законодательство, необходимое для экологического обеспечения населенных мест; изложены основные теоретические положения о загрязнении воздушных бассейнов городов; приведены практические примеры акустических расчетов и расчетов загазованности городских территорий, основные планировочные и инженерные решения по защите территорий от шумового воздействия городского автотранспорта.

Для обучающихся по направлению подготовки 07.03.04 Градостроительство.

*Учебное электронное издание*

© ФГБОУ ВО «НИУ МГСУ», 2022

Редактор *Н.А. Котова*  
Корректор *В.К. Чупрова*  
Верстка и дизайн титульного экрана *Д.Л. Разумного*

*Для создания электронного издания использовано:*  
Microsoft Word 2010, Adobe InDesign CS6, ПО Adobe Acrobat

Подписано к использованию 01.06.2022. Объем данных 1,5 Мб.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский  
Московский государственный строительный университет».  
129337, Москва, Ярославское ш., 26.

Издательство МИСИ – МГСУ.  
Тел.: (495) 287-49-14, вн. 14-23, (499) 183-91-90, (499) 183-97-95.  
E-mail: [ric@mgsu.ru](mailto:ric@mgsu.ru), [rio@mgsu.ru](mailto:rio@mgsu.ru)

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение .....	5
1. АКУСТИЧЕСКОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ.....	6
1.1. Влияние шумового режима на население и окружающую среду.....	8
1.2. Методы оценки и измерения шумового загрязнения .....	10
1.3. Основные источники шумового воздействия в городах.....	11
2. РАСЧЕТ АКУСТИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ОТ АВТОТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ .....	12
2.1. Определение уровней акустического воздействия.....	12
2.2. Нормирование уровня акустического воздействия .....	14
2.3. Методика расчета уровня акустического воздействия в расчетных точках.....	16
2.4. Расчет снижения акустического воздействия с помощью защитных экранов .....	18
2.5. Снижение акустического воздействия с помощью конструкций заполнений оконных проемов.....	20
2.6. Экологическая оценка акустического режима территории .....	21
3. МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСЧЕТНЫХ ЗНАЧЕНИЙ АКУСТИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ.....	22
3.1. Данные программного комплекса .....	22
3.2. Сведения по интерфейсу программы .....	22
3.3. Редактирование топографической основы (карты) .....	23
4. МЕРОПРИЯТИЯ ПО ЗАЩИТЕ ЖИЛОЙ СРЕДЫ ОТ ШУМОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ.....	25
4.1. Административно-организационные и инженерно-технические методы защиты от шума .....	26
4.2. Строительно-акустические методы защиты от шума .....	26
4.3. Градостроительные методы защиты территории от шума.....	28
5. ВЫБРОСЫ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ОТ АВТОТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ .....	31
5.1. Расчет выбросов от автотранспортных потоков.....	31
5.2. Определение валовых (годовых) выбросов .....	31
Заключение.....	35
Библиографический список.....	36

## ВВЕДЕНИЕ

С каждым годом происходит увеличение темпов урбанизации, что негативно влияет на сохранение экологической составляющей города. Одна из основных задач человечества на сегодняшний день — сохранение и обеспечение безопасной среды жизнедеятельности, повышение уровня экологической защиты населенных пунктов.

Комплексный подход в решении вопросов, связанных с сохранением экологической безопасности городской среды, должен включать ряд направлений исследований, посвященных безопасности воздушного бассейна населенных пунктов. При этом особое внимание следует уделять городскому транспорту — одному из крупнейших факторов, влияющих на загрязнение воздушного бассейна населенных пунктов и наносящих вред окружающей среде.

При рассмотрении транспортной инфраструктуры городской среды можно выделить автомобильный транспорт, на который приходится более 60 % загрязнения атмосферного воздуха в целом. Несмотря на то, что автомобильный транспорт оказывает наиболее вредное воздействие на воздушный бассейн, ежегодно наблюдается его увеличение.

Научным сообществом, занимающимся вопросами акустического воздействия на организм, определено, что продолжительное шумовое воздействие от автотранспорта ведет к расстройствам центральной нервной системы человека, быстрой утомляемости и влияет на все его органы. Исследования показали, что в России и во многих странах мира в связи с увеличением транспортной инфраструктуры, развитием городских технологий и урбанизации населенных пунктов наблюдается увеличение шумового режима.

Цели данного учебно-методического пособия — формирование компетенций, предусмотренных рабочей программой дисциплин «Экологические основы планировки городов», «Формирование природного каркаса в генеральных планах городов» при выполнении различных расчетных работ, связанных с определением шумовых характеристик и загазованностью территорий в определенных городских условиях, а также общее развитие навыков, умений и знаний при работе с программными комплексами «Эколог-Шум» и «Магистраль город», которые могут быть рекомендованы для проведения математического моделирования.

В учебно-методическом пособии рассмотрен результат обобщения теории, методологии и практики комплексного решения проблем охраны окружающей среды, оздоровления городской среды согласно требованиям действующих правовых документов в сфере градостроительства, представлены ряд практических задач, методы расчетов по оценке негативных воздействий на селитебную территорию городов.

## 1. АКУСТИЧЕСКОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

Начиная с XX в., вопросами акустического воздействия и задачами, направленными на защиту от этого воздействия, занимаются ученые всего мира. В древности в качестве наказания применялось акустическое воздействие, когда провинившегося наказывали следующим способом: его помещали под колокол, и воздействовали на слуховой аппарат человека звоном, который мучительно и не сразу убивал его. Впервые такую меру наказания стали применять в Древнем Китае, где на человека, находящегося на центральной площади, воздействовали звуком барабанов. Позже жители Древнего Рима обратили внимание и указали на шум из-за патрулирующих конных экипажей, который не давал отдыхать, возникая в ночное время суток на улицах, расположенных в непосредственной близости от окон жилых домов. Поэтому Юлий Цезарь своим указом ввел запрет на передвижение таких экипажей в ночное время суток. В XVI в. королева Англии Елизавета I, проявляя заботу о жителях, ввела запрет на разговоры в ночное время.

Уже в тогда было ясно, что шум — это нежелательный для человека звук, раздражающий жителей населенных пунктов, доставляющий им большие неудобства. Сейчас шум определен как сумма звуков разной частоты и интенсивности. Звук в разных вариациях может быть выражен как в виде шума, так и в виде акустического сигнала. Например, сработавшая во дворе автомобильная сигнализация для собственника автомобиля — это информация, которая может быть полезной, а для жителей дома, во дворе которого сработала сигнализация, шум — источник раздражителя.

Понятие звука определено как волна, распространяющаяся в среде, вызванная определенным источником шума. Значение уровня звука зависит от ряда показателей, таких как давление  $G$ , скорость  $V$ , частота звуковой волны  $\varphi$ , длина звуковой волны  $\lambda$  и интенсивность распространения в среде  $I$ .

Сегодня в большинстве случаев жители населенных пунктов находятся в условиях акустического дискомфорта, характеристики которого значительно превышают допустимые нормативные значения (особенно в мегаполисах). Шумовое загрязнение — форма воздействия на среду обитания человека.

Акустические волны имеют свойство распространяться в пространстве среды, называемом акустическим полотно, в котором возникают деформации, в свою очередь ведущие к изменению давления  $G_{\text{ср}}$  в произвольной точке по сравнению с давлением атмосферного воздуха. Показатель, учитывающий разность между звуковым давлением и давлением звукового поля, называется звуковым давлением  $G$  и может быть определен по формуле

$$G = G_{\text{ср}} - G_{\text{тм}}.$$

Распространение звука в среде имеет акустическое сопротивление  $X_a$ , определяемое по табл. 1 и вычисляемое отношением звукового давления  $G$  к колебательной скорости частиц среды  $V$  по формуле

$$X_a = \frac{G}{V}.$$

Акустическое воздействие имеет энергию звуковой волны, направленной по траектории движения волны. Количество энергии акустического воздействия за единицу времени в 1 с через площадь сечения  $Z_a$  в  $1 \text{ м}^2$  определено как интенсивность звука, которая находится по формуле

$$Y = \frac{X_a^2}{Z_a}.$$

Интенсивность звука  $Y$  направлена перпендикулярно движению звуковой волны и измеряется в  $\text{Вт/м}^2$ .

## Сопrotивление акустическому воздействию

Обозначение	Температура	Плотность	Сопrotивление
Вода	14	1100	150
Ель	21	530	250
Дуб	21	700	300
Алюминий	21	2800	1500
Медь	21	9000	3000
Спирт	13	800	110
Водород	0	0,1	120
Воздух	21	1,5	420
Кислород	0	1,5	460
Резина	21	1000	610
Пробка	21	240	15

Различают несколько видов волн в зависимости от способа возбуждения колебаний:

- плоскую;
- цилиндрическую;
- сферическую.

Сферические волны обладают высокой интенсивностью звука с мощностью  $D$  на удалении радиуса  $R$ , которую можно определить по формуле

$$D = \frac{Y}{4\pi r^2}.$$

Частота сферической волны обратно пропорциональна квадрату расстояния от источника шумового воздействия, интенсивность плоской волны от расстояния не зависит.

Заданные характеристики (температура, плотность, сопротивление) напрямую взаимосвязаны со скоростью звуковой волны. Например, скорость звука в среде (воздух) при температуре 21 °С будет составлять 344 м/с.

В табл. 2 приведены сравнительные зависимости, определяющие акустическое воздействие.

Таблица 2

## Сравнительные характеристики акустического воздействия

Наименование	Агрегат	Условная единица	Зависимость
Давление звука	$G$	Па	$G = \rho V$
Сопrotивление	$X_a$	(Па · с)/м	$X_a = G/V$
Скорость распространения	$V$	м/с	$V = X/G$
Интенсивность	$Y$	Вт/м <sup>2</sup>	$Y = X/Z$
Мощность звуковой волны	$D$	Вт	$D = Y/4\pi r^2$

Акустическое поле, не имеющее ограничений по поверхности, приближающееся к бесконечности, называется свободным акустическим полем. В замкнутом окружении (в помещении) распространение звуковых волновых характеристик напрямую связано с формами помещений и физических свойств покрытий, размещенных на пути распространения акустических волн.

Акустические волны рассеиваются в пространстве, при этом одна часть может быть поглощена поверхностью с преобразованием в тепловую характеристику, а другая — отражаться от поверхности или проникать в ограждение. Эти свойства материалов преград описываются следующими коэффициентами:

– звукопоглощения:

$$\alpha = \frac{E_{\text{погл}}}{E_{\text{пад}}},$$

где  $E_{\text{погл}}$  — энергия поглощения;  $E_{\text{пад}}$  — энергия, поступающая на ограждение;  
– отражения:

$$\beta = \frac{E_{\text{отр}}}{E_{\text{пад}}},$$

где  $E_{\text{отр}}$  — энергия отражения от ограждения;  
– звукоизоляции:

$$\gamma = \frac{E_{\text{пад}}}{E_{\text{отр}}},$$

– проницаемости:

$$\tau = \frac{E_{\text{пр}}}{E_{\text{пад}}}.$$

Коэффициент проницаемости определяет характер и свойства ограждающей конструкции. При расчете коэффициента проницаемости определяется его значение: чем меньше показатель проницаемости, тем лучше свойства звукоизоляции. Значения коэффициентов проницаемости, характеризующих свойства ограждающих конструкций, напрямую ориентированы на частоту акустической волны. Звукоизоляционные свойства материалов, использованных при сооружении ограждающих конструкций, вычисляются по формуле

$$R = 10 \lg \frac{1}{\tau}.$$

### 1.1. ВЛИЯНИЕ ШУМОВОГО РЕЖИМА НА НАСЕЛЕНИЕ И ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

При проведении работы по оценке интенсивных шумовых воздействий, прежде всего, необходимо рассматривать ряд задач, направленных на определение потока энергии, который приходится на единицу площади рассматриваемого объекта.

При этом общепринятые измерения не позволяют человеческими органами выразить характеристику шумового воздействия и определить точное значение, поскольку организм человека сложен и уникален. Человеческое ухо может определять звуки с разницей интенсивности, превышающей 10 млн раз. Человеческий организм не может проводить операции со значениями, находящимися в таком обширном диапазоне. Поэтому для вычисления уровня звукового воздействия определили логарифмическую шкалу величин, по которой изменение шумового воздействия на единицу площади в действительности указывает на изменение в 10 раз. За такую единицу измерения интенсивности звуковой характеристики была принята единица *бел* (Б), названная в честь английского ученого А. Белла, одного из основателей телефонии. В практических работах наиболее удобнее пользоваться десятиными долями *бела* — *децибелами* (дБ).

Иная характеристика шумового воздействия, которая будет иметь общепринятые единицы измерения *герц* (Гц), может быть представлена как количество звуковых колебаний за определенный интервал времени (единицу времени) или определена натурным способом проведенными измерениями. Один герц принят равным одному колебанию звуковой волны в определенный интервал времени (единицу времени). Колебания акустических характеристик в диапазоне от 16 до 20 тыс. Гц слуховой аппарат человека способен воспринимать без каких-либо трудностей. Колебания ниже частоты в 16 тыс. Гц относят к инфразвуковым, а колебания выше 20 тыс. Гц — к ультразвуковым.

Человек способен по-разному воспринимать звуки, имеющие приблизительно схожие уровни интенсивности, но разную частоту. Вследствие того, что человеческое ухо не может равномерно определять звуки разных частот, при измерении уровня акустического воздействия значения шумовых характеристик приходится корректировать с помощью высокоча-



стотных фильтров, проводя измерения взвешенного уровня акустического воздействия. Для выявления и определения акустического давления используют специализированные приборы — шумомеры, в характеристики которых входят 3 частотные коррекции, включающие шкалу коррекции акустического воздействия А. Шкала коррекции позволяет определить значение акустического воздействия при низких частотах, которые не слышны человеческому уху. Шкала коррекции должна быть настроена следующим образом: измерительный прибор оценивает звуковое давление в различном частотном диапазоне с применением частотного фильтра при условии восприятия звуковой характеристики человеческим ухом.

В результате превышения звуковых колебаний происходит загрязнение среды шумом или фоновыми акустическими волнами (фоном). Уровень громкости звука, при котором уровень давления звука с низкой частотой, равной одному децибелу, называется фоном.

В развивающихся населенных пунктах шум становится не просто неприятным для человека, а негативно влияющим на его физиологию. Антропогенные шумовые источники, серьезно влияющие на повышение утомляемости, снижают производительность человека и становятся причинами стрессового состояния. При этом естественные природные звуки не доставляют серьезного дискомфорта для человека.

В практике оценивания вредности акустического воздействия при обеспечении экологической безопасности населенных пунктов определена классификация вредности шума:

- психологическая, вызванная нежелательным шумом, сопутствующие характеристики которой — раздражительность и недовольство человека;
- функциональная, определяющаяся шумом, который оказывает негативное влияние на деятельность человека при работе, сне, разговоре или чтении;
- физиологическая, выраженная посредством акустического воздействия и носящая систематический характер, при которой возникает опасность потери слуха (более 85 дБа).

При активном развитии населенных пунктов и транспортной инфраструктуры акустическое загрязнение неизбежно. Городской транспорт, строительство промышленных предприятий, спортивных и общественных объектов, работа строительной техники — все это непосредственно влияет на фоновое значение шумовой характеристики города. В зависимости от интенсивности шумового воздействия можно выделить 3 группы:

1) восприятие звука человеческим ухом малочувствительно (например шепот, тиканье часов, шелест листьев), значение уровня шума находится в пределах от 10 до 40 дБа;

2) шумовое значение, находящееся в интервале от 40 до 90 дБа, — большинство звуков, которые человек слышит ежедневно (например телепередачи, разговоры собеседников, шум от бытовых приборов и др.), именно в этом диапазоне человеческое ухо обладает повышенной способностью определять и проводить анализ звуков;

3) уровень шума, находящийся в пределах от 90 дБа и выше, оказывает на человека раздражающее, негативное воздействие и может вызвать сильное утомление и расстройство нервной системы, например, шум работы двигателей самолета или при взлете турбореактивного аппарата по направлению полета на протяжении более 5 км (поэтому расположение населенных пунктов вблизи аэропортов дополнительно регламентировано).

Характеристики акустического воздействия регламентированы по энергии (эквивалентный уровень звука,  $LA_{эКВ}$ ), определяемой как значение уровня звукового воздействия, длительного или постоянного шума в широкополосной частоте, который в определенных регламентированных интервалах времени имеет схожее давление уровня звука, что и рассматриваемый шум.

Ограничения, установленные при работе человека не более 40 ч в неделю, направлены на сокращение заболеваний или отклонений в состоянии его здоровья в процессе трудовой деятельности.

Предельно допустимый уровень шума (ПДУ) — уровень шума, при котором не происходит нарушения здоровья у жителей населенных пунктов. Допустимый уровень шума (ДУ) — уровень шума, при котором у человека не возникает какого-либо раздражения, беспокойства и изменений показателей функционирования организма.

## 1.2. МЕТОДЫ ОЦЕНКИ И ИЗМЕРЕНИЯ ШУМОВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

При выполнении/обеспечении санитарно-гигиенических требований возникает необходимость в проведении инженерно-экологических изысканий, направленных на обеспечение экологической безопасности населенных мест, в задачи которой входит измерение уровня шумовой характеристики в жилых и нежилых помещениях, на территориях придомового пространства.

При проведении измерений акустического режима применяются различные приборы, одни из самых распространенных — шумомеры — приборы, направленные на измерение звукового давления (рис. 1). Данные приборы подлежат обязательной метрологической аттестации в соответствующих органах с выдачей документов, подтверждающих работоспособность, в которых фиксируются основные параметры работы прибора, устанавливаются предельные значения измеряемых величин и погрешность измерений при работе.



Рис. 1. Приборы для измерения акустического воздействия (шумомер)

Приборы для измерения акустического воздействия включают в себя датчик (микрофон), усилитель частотных фильтров, анализатор частоты, самозаписывающее устройство. Данные приборы оборудованы блоком корректировки частот, которые в свою очередь подразделяются на классы от 0 до 3. Приборы класса 0 используются при альтернативных средствах измерений и как базовые; первый класс рассчитан на проведение исследований лабораторного типа и различных экспериментов; второй класс приборов используется при работе, где проводимые измерения не требуют высокой точности; третий класс направлен на приблизительные измерения с большой погрешностью. У каждого класса прибора определен свой диапазон измерений в зависимости от частоты, с которой прибор может работать. У приборов наивысшего класса имеется возможность корректировки частотной характеристики в 3 вариациях с изменением шкалы коррекции, это позволяет проводить преобразование частот в частоты, подходящие для слуха человека.

Общепринятые характеристики источника шума:

- значение звукового давления;
- значение звука, измеряемого прибором;
- значение звуковой мощности;
- скорректированное значение звуковой мощности;
- показатель направленности акустического воздействия.

### 1.3. ОСНОВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ШУМОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ В ГОРОДАХ

Шум населенных пунктов в основном образуется от различного вида транспорта, а также в процессе работ промышленных предприятий и предприятий коммунально-бытового характера. Наиболее значителен по уровню и степени распространения в городской среде шум от автомобильных потоков, авиа- и железнодорожного транспорта. Акустическое воздействие летящего самолета над территориями населенных пунктов образуется от работы двигателей и будет составлять более 80 дБА, а шум от железнодорожного транспорта, проезжающего вдоль жилой зоны, — достигать значений, превышающих 70 дБА. Жители городов и мегаполисов, проживающие в условиях растущего акустического загрязнения, характеристики которого значительно превышают допустимые нормативные значения, испытывают расстройства нервной системы. В некоторых мегаполисах уровень шумового воздействия находится в пределах от 65 до 80 дБА и вызывает при этом дискомфорт у людей.

Сегодня современное общество не может обойтись без комфортных условий передвижения по городу. Городской наземный пассажирский автотранспорт удобен (быстрота передвижения, надежность поездки, экономичность времени, обеспечение комфортного передвижения как на большие, так и на малые расстояния), обладает наибольшей связанностью маршрутов и наименьшим количеством пересадок.

В связи с тем, что транспортные артерии города проходят в непосредственной близости от жилой застройки, на жителей первого уровня застройки более всего негативно влияет шум. Именно эти участки территорий, в пределах которых уровень звука превышает допустимые значения по санитарно-гигиеническим показателям вокруг внешних источников шума, попадают в зону так называемого акустического дискомфорта.

Если учитывать свойство потока транспортных средств как источника шума, непрерывность звукового воздействия из-за расположения большого количества хаотичных точечных источников, поток необходимо рассматривать как прямолинейный участок, от которого образуется звуковое воздействие. Однако характерной чертой акустического воздействия, создаваемого потоком трафика, являются сильные колебания его уровня из-за неоднородности потоков транспортных средств и различных манер вождения водителей. Для приведения к единым установочным требованиям методов измерения и оценки шума был разработан стандарт  $d$  (дБА) ИСО 1996-1-2019, в котором отмечено, что эквивалентный уровень звука, выраженный в ДВА, должен использоваться в качестве эталонного значения для описания режимов шума в окружающей среде. В современном мегаполисе акустическое воздействие — один из наиболее важных и серьезных факторов, негативно влияющих на окружающую среду, поскольку его характеристика усиливается в сочетании с другими факторами неблагоприятного воздействия.

В качестве шумовой характеристики транспортных потоков в большинстве стран устанавливается уровень звукового воздействия, эквивалентный определенному базовому расстоянию от транспортного потока. Так, в нашей стране это расстояние берется равным 7,5 м от оси ближайшей полосы движения транспортных средств до точки расчета.

В Российской Федерации основным нормативным документом, регулирующим уровень звука в зданиях и зонах строительства, методы определения уровней звуковой точки, вычисленные требования для средств защиты от шума и т.д., является СНиП 23-03-2003 Защита от шума. Стандарты проектирования жилых зданий основаны на обобщении многочисленных крупномасштабных и экспериментальных исследований характеристик шума автомобильных потоков, моделей распространения шума в строительстве, а также санитарно-гигиенических исследований. Тем не менее, быстро меняющиеся условия жизни современных городов сказываются на экологической безопасности, и требования, заложенные в нормативном документе, теряют актуальность.

## 2. РАСЧЕТ АКУСТИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ОТ АВТОТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ

### 2.1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЕЙ АКУСТИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

На уровень акустического воздействия влияет изменение условий движения (изменение скорости, торможение и ускорение). Эти режимы работы характеризуются различными уровнями шума и значениями выбросов загрязнений. Наибольшее негативное влияние на окружающую среду оказывают транспортные потоки, уровень воздействия которых определяется:

- составом, интенсивностью, скоростью и ускорением движения автомобильного потока;
- технической исправностью транспортного средства;
- содержанием и объемом перевозимых грузов.

Автомобильное движение в совокупности плотных транспортных потоков существенно отличается от движения единичного автомобильного транспорта.

Для выполнения расчетов по прогнозу акустического состояния местности необходимо определить уровень акустического воздействия, создаваемого потоком автомобильного движения данного участка дороги.

Работы П.И. Пospelова, В.Н. Луканина, Ю.В. Трофименко направлены на исследования в данной области. В работах авторы установили, что уровень акустического воздействия в потоке автомобильного движения зависит от интенсивности движения и состава потока, а определяемая зависимость уровня акустического воздействия может быть определена номограммой, приведенной на рис. 2.

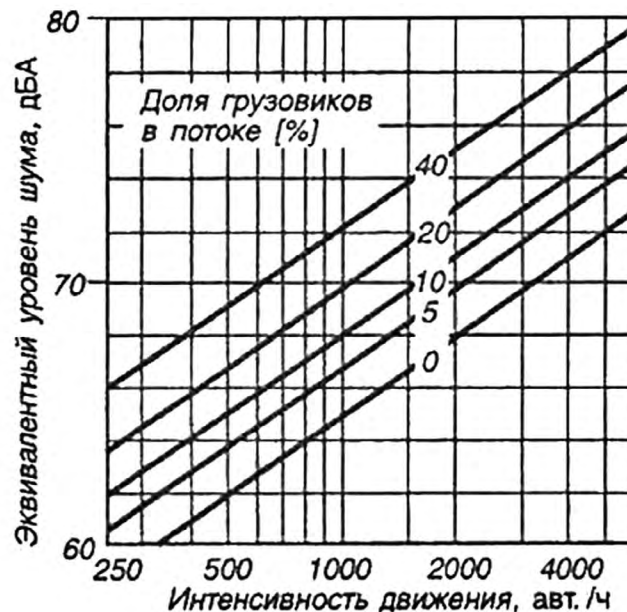


Рис. 2. Номограмма акустического воздействия

Увеличение среднего показателя скорости приводит к увеличению уровня шума, например, снижение количества автомобилей в транспортном потоке с 100 до 90 %, снижение шума одного легкового транспортного средства с 70 до 67 дБА и грузового транспортного средства с 80 до 75 дБА.

При анализе акустического воздействия на жилую территорию (группу зданий) первоочередным является определение шумовых характеристик транспортного потока участка дороги, проходящего в непосредственной близости от жилой зоны. Такие городские дороги служат границами микрорайонов или жилых групп. К ним относятся дороги с регулируемым движением районного или местного значения (жилыми, подъездными) по 4–6 полос и 2–4 полосы в обоих направлениях соответственно.

Для определения уровня акустического воздействия от автомобильного транспорта может быть использована полученная на основе проведенных натуральных наблюдений и экспериментальных данных зависимость показателей акустического воздействия.

Уровень акустического воздействия можно определить по формуле

$$L = 50 + 8,8 \lg N_a + \Delta L_i,$$

где  $N_a$  — расчетная интенсивность движения при заданной скорости движения в 40 км/ч;  $\Delta L_i$  — поправка на  $i$ -й коэффициент влияния, включающий состав, расход, тип дорожного покрытия.

$$L = 10 \lg N_a + 13,3HC + 8,4 \lg S_{ra} + 9,5,$$

где  $L$  — вычисленное значение эквивалентного уровня шума на расстоянии от оси крайней полосы с высоты 1,5 м от уровня дороги, дБА;  $HC$  — расчетная интенсивность движения, авт./ч;  $S_{ra}$  — доля грузового и общественного транспорта в потоке движения.

Для городских дорог и тротуаров с покрытием из асфальта и бетона с уклоном по вертикали 20 % эквивалентный уровень шума  $L$  (дБА) определяется по формуле

$$L = 10 \lg N + 13,3 \lg V + 4 \lg (1 + p) + 15,$$

где  $N$  — количество проходящих в обоих направлениях автомобильных средств;  $p$  — доля грузового и общественного транспорта в составе транспортного потока.

В соответствии с регламентом рассматриваемые показатели определяют как средние значения за период в 8 ч наиболее интенсивного движения.

С точки зрения планового развития городских территорий рекомендованными источниками для получения исходных данных могут служить: генеральный план развития города, данные Государственной инспекции, СНиП 23-03-2003 Защита от шума, позволяющие принимать детерминированные значения характеристик шума транспортных потоков для условий движения в «пиковое» время, в зависимости от категории улиц и дорог.

В условиях стремительного роста мегаполисов, развития транспортных средств изменения темпа городской жизни и других факторов непосредственно влияют на изменения условий жизнедеятельности человека. Расчетные данные, полученные на основе исследований, выполненных при работе только с картами территориального планирования, не дают полной информации. Наиболее объективные данные можно получить на основе реальных наблюдений, проводимых многие годы, но такие работы требуют больших затрат как по времени, так и с финансовой точки зрения. Однако в качестве надежного прогноза для достаточно отдаленной перспективы эти данные не могут быть использованы.

Сегодня транспортная ситуация в мегаполисах разных стран во многом схожа. В связи с этим для определения шумовых характеристик транспортных потоков представляется целесообразным использовать применяемые за рубежом основные методы определения пропускной способности дорог в зависимости от скорости и факторов движения. При этом необходимо учитывать свободное движение автомобилей со средней скоростью в правом ряду дороги. Пропускная способность в данном случае определяется по приведенной табл. 3.

Таблица 3

**Зависимость средней скорости движения от пропускной способности дороги**

Скорость, км/ч	Пропускная способность, ед./ч
10	1250
20	1660
30	1920
40	2010
50	2080
60	2120

Пропускная способность второго ряда трафика предполагается равной 75 %, а третьего — 50 % от заданного значения. Организация большого количества перекрестков приводит к значительному снижению пропускной способности автомобильной дороги, а скорость движения автомобильного транспорта приближается к нулю. Для определения шумовых характеристик транспортных потоков целесообразно принять следующие данные:

– для региональных дорог в полосах от 4 до 6 (обозначенных соответственно Р-4 и Р-6) в обоих направлениях: средняя скорость и значение в диапазоне 30–60 км/ч, а величину  $P$ , равную 10–15 %;

– для местных дорог в полосах от 2 до 4 в обоих направлениях (названных М-2 и М-4 соответственно): средние скорости в диапазоне 10–20 км/ч и величину  $P$ , равную 4–8 %.

## 2.2. НОРМИРОВАНИЕ УРОВНЯ АКУСТИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

В условиях сильного городского акустического воздействия наблюдается постоянное напряжение человеческого уха. Это влияет на увеличение порога слуха (для людей с нормальным слухом) на 10–25 %. Шум часто затрудняет разборчивость речи, особенно при уровне акустического фона более 70 дБА. Шумоподавление происходит из-за молекулярного трения, в соответствии с законом звука, прямо пропорционально квадрату расстояния. На расстоянии от источника звуковых волн на земле в пространстве и для сферических звуковых волн скорость изменения звукового давления пропорциональна расстоянию  $r$  в результате расширения площади волнового фронта  $S$ , м<sup>2</sup>, который определяется по формуле

$$S = \Omega r^2,$$

где  $\Omega$  — пространственный угол излучения звука ( $\Omega = 4\pi$  при излучении в пространство,  $\Omega = 2\pi$  при излучении в полупространство);  $r$  — расстояние.

Чтобы предостеречь жителей населенных пунктов от вредного акустического воздействия, необходимо регулировать интенсивность, спектральный состав, время воздействия. При гигиеническом нормировании уровень шума устанавливается как допустимый, его влияние связывают с физиологическими показателями, отражающими реакцию наиболее шумочувствительных систем организма.

Проводя анализ акустического воздействия территорий населенных мест, следует выделить на схеме-карте зон акустического воздействия в помещениях здания и на территории, т.е. выделить зоны, в которых прогнозируемый эквивалентный уровень шума (определяемый расчетами) превышает допустимые санитарные требования, приведенные в табл. 4. Данные в таблице показывают время максимально вероятной акустической нагрузки (солнечные часы от 7 до 23 ч).

Таблица 4

### Нормативные значения шумового воздействия

Место расположения	Децибел
Жилые помещения	45
Апартаменты	45
Конструкторские и проектные помещения	55
Рестораны, кафе	60
Торговые площадки	65
Придомовые территории	60
Площадки различного назначения	50

Для того чтобы выполнить и обеспечить общие требования по нормированию акустического воздействия, необходимо использовать строительные, планировочные, конструктивные, защитные, технические, организационные и другие мероприятия.

Градостроительное планирование и проектирование жилых зон населенных пунктов осуществляется с учетом установленных правил и гарантий допустимого уровня акустического воздействия, указанного в СНиП 23-03-2003. При проектировании учреждений (школ, детских садов, больниц, домов отдыха) дополнительно выполняют условие: часть проектируемого сооружения должна находиться непосредственно в звуковой зоне.

Расчетную точку по СНиП 23-03-2003 следует выбирать на расстоянии 2 м от фасада здания, обращенного к источнику шума, и 12 м — от поверхности земли (пола); для малоэтажных домов — на уровне окон верхнего этажа.

В соответствии со СНиП 23-03-2003 на этапе разработки технико-экономических обоснований и региональных генеральных планов по снижению акустического воздействия на жилую площадь принимаются следующие меры:

- функциональное зонирование территории с отделением зон промышленных, муниципальных и складских, жилых и рекреационных от основных транспортных коммуникаций;
- трассировка основных высокоскоростных дорог и грузовых перевозок в обход жилых и рекреационных районов;
- дифференциация дорожной сети в зависимости от состава транспортных потоков для распределения основного объема грузовых перевозок по специализированным автомагистралям;
- организация транспортных потоков, проходящих по возможности вне жилой застройки;
- территориальная интеграция между автомагистралями;
- создание систем парковки на границах жилых районов и жилых групп;
- формирование системы зеленых насаждений по всему городу.

На этапе разработки детального проектного плана населенных пунктов, жилых районов и жилых микрорайонов для защиты от шума применяются шумовые экраны в виде естественных или искусственных элементов и их комбинаций: раскопки склонов, насыпей, галерей. Такие экраны дают достаточный эффект только при малоэтажной застройке. Для жилых районов, микрорайонов при активном городском развитии наиболее эффективно расположение зданий на первом слое главной улицы в качестве экрана, защищающего внутреннее дворовое пространство от акустического воздействия.

Нежилые здания могут использоваться как экраны здания (магазины, гаражи), но эти сооружения, как правило, имеют не более двух этажей, поэтому их защитный эффект невелик. Наиболее эффективны звукоизолированные многоэтажные жилые и административные здания.

В качестве конструкций, выполняющих шумозащитные функции, могут быть использованы:

- здания с архитектурно-планировочным решением, предусматривающим ориентацию в сторону источника шума;
- здания со звукоизоляционными окнами на фасаде, выходящие на автомагистраль;
- комбинированный тип здания со специальными архитектурными и планировочными решениями и шумозащитными окнами, выходящими на дорогу.

Звукоизолированные здания должны быть спроектированы с обязательным учетом требований к инсоляции и регулируемому воздухообмену. Для звукоизоляционных окон необходимо сочетать воздухообмен и звукоизоляцию. Последнее требование не распространяется на здания с принудительной вентиляцией или системами кондиционирования воздуха.

Чтобы обеспечить максимальный эффект щита, звукоизоляционная конструкция должна быть расположена достаточно высоко, как можно ближе к источнику шума.

В пространстве на блоке площади у горизонтальной оси здания на первом слое развития размещают здания дошкольных образовательных учреждений, школ, поликлиник, зон отдыха.

В районе, расположенном перед разрывом в строительстве первого уровня развития, необходимо разместить коммерческие предприятия, общественное питание, коммунальные услуги, коммуникации и т.д.

Материалы для строительства выбирают долговечные, устойчивые к воздействию атмосферных факторов. Звукопоглощающие материалы, используемые для облицовки, должны обладать отличными физико-механическими и акустическими характеристиками и не выделять вредные вещества.

Для обеспечения максимального эффекта шумозащитные сооружения должны быть достаточно высокими и протяженными, располагаться на минимальном расстоянии от магистральных улиц и железных дорог с учетом градостроительных норм и звукоизоляционных характеристик наружных ограждающих конструкций.

### 2.3. МЕТОДИКА РАСЧЕТА УРОВНЯ АКУСТИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ В РАСЧЕТНЫХ ТОЧКАХ

Задание на выполнение работы готовит преподаватель. За исходные данные принимается расположение точек в пространстве, в зависимости от необходимости проектирования зон акустического дискомфорта. Ограничение зон изолиниями определенного уровня шума не только функциональная цель, но и задача обучающегося при выполнении работы.

Вычисление ожидаемых звуковых уровней в разных положениях расчетных точек выполняется в следующем порядке:

1. Определение акустических характеристик транспортных потоков в указанных (расчетных) точках на территории городского развития с учетом расположения источников шума. Ожидаемый уровень звука в расчетной точке (дБА) на территории может быть рассчитан по формуле

$$LA_{\text{тер}} = LA_{\text{экв}} - \Delta LA_{\text{рас}} - \Delta LA_{\text{зел}} - \Delta LA_{\text{экр}},$$

где  $LA_{\text{экв}}$  — шумовая характеристика транспортного потока, дБА;  $\Delta LA_{\text{рас}}$  — снижение уровня звука за счет изменения расстояния от источника шума до расчетной точки;  $\Delta LA_{\text{зел}}$  — снижение уровня звука за счет зеленых насаждений;  $\Delta LA_{\text{экр}}$  — снижение уровня звука защитными сооружениями.

2. Если источник шума расположен в зоне, прилегающей к зданию, и шум проникает через ограждающую конструкцию в изолированное помещение, где находится расчетная точка, то ожидаемый уровень шума в этом помещении определяется по формуле

$$LA_{\text{пом}} = LA_{\text{тер}2} - RA_{\text{ок}} - \Delta LA_{\text{обс}},$$

где  $LA_{\text{тер}2}$  — уровень шума на территории;  $RA_{\text{ок}}$  — снижение уровня шума конструкцией;  $\Delta LA_{\text{обс}}$  — снижение уровня шума за счет его поглощения.

Величину  $\Delta LA_{\text{обс}}$ , зависящую от функционального назначения помещения, для жилых помещений принято считать равной 3 дБА.

Распространение шума на территории населенных мест — сложный процесс, характеризующийся такими явлениями, как дивергенция, интерференция, дифракция, преломление, рассеяние, поглощение элементами внешней среды и др. Все эти явления оказывают определенное влияние на звуковое поле здания, которое необходимо учитывать при его расчете. Особое внимание следует уделять структуре распространения звуковых волн от источника шума.

В реальных условиях желательно использовать эмпирическую зависимость, полученную на основе статистической обработки большого количества результатов полевых исследований распространения шума в основной области с типичным охватом. Она учитывает зависимость свободного распространения звуковой энергии, влияние поверхности основной зоны и снижение эквивалентного уровня шумового воздействия за счет поглощения звука в воздухе.

Снижение эквивалентного уровня шума транспортных потоков на расстоянии до 500 м под влиянием этих факторов определяется по формуле

$$\Delta LA_{\text{рас}} = 14 \lg \frac{S}{7,5},$$

где  $S$  — расстояние от источника шума до расчетной точки, м.



При определении этого расстояния принимают координаты положения точки, рассчитанные по источнику шума:

- на высоте 1,2 м и на расстоянии 7,5 м от первой полосы движения;
- на территории — на высоте 1,5 м над поверхностью территории;
- перед фасадом здания — место на высоте не менее 5-ти этажей, но на расстоянии 2 м от центра окна.

Как и с другими схемами, таблицами, можно использовать метод, основанный на использовании треугольника видимости. На рис. 3 показан состав рассчитанного трехточечного треугольника видимости. При построении треугольника наклонного обзора дороги необходимо соблюдать эквивалентность сегментов  $aa'$  и  $bb'$ ,  $cc'$  и  $dd'$ . Величина снижения эквивалентного уровня звука для  $i$ -й расчетной точки территории в данном случае определяется с учетом величин  $x_i$  и  $l_i$  по формуле

$$\Delta LA_{\text{рас } i} = \xi 14 \lg \frac{x_i}{7,5},$$

где  $\xi = 1 + 0,185 (x_i/l_i - 0,3)$  при  $3 \geq x_i/l_i \geq 0,3$ ;  $\xi = 1,5 + 0,04 (x_i/l_i - 3)$  при  $8 \geq x_i/l_i \geq 3$ .

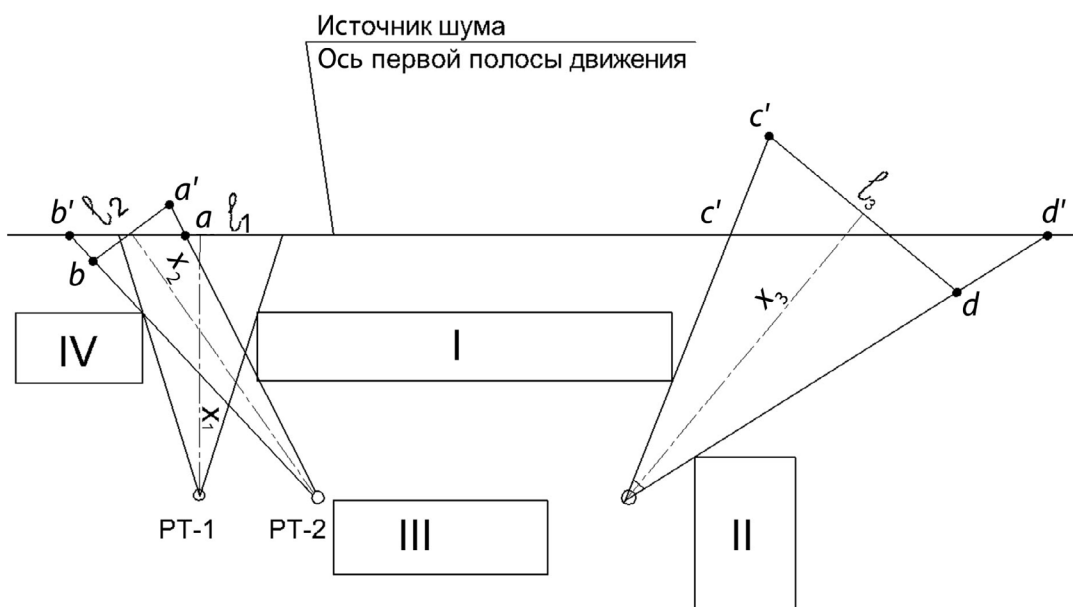


Рис. 3. Пример схемы расчета акустического воздействия

Зеленые насаждения оказывают определенное влияние на распространение звуковых волн в пространстве. В дополнение к биологической ценности, заключающейся в улучшении окружающей атмосферы и почвы, зеленые насаждения также в некоторой степени являются глушителями акустического воздействия.

Роль растительности в снижении акустического воздействия состоит в изменении структуры верхних слоев почвы и увеличении степени ее пористости. Зеленые насаждения в виде деревьев и кустарников служат своего рода рассеивателем и поглотителем звуковой энергии.

Различия в методологическом подходе к изучению затухания акустического воздействия с помощью зеленых насаждений привели к появлению противоречивых данных об их эффективности в работах разных авторов, большинство из которых, проводя расчеты снижения акустического воздействия, используют заявленные значения СНиП 23-03-2003, однако, в зависимости от ширины, плотности, состава дерева, структуры полосы и других факторов, это значение может варьироваться в ином диапазоне. Были проведены обширные конкретные исследования по снижению шума, показавшие, что полосы плотных деревьев и кустарников шириной от 15 до 40 м и общей высотой 5–12 м, расположенные вдоль линейных объектов, приводят к уменьшению значений акустического воздействия. В связи с этим целесообразно

принять ориентировочные значения снижения акустического воздействия полосами зеленых насаждений с учетом его затухания в воздушном пространстве в зависимости от ширины зеленой полосы, приведенные в табл. 5.

Таблица 5

#### Снижение акустического воздействия

Насаждение	Ширина, м	Снижение, дБа
Однорядное	10–25	5
Двухрядное	21–25	9
Трехрядное	26–30	11

В зависимости от планировки домов на пути проникновения акустического воздействия могут использоваться не только специальные зеленые насаждения, но и насаждения паркового типа. В ширину посадки (30–50 м) глубина может достигать 6–10 м, в этих случаях, как показывают исследования, снижение уровня шума можно принимать равным 0,05 ДБ на 1 м глубины посадки.

В качестве дополнительного средства защиты от акустического воздействия зон отдыха в группах жилых домов, на детских площадках, в помещениях дошкольных учреждений и школ такие полосы имеют выраженную эффективность, верхушки деревьев тесно примыкают друг к другу, расстояние под кронами образует пространство шириной не менее 10 м. При проектировании зеленых полос следует также учитывать несколько факторов:

- применять устойчивые породы к серьезному загрязнению окружающей среды;
- использовать зеленую полосу;
- каждый ряд посаженных деревьев и кустарников должен быть разной высоты.

Кроме того, эффективность снижения акустического воздействия зависит от характера посадки, видов деревьев и кустарников. Зеленые насаждения эстетично и гармонично сочетаются с окружающим ландшафтом, но, к сожалению, не являются самым эффективным методом защиты от шума. Низкая эффективность зеленого пространства объясняется ее высоким коэффициентом пропускания звука.

Многочисленные исследования показывают, что зеленые насаждения могут активно поглощать акустическое воздействие, при этом фактор, которым нельзя пренебрегать и следует учитывать при планировании и проектировании зеленых насаждений, — долгий срок роста деревьев требуемой высоты.

Наивысшей способностью снижения уровня акустического воздействия обладают хвойные породы деревьев и кустарников, однако высадка данных пород запрещена вблизи улиц и дорог различных категорий с наивысшей пропускной способностью из-за их высокой чувствительности к выхлопным газам.

#### 2.4. РАСЧЕТ СНИЖЕНИЯ АКУСТИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ С ПОМОЩЬЮ ЗАЩИТНЫХ ЭКРАНОВ

В данном учебно-методическом пособии под защитным экраном подразумевается любой барьер или препятствие на пути распространения шума от источника его возникновения до территории, защищаемой от негативного акустического воздействия.

Главная задача акустического экрана — создание пространства, так называемой акустической тени, в пределах которого будет обеспечена защита от прямого попадания акустических волн от источника шумового загрязнения.

В качестве защитных акустических экранов могут использоваться специальные шумозащитные экраны-стенки, а также природные или искусственные особенности рельефа местности, например, холмы, овраги, насыпи, земляные валы и др. Экранами также могут служить придорожные защитные, ограждающие и подпорные стенки и другие инженерные конструкции.

В качестве акустических экранов также рассматриваются здания и сооружения, внутри которых нормами предусмотрены более высокие уровни шума, например, предприятия бытового обслуживания населения, здания торговли, заведения общественного питания, так называемые

шумозащитные здания — жилые здания, в которых со стороны источников акустического воздействия расположены лестничные клетки или оконные проемы подсобных помещений, а также жилые общественные здания со специальной усиленной звукоизоляцией наружных ограждающих конструкций.

Снижение акустического воздействия с помощью защитных экранов  $\Delta LA_{\text{экр}}$ , расположенных на пути распространения шума от линейного источника, рассчитывают следующими способами:

*Способ 1:*

- в произвольном масштабе вычерчивается принципиальная схема (в разрезе). На данной схеме обозначаются источник акустического воздействия (ИАВ), экранирующее шум сооружение (например здание или сооружение) и расчетная точка (РТ) (рис. 4, а). ИАВ отмечается на оси, наиболее удаленной от расчетной точки полосы движения транспорта, на высоте 1,2 м от поверхности проезжей части;

- рассчитывается расстояние  $a$  — между источником акустического воздействия и вершиной экрана,  $b$  — между расчетной точкой и вершиной экрана,  $c$  — между источником акустического воздействия и расчетной точкой (графическим или расчетным способом по геометрическим формулам, единица измерения — метр);

- определяется по формуле

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

где  $\delta$  — разность длин путей прохождения звукового луча, м;

- в соответствии с табл. 6 определяют максимальное снижение акустического воздействия с помощью защитного экрана  $\Delta LA_{\text{экр max}}$ .

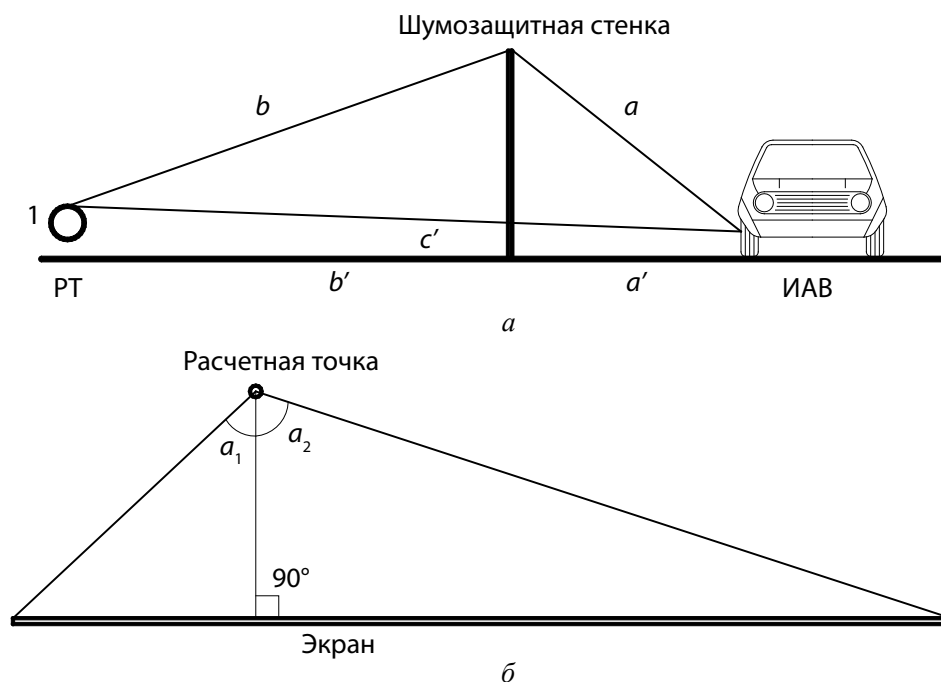


Рис. 4. Расчетная схема определения снижения акустического воздействия с помощью защитного экрана: а — фронтальный вид; б — вид сверху

Таблица 6

**Максимальное снижение акустического воздействия защитным экраном**

$\delta$ , м	0,005	0,01	0,02	0,04	0,06	0,1	0,14	0,2	0,28	0,36
$\Delta LA_{\text{экр max}}$ , дБА	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$\delta$ , м	0,48	0,63	0,83	1,0	1,4	1,8	2,4	3,3	$\geq 6$	
$\Delta LA_{\text{экр max}}$ , дБА	16	17	18	19	20	21	22	23	24	

*Способ 2:*

- в произвольном масштабе вычерчивается принципиальная схема (рис. 4, б). На данной схеме обозначаются РТ и защитный экран;
- из РТ на экран опускается перпендикуляр;
- РТ соединяется с концами экрана прямыми линиями;
- между вышеописанными проведенными линиями происходит образование углов  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$ , которые необходимо определить (измерить в градусах);
- действительное снижение акустического воздействия при помощи защитного экрана в РТ вычисляется по формуле

$$\Delta LA_{\text{экр}} = \Delta LA_{\text{экр}} \alpha + \Lambda,$$

где  $\Delta LA_{\text{экр}} \alpha$  — меньшая из величин  $\Delta LA_{\text{экр}} \alpha_1$  и  $\Delta LA_{\text{экр}} \alpha_2$ , дБА, определяемых по табл. 6;  $\Lambda$  — поправка, дБА, определяемая по табл. 7, 8 в зависимости от разных величин  $\Delta LA_{\text{экр}} \alpha_1$  и  $\Delta LA_{\text{экр}} \alpha_2$ .

Таблица 7

**Снижение акустического воздействия  
с помощью защитного экрана при определенных значениях углов  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$**

$\Delta LA_{\text{экр max}}$ , дБА	Снижение акустического воздействия $\Delta LA_{\text{экр}}$ , дБА, при определенных значениях $\alpha_1, \alpha_2$ , °								
	45	50	55	60	65	70	75	80	85
6	1,2	1,7	2,3	3,0	3,8	4,5	5,1	5,7	6,1
8	1,7	2,3	3,0	4,0	4,8	5,6	6,5	7,4	8,0
10	2,2	2,9	3,8	4,8	5,8	6,8	7,8	9,0	10,1
12	2,4	3,1	4,0	5,1	6,2	7,6	8,8	10,2	11,7
14	2,6	3,4	4,3	5,4	6,7	8,1	9,7	11,3	13,5
16	2,8	3,6	4,5	5,7	7,0	8,6	10,4	12,4	15,0
18	2,9	3,7	4,7	5,9	7,3	9,0	10,8	13,0	16,8
20	3,1	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	9,8	11,9	14,5	20,7
24	3,5	4,3	5,3	6,5	8,2	10,2	12,6	15,4	22,6

Таблица 8

**Снижение акустического воздействия  
в зависимости от величин  $\Delta LA_{\text{экр}} \alpha_1$  и  $\Delta LA_{\text{экр}} \alpha_2$**

Разница между $\Delta LA_{\text{экр}} \alpha_1$ и $\Delta LA_{\text{экр}} \alpha_2$	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
Поправка $\Lambda$ , дБА	0	0,8	1,5	2	2,4	2,6	2,8	2,9	2,9	3	3	3

**2.5. СНИЖЕНИЕ АКУСТИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ  
С ПОМОЩЬЮ КОНСТРУКЦИЙ ЗАПОЛНЕНИЙ ОКОННЫХ ПРОЕМОВ**

Конструкции оконных заполнений жилых, общественных зданий и сооружений наиболее подвержены акустическому воздействию в условиях городской среды. Данная проблема характерна прежде всего для зданий массовой жилой застройки, в которых, как правило, не предусмотрены системы кондиционирования воздуха, а естественная вентиляция помещений обеспечивается за счет длительного или периодического открытия окон. Этот фактор играет определяющую роль при проведении расчетов по определению снижения акустического воздействия с помощью конструкций заполнений оконных проемов, данные которых представлены в табл. 9.

**Снижение акустического воздействия конструкциями оконных заполнений**

Тип конструкции окна	Снижение шума $\Delta L$ , дБА, в положении	
	закрытом	открытом
Спаренная по ГОСТ 11214–2003	28	15
То же	24	15
Раздельная со стеклопакетом и стеклом по ГОСТ 24699–2002	33	15
Раздельная по ГОСТ 11214–2003	28	15
То же	31	15
Раздельно-спаренная по ГОСТ 11214–2003	33	15
Окно в раздельных деревянных переплетах с двойным остеклением	32	17
Окно в раздельных деревянных переплетах с двойным остеклением и накладным оконным шумозащитным экраном в наружных откосах	40	27
Окно теплозвукоизоляционное (двухкамерный стеклопакет) с двухколенным воздухообменным клапаном, остеклением (клапан закрыт заслонками)	37	36
Окно теплозвукоизоляционное с двухколенным клапаном, остеклением (клапан закрыт заслонками)	39	38
Окно в одинарных переплетах с двухкамерным шумозащитным стеклопакетом и интегрированным в оконную коробку горизонтальным клапаном	–	30
Окно в одинарных переплетах с двухкамерным стеклопакетом и одноколенным клапаном, встроенным в откос окна (форточки закрыты, вентиляционный клапан в откосе одноколенный с шумопоглощающим рукавом)	30	–
Окно в одинарных переплетах с двухкамерным стеклопакетом и трехколенным клапаном, встроенным в откос окна (форточки закрыты, вентиляционный клапан в откосе с тремя поворотами и шумопоглощающим рукавом)	33	–
Остекление балконов и лоджий	17	7

**2.6. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА АКУСТИЧЕСКОГО РЕЖИМА ТЕРРИТОРИИ**

Экологическая оценка акустического режима проводится на основании анализа полученных данных по определению уровней шумового воздействия на рассматриваемой городской территории.

Для этого в расчетных точках, расположенных по всей проектируемой территории, по вышеописанным методикам вычисляются ожидаемые уровни звука (в дБА). В обязательном порядке определяются уровни шума непосредственно перед фасадами зданий и в глубине придомовой территории, поскольку это важный фактор при проектировании размещения на данных территориях детских площадок, мест для парковки автомобилей и других площадок специального назначения.

На основании полученных данных строится картограмма шумового режима изучаемого участка с выделением на ней зоны акустического дискомфорта — территории, которая выходит за пределы, ограниченные изолинией 55 дБА (нормативно допустимый эквивалентный уровень шума на территории жилой застройки), и зоны требуемого низкого уровня шума — области пространства, во всех точках которой уровни шумов от источника шумов (ИШ) не превышают установленное допустимое пороговое значение.

По результатам сопоставления данных полученных расчетов, картограммы шумового воздействия с допустимыми нормативными значениями проводятся экологический анализ и оценка акустического режима изучаемой городской территории.

### 3. МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСЧЕТНЫХ ЗНАЧЕНИЙ АКУСТИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

#### 3.1. ДАННЫЕ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА

Для оценки экологической безопасности городской территории, а также проектирования и планировки экологически безопасной городской среды применяются методы компьютерного моделирования акустического режима жилой среды.

Основное назначение программы «Эколог-Шум» — расчет распространения шума и построение картограммы акустического воздействия от точечных, линейных и объемных источников шума. Расчет выполняется согласно актуализированной редакции СНиП 23-03-2003 и ГОСТ 31295.1–2005.

Моделирование акустического режима территории с помощью программы «Эколог-Шум» позволяет решить ряд следующих задач:

- оценить акустическое воздействие на городских территориях, а также на территориях, прилегающих к промышленным предприятиям и транспортным магистралям;
- разработать и оценить эффективность шумозащитных мероприятий;
- определить необходимую санитарно-защитную зону по фактору шума проектируемых и существующих предприятий;
- осуществить экологический аудит промышленных, коммунальных и транспортных предприятий по фактору промышленного и транспортного шума.

Алгоритм действий при работе с программой можно представить следующим образом:

- занести исходные данные об источниках шума, препятствиях на пути распространения шума, особых зонах;
- сформировать задание на расчет: занести расчетные площадки и (или) расчетные точки;
- произвести расчеты шума;
- оформить отчет и картограмму акустического воздействия и провести анализ выполненных в программе расчетов.

#### 3.2. СВЕДЕНИЯ ПО ИНТЕРФЕЙСУ ПРОГРАММЫ

Главное меню программы (основные команды управления) и панель инструментов представлены на рис. 5 (команды, наиболее часто использующиеся при работе с программой).

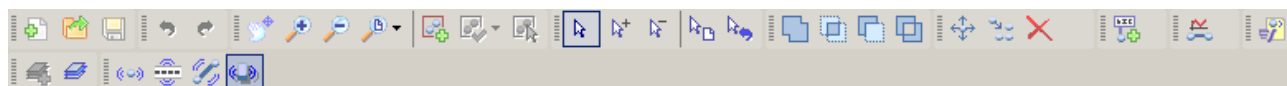


Рис. 5. Командная панель

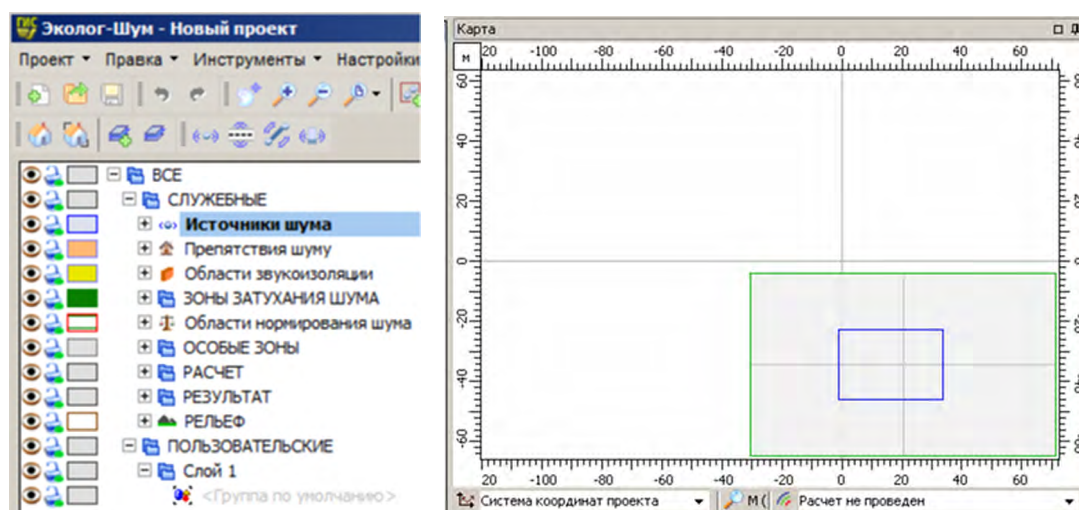


Рис. 6. Набор слоев информационной карты

Дерево слоев и фигур, а также карта (инструмент ввода графической информации и первичного анализа расчетных данных) приведены на рис. 6 (информация обо всех объектах проекта и их подчиненности).

Панель «Свойства фигур» (просмотр и редактирование графических свойств выделенных объектов), таблица атрибутивных данных (редактирование свойств объектов), относящихся к предметной области (например, акустические характеристики источников шума), представлены на рис. 7.

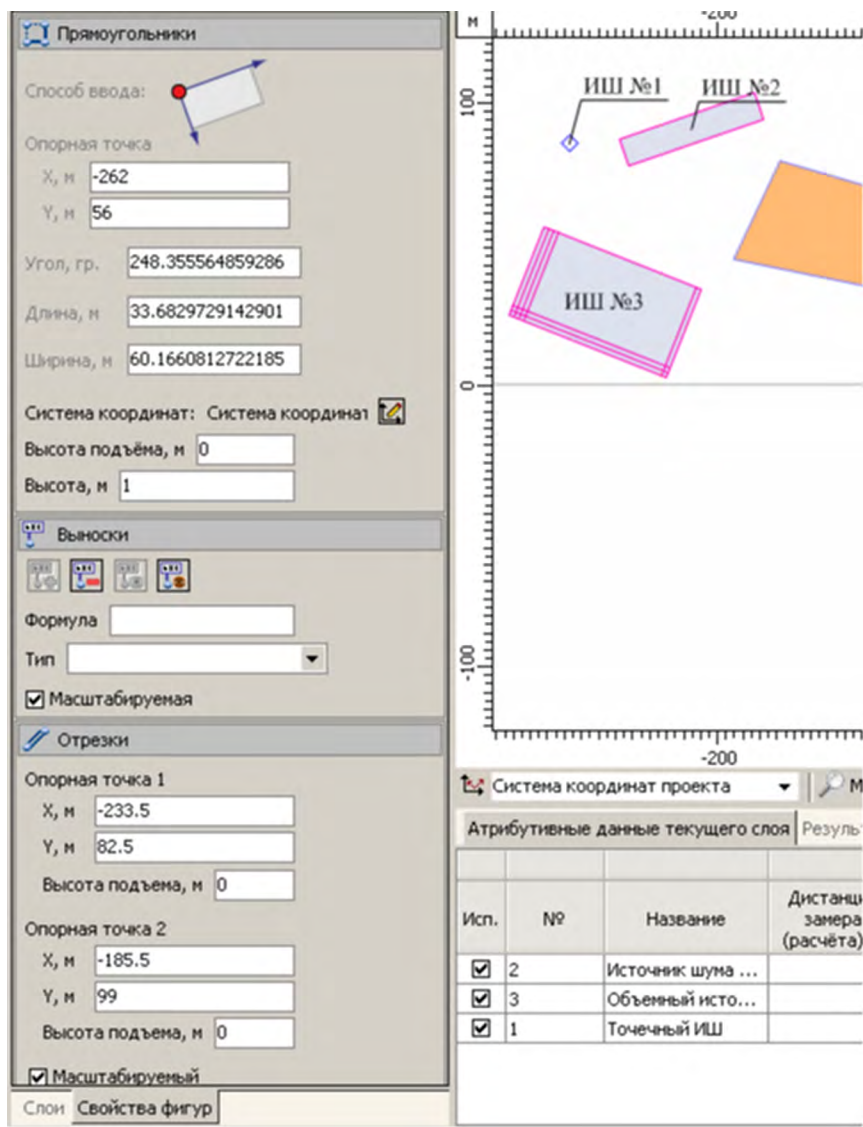


Рис. 7. Вывод атрибутивной информации полигональных объектов

### 3.3. РЕДАКТИРОВАНИЕ ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ ОСНОВЫ (КАРТЫ)

Топографическая основа представляет собой карту, на которой друг за другом отображаются отдельные слои, их последовательность задается деревом слоев. Слои прорисовываются по направлению вверх, начиная с самого нижнего в дереве.

В результате работы с программой и внесением всех необходимых для расчетов данных на топографической основе отражаются построенные изолинии (рис. 8). Согласно полученным расчетным и графическим данным возможно провести оценку акустического режима рассматриваемой территории и сформировать письменный и графический отчет. На графических материалах выделяется зона акустического дискомфорта — участки территории (вместе с застройкой), в пределах которых уровни звука превышают нормативные значения.

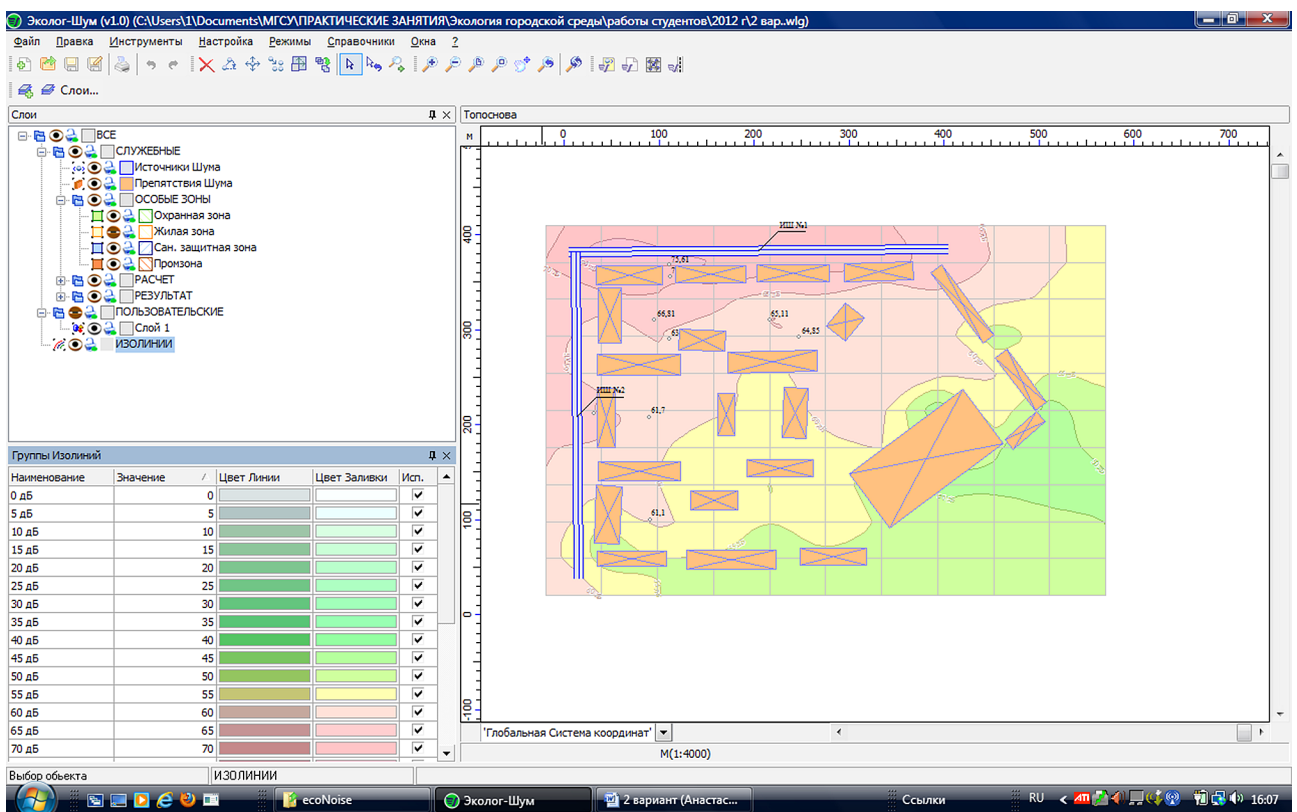
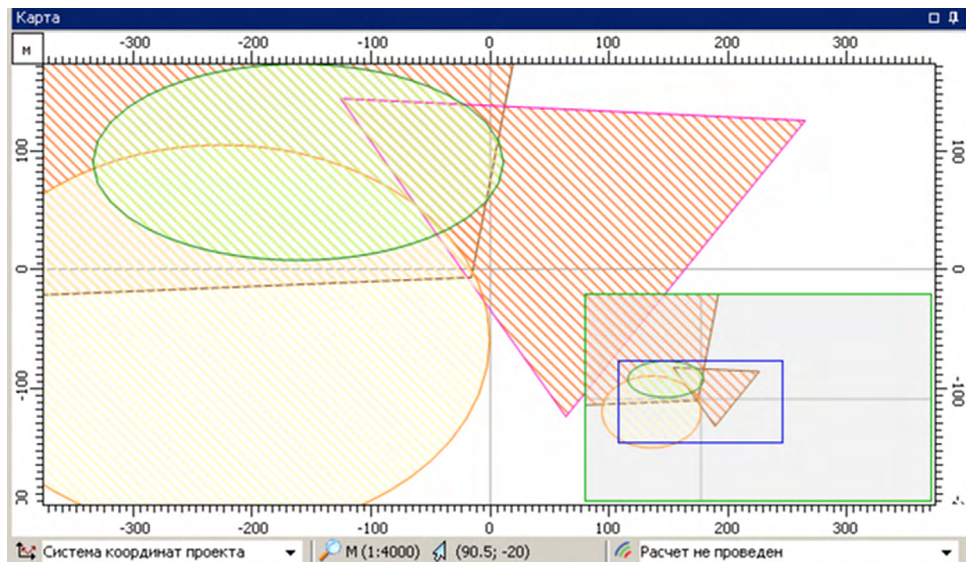


Рис. 8. Вывод атрибутивной информации векторного вида



## 4. МЕРОПРИЯТИЯ ПО ЗАЩИТЕ ЖИЛОЙ СРЕДЫ ОТ ШУМОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Оценивать ожидаемый акустический режим и намечать необходимые мероприятия по защите территорий городской застройки от шумового воздействия необходимо на всех стадиях проектирования, начиная с разработки генерального плана развития городской территории, выполнения проекта застройки микрорайона и заканчивая проектом отдельно возводимого здания или сооружения.



Рис. 9. Примеры организации защиты от шума на городских территориях

К основным способам борьбы с городским акустическим загрязнением можно отнести следующие методы:

– *административно-организационные и инженерно-технические*, позволяющие снизить уровень шума непосредственно в источнике: непрерывное движение автотранспорта на городской территории при помощи организации дорожно-транспортной сети, регулирование дорожного движения, запрещение подачи звуковых сигналов, установление правил движения в дневное и ночное время и др.;

– *строительно-акустические*, направленные на создание барьеров на пути распространения шума: акустическое экранирование, например, использование шумозащитных экранов-стен, искусственных и естественных особенностей рельефа местности (оврагов, насыпей, холмов), а также специальных инженерных сооружений — тоннелей, подземных галерей, подпорных стенок и др.; специально предусмотренные в зданиях объемно-планировочные решения и конструктивно-строительные методы, повышение звукоизоляции ограждающих конструкций зданий и сооружений (оконных проемов и стен);

– *градостроительные*, основанные на устройстве препятствий между источником акустического воздействия и объектом защиты от шумового воздействия: функциональное зонирование селитебной территории, планировка городской территории таким образом, чтобы на первой линии застройки микрорайонов располагались так называемые шумозащитные здания; использование зеленых насаждений; устройство санитарных разрывов.

Возможные варианты мероприятий по защите жилой среды от шумового воздействия представлены на рис. 9.

Далее административно-организационные и инженерно-технические, строительно-акустические и градостроительные методы описываются подробнее.

#### **4.1. АДМИНИСТРАТИВНО-ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ И ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ОТ ШУМА**

Снижения акустического воздействия на городских территориях можно добиться также за счет правильной организации транспортного движения и улично-дорожной сети. Для достижения поставленной цели в данном случае может использоваться следующий комплекс мероприятий:

- разделение городских улиц и дорог по таким факторам, как скорость движения и тип движущегося транспорта. Например, ограничение скорости движения в жилой зоне и выделение специализированных магистралей для движения грузового транспорта;
- трассировка магистральных дорог и дорог, предназначенных для движения грузового движения, в обход жилых районов и зон отдыха населения;
- запрещение подачи звуковых сигналов, установление правил движения в дневное и ночное время;
- использование шумозащитных свойств естественного и искусственного рельефа при трассировке улиц, отдельных участков улиц и дорог;
- уменьшение до максимума количества перекрестков и транспортных узлов, организация непрерывного движения автотранспорта на городской территории при помощи регулирования дорожного движения.

#### **4.2. СТРОИТЕЛЬНО-АКУСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ОТ ШУМА**

В настоящее время одними из наиболее распространенных и действенных строительно-акустических средств защиты от шума в градостроительстве считаются акустические экраны, предназначенные для снижения уровня звука от транспортного потока до допустимого уровня, определяемого национальными нормами и правилами. Акустический экран — это искусственно создаваемая преграда, устанавливаемая на пути распространения шума от автомобильного транспорта к защищаемому от шума объекту.

Типовой акустический экран представляет собой сборную конструкцию, состоящую из следующих основных частей: фундамента (если предусмотрено проектной документацией), несущей конструкции (в частности, опорных стоек) и панелей. В качестве дополнительных элементов используют уплотнения, поперечные профилированные балки, крепежные детали, акустические развязки, козырьки, калитки, ворота и др.

Главная задача акустического экрана, как сказано выше, — обеспечение акустической тени, т.е. пространства, в пределах которого будет обеспечена защита от прямого попадания акустических волн от источника шумового загрязнения.

В качестве акустических экранов могут рассматриваться особенности рельефа местности (искусственные и естественные, например, овраги, насыпи, холмы), а также отдельно и совместно с ними специальные инженерные сооружения (тоннели, подземные галереи, подпорные стенки и др.). Наибольшее распространение в мировой практике борьбы с акустическим воздействием получили шумозащитные экраны-стенки (рис. 10).



*а*

*б*

Рис. 10. Виды акустических шумозащитных экранов на магистрали:  
*а* — федерального; *б* — регионального значений

К экранам-стенкам предъявляется ряд нормативных требований для обеспечения необходимой акустической эффективности и безопасности эксплуатации. Акустическая эффективность экрана зависит от его звукоизоляционных качеств, параметров высоты и длины. Наиболее перспективны конструкции, в которых предусмотрена вариация высоты, длины, формы конструкции для обеспечения максимального шумозащитного эффекта в различных условиях эксплуатации на городских территориях.

Для изготовления экранов-стенок в зависимости от конструктивных и экономических факторов могут использоваться различные материалы: бетон, железобетон, сталь, полимерные материалы и алюминий, встречаются варианты экранов-стенок из дерева (с защитными пропитками). При этом акустические экраны-стенки должны быть рассчитаны на ветровые, снеговые и сейсмические воздействия. Основные варианты акустических экранов-стенок с их недостатками и преимуществами в зависимости от типа используемого материала представлены в табл. 10.

Акустические экраны в соответствии с ГОСТ 32957–2014 классифицируются по следующим признакам:

а) особенности конструкции:

- с фундаментом;
- без фундамента, например, устраиваемые на несущих конструкциях;

б) тип защиты от шума:

- звукоотражающие;
- звукопоглощающие;
- комбинированные (отражающе-поглощающие);

в) светопроницаемость:

- прозрачные;
- тонированные;
- непрозрачные;
- с прозрачными вставками;

г) огнестойкость материалов:

- трудносгораемые;
- несгораемые.

## Примеры акустических экранов-стенок

Материал	Преимущества	Недостатки	Внешний вид экрана
Бетон	<ul style="list-style-type: none"> <li>– высокие акустические качества;</li> <li>– долговечность;</li> <li>– простота содержания</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– большой вес;</li> <li>– сложность сооружения</li> </ul>	
Дерево	<ul style="list-style-type: none"> <li>– высокие акустические качества по абсорбции</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– сложность содержания;</li> <li>– недолговечность</li> </ul>	
Металл	<ul style="list-style-type: none"> <li>– высокие акустические качества по абсорбции</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– недолговечность вследствие коррозии</li> </ul>	
Прозрачный пластик	<ul style="list-style-type: none"> <li>– небольшой вес конструкции;</li> <li>– сохраняется единство дороги и придорожного пространства;</li> <li>– интеграция в существующий пейзаж</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– необходима постоянная очистка;</li> <li>– высокая стоимость</li> </ul>	

## 4.3. ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ТЕРРИТОРИИ ОТ ШУМА

Ряд градостроительных методов применяется при проектировании или реконструкции городских территорий. При этом следует прежде всего руководствоваться архитектурно-планировочными способами. Наиболее эффективно из них функциональное зонирование городской территории. На городской территории выделяют селитебные, лечебные, рекреационные зоны и предусматривают их отделение от основных транспортных коммуникаций, промышленных, коммунально-складских зон и пр. В данном случае для первой линии застройки (наиболее близкой к источнику акустического загрязнения) предусматривается размещение нежилых зданий, например предприятий общественного питания, учреждений торговли, гаражей и стоянок автомобилей, а также так называемых шумозащитных зданий (см. п. 2.4). Во второй и последующих линиях застройки располагаются жилые дома, детские школьные и дошкольные учреждения, учреждения здравоохранения, места отдыха населения. С градостроительной точки зрения предпочтительны композиционные приемы группировки зданий, основанные на организации замкнутого пространства внутри территорий. Такие приемы способствуют защите территории жилой застройки и непосредственно жилых помещений от акустического загрязнения. Для защиты фасадов зданий, обращенных в сторону источника акустического воздействия, следует применять придорожные акустические экраны-стенки или другие строительно-акустические меры. Зеленые насаждения также могут использоваться в качестве дополнительного средства снижения внешнего шума.

На стадии разработки проекта планировки микрорайона на первый план выходит архитектурно-планировочная структура застройки жилых районов городских территорий. Приемы планировки первой линии застройки по отношению к транспортным магистралям, ограничивающим отдельный жилой массив, классифицируются следующим образом:

- размещение зданий под некоторым углом к магистрали или перпендикулярно — строчная застройка;
- размещение зданий различной протяженности вдоль магистрали — периметральная застройка;
- отсутствие преобладания вышеперечисленных элементов — свободная застройка.

При строчной застройке оба фасада зданий подвергаются одинаковой акустической нагрузке, которая мало (максимум на 3 дБА) отличается от шумовой нагрузки на фасад здания, расположенного параллельно магистрали на том же расстоянии. Эта шумовая ситуация мало меняется и при уменьшении угла между направлением магистрали и осью здания (вплоть до углов 45–300).

При периметральной застройке зданий основная акустическая нагрузка приходится на фасад здания. Следует отметить, что даже при небольших транспортных потоках акустическая нагрузка в таком случае превышает допустимые нормативные значения в жилых помещениях зданий, обращенных окнами в сторону улицы. Это превышение может составлять 15–20 дБА. Однако при таком расположении зданий обеспечивается защищенность внутриквартального пространства, где акустическое воздействие уменьшается на 20 и более дБА.

Важную роль в формировании акустической нагрузки играет отраженный от препятствий (зданий и сооружений) звук. Доля отраженной звуковой энергии для обычных строительных материалов составляет до 98–99 %. Этот эффект наблюдается, например, когда звук, прошедший внутрь двора и отразившийся от зданий, расположенных во втором эшелоне, возвращается к домам первого эшелона с противоположной от источника акустического воздействия стороны.

В жилых помещениях домов, находящихся во второй линии застройки, уровни шума колеблются в широких пределах и зависят в первую очередь от организации застройки, как и в квартирах домов первой застройки, ориентированных окнами во внутриворонное пространство. При целенаправленном проектировании представляется возможным обеспечить комфортные условия проживания большинства населения только за счет «правильного» в акустическом отношении планировочного решения жилого квартала.

Один из эффективных градостроительных способов защиты городских территорий от шумового воздействия — строительство шумозащитных зданий, в том числе шумозащитных жилых домов, выполняющих в соответствии со своим назначением две функции: защиты от акустического воздействия расположенной за ними жилой территории микрорайона и обеспечение акустически благоприятных условий для проживания в доме. К шумозащитным относятся следующие типы зданий:

- со специальным архитектурно-планировочным решением. Основной принцип проектирования шумозащитного жилого дома предусматривает ориентацию в сторону источника шума (магистрали) коммуникаций (лестнично-лифтовые узлы, коридоры), подсобных помещений квартир (кладовые, кухни, ваннные комнаты, санузлы), а также одной из комнат дневного пребывания (общую комнату, столовую или гостиную). Это возможно в квартирах из трех и более комнат. Однокомнатные и двухкомнатные квартиры требуется изолировать от источника шума;
- с шумозащитными окнами на фасаде, обращенном в сторону источника шума (магистрали), в данном случае предусматриваются специальные шумозащитные окна, обеспечивающие нормативный воздухообмен в помещении;
- комбинированного типа — со специальным архитектурно-планировочным решением и шумозащитными окнами в комнатах, ориентированных на источник шума (магистраль).

При проектировании шумозащитных зданий необходимо соблюдать требования инсоляции и нормативного воздухообмена, т.е. здания со специальным планировочным решением непригодны для застройки северной стороны улиц с широтной ориентацией.

Шумозащитные дома располагают, как правило, в первой линии застройки вдоль транспортных магистралей. Разрывы между такими домами должны быть минимальны (желательно устройство арок), а расстояния между разрывами — максимальны. Отдельно стоящие дома, как правило имеют внушительные боковые объемы (не менее 30 м), перпендикулярные направлению магистрали. Для обеспечения максимального эффекта экранирования шумозащитные здания должны быть достаточно высокими и протяженными и располагаться как можно ближе к источнику шума (т.е. находиться на минимальном по градостроительным мерам расстоянии от магистральных улиц и дорог).

Жилые здания второй линии застройки желательно располагать торцами к магистральным улицам (как правило, перпендикулярно к продольной оси). При разработке архитектурно-пространственного решения внутриквартального пространства следует использовать приемы свободной застройки с применением небольших по протяженности зданий.

Здания предприятий торговли, связи, учреждений бытового обслуживания и коммунального хозяйства, пункты общественного питания располагают в зонах внутриквартального пространства, расположенных вдоль оси разрывов между зонами первой линии застройки. Здания детских дошкольных учреждений, школ, учреждений здравоохранения, площадки отдыха можно располагать в зонах внутриквартального пространства, размещенных вдоль поперечных осей зданий первой линии застройки.

## **5. ВЫБРОСЫ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ОТ АВТОТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ**

Как известно, один из основных источников загрязнения воздушных бассейнов в городах — автотранспорт. Например, в г. Москве на него приходится более 90 % всей массы выбросов в воздушную среду. Кроме того, автотранспорт относится к категории наиболее опасных источников загрязнения атмосферы вблизи автомагистралей. Это связано с тем, что отработанные газы автомобилей поступают в приземный воздушный слой, таким образом, максимальные уровни загрязнения практически находятся в зоне дыхания человека.

Вредные вещества при эксплуатации подвижных транспортных средств поступают в воздух с отработанными газами, испарениями из топливных систем на заправке, а также картерными газами. С выхлопными газами автомобилей в окружающую среду выделяются более 200 преимущественно токсичных соединений и веществ: сернистый газ, альдегиды, сажа, оксиды углерода, азота, свинец и др. Особую группу составляют канцерогенные полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), среди которых наиболее активен бензопирен. В группе нетоксичных веществ присутствует углекислый газ ( $\text{CO}_2$ ), однако под его влиянием происходит снижение величины pH в сыворотке крови, что ведет к ацидозу. Так, при повышении его концентрации до 5 % учащается дыхание и наступает одышка, при 10 % — наступает обморочное состояние. При дальнейшем повышении концентрации  $\text{CO}_2$  человеку угрожает смерть. Все горячие выхлопные газы при смешении с окружающим воздухом достаточно быстро охлаждаются, и их плотность быстро приближается к плотности воздуха, поэтому они стремительно рассеиваются по территории как некий средний газ.

Загрязнения выбросов вредных веществ в отработанных газах автотранспорта зависят от различных факторов: соотношения смеси воздуха и топлива, режимов движения автотранспорта, рельефа местности и качества дорог, технического состояния автомобиля, типа двигателя и др. Например, рельеф дороги и режим движения автомашин оказывают значительное воздействие на выбросы оксида углерода (CO). При ускорении и торможении в отработанных газах содержание CO увеличивается в 8 раз. При медленном движении или стоянии автомобиля с включенным двигателем также резко увеличивается содержание CO, что характерно для автомобильных пробок. Минимальное количество угарного газа выделяется при равномерном движении автомобиля со скоростью 60 км/ч.

### **5.1. РАСЧЕТ ВЫБРОСОВ ОТ АВТОТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ**

Концентрация загрязняющих веществ в атмосферу от автотранспортных потоков зависит от их массового выброса, величина которого, в свою очередь, определяется видом автотранспорта, типом двигателя и уровнем его технического состояния, плотностью автомобильного потока (интенсивностью) и средней скоростью. Последний из перечисленных параметров может меняться путем принятия градостроительных решений, позволяющих избежать задержки движения на светофорах, например, строительство эстакад и тоннелей на перекрестках, расширение проезжей части улиц и др.

В соответствии с Приказом Минприроды России от 29.11.2019 № 813 «Об утверждении правил проведения сводных расчетов загрязнения атмосферного воздуха» расчет выбросов автотранспортных потоков проводится в соответствии с «Методикой определения выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от передвижных источников для проведения сводных расчетов загрязнения атмосферного воздуха», утверждаемой в соответствии со ст. 54 Федерального закона от 04.05.1999 № 96-ФЗ «Об охране атмосферного воздуха».

### **5.2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВАЛОВЫХ (ГODOVЫХ) ВЫБРОСОВ**

Основное назначение программы «Магистраль-Город» — расчет и оценка величин выбросов в атмосферу автотранспортными потоками на улицах и дорогах разной категории. В качестве исходных данных для этого типа расчетов используются результаты натурных обследо-

ваний структуры и интенсивности автотранспортных потоков с подразделением по основным группам автотранспортных средств. Для проектируемых автодорог используются прогнозные данные о структуре и интенсивности автотранспорта в соответствии с проектной документацией.

В программе «Магистраль-Город» величины выбросов загрязняющих веществ можно рассчитать по выбору пользователя по одному из 3 документов:

1) Приказу Минприроды России от 27.11.2019 № 804 «Об утверждении методики определения выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от передвижных источников для проведения сводных расчетов загрязнения атмосферного воздуха»;

2) ГОСТ Р 56162–2019 Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу. Метод расчета количества выбросов загрязняющих веществ в атмосферу потоками автотранспортных средств на автомобильных дорогах разной категории;

3) «Методике определения выбросов автотранспорта для проведения сводных расчетов загрязнения атмосферы городов» (Санкт-Петербург : НИИ Атмосфера, 2018).

Согласно законодательству Российской Федерации при проведении сводных расчетов по оценке воздействия величин выбросов в атмосферу автотранспортными потоками необходимо использовать «Методику определения выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от передвижных источников для проведения сводных расчетов загрязнения атмосферного воздуха», утвержденную приказом Минприроды России от 27.11.2019 № 804. Однако на добровольной основе при проведении данного вида расчетов в соответствии с приказом Росстандарта от 17.09.2019 № 694-ст может использоваться ГОСТ Р 56162–2019. «Методика определения выбросов автотранспорта для проведения сводных расчетов загрязнения атмосферы городов» рекомендована для использования АО «НИИ Атмосфера» и может также применяться при выполнении данных расчетов в соответствии с письмом Минприроды России от 10.10.2019 N 12-50/12483-ОГ «О формировании Перечня методик расчета выбросов».

Моделирование с помощью программы «Магистраль-Город» позволяет решить ряд следующих задач:

– рассчитать и оценить воздействие величин выбросов в атмосферу автотранспортными потоками на городских улицах и дорогах;

– разработать и оценить эффективность мероприятий по защите городской среды от выбросов автотранспортных потоков.

Система по снижению выбросов в атмосферу от автотранспортных потоков может быть построена на следующих принципах:

- Технологических: в данном случае ведутся исследования по снижению шума непосредственно в источнике, эти методы могут быть направлены на усовершенствование рабочего процесса двигателей автотранспорта, систем зажигания, разработку специальных видов топлива, эффективных и экономичных нейтрализаторов выхлопных газов и др. Такие методы сталкиваются в настоящее время с рядом технических трудностей. Количество выбрасываемых автомобилем вредных веществ зависит от технического состояния, режима работы двигателя и качества топлива. Снижение загрязнения атмосферного воздуха связано с электрификацией автотранспорта (замена автомобиля электромобилем, широкое развитие троллейбусного движения, метрополитена, монорельсовых дорог и др.). Однако предлагаемые варианты электромобилей пока не отвечают современным требованиям и нуждаются в серьезном усовершенствовании. Сегодня можно говорить лишь о частичной электрификации транспортных средств. Для выполнения и внедрения результатов исследований потребуется определенное время. Поэтому на ближайшую перспективу технические усовершенствования существующих типов автомобилей способны лишь снизить, но не могут полностью устранить выброс вредных и опасных загрязнителей в атмосферу.

- Административно-организационных: предусматривают такие виды мероприятий, как, например, регулирование движения на некоторых улицах, установление правил движения в дневное и ночное время. За нарушение установленных правил предусматривается административное наказание.



• Градостроительных: прежде всего, речь идет о планировочных приемах выравнивания транспортной нагрузки на магистральной сети города. При реализации данных градостроительных методов следует равномерно размещать основные зоны приложения труда и жилые районы, а также места отдыха и центры культурно-бытового обслуживания. Одновременно наиболее загруженные участки транспортной сети можно дублировать новыми линиями. Магистральные улицы в городах составляют примерно 20–30 % общей протяженности всех улиц и проездов. На них сосредоточивается до 60–80 % всего автомобильного движения, т.е. магистрали в среднем загружены примерно в 10–15 раз больше, чем остальные улицы и проезды. Создание в городе сети магистралей скоростного движения позволяет существенно увеличить скорость общественного транспорта и легковых автомобилей, повысить ее пропускную способность, сократить число дорожно-транспортных происшествий, изолировать жилые районы и общественные центры от концентрированных потоков транспортных средств. Но магистраль скоростного движения — это дорогостоящее сооружение; ее строительство может быть эффективным только на направлениях, обеспечивающих мощные и устойчивые транспортные потоки с относительно большой в пределах города дальностью поездок, при которой ощутим выигрыш от увеличения скорости движения. Поэтому такие магистрали строят лишь в крупных городах с полицентрической структурой и растянутой территорией.

Эффективное мероприятие по снижению отрицательного влияния автомобильного транспорта на горожан — организация пешеходных зон с полным запретом въезда транспортных средств на жилые улицы. Менее эффективное, но более реальное мероприятие — введение системы пропусков, дающих право на въезд в пешеходную зону только автомобилям, владельцы которых живут в конкретной зоне жилой застройки. При этом должен быть полностью исключен проезд автотранспорта через жилой квартал. В российских городах (в частности, в г. Москве) подавляющая часть автомобилей часто размещается во дворах жилых домов, на зеленых газонах и площадках отдыха и даже на придомовых тротуарах. Это обстоятельство ухудшает условия проживания населения. Кроме того, автомобили оставляют также на проезжей части улиц, что затрудняет городское движение и становится одной из причин дорожно-транспортных происшествий. Подобные стоянки занимают огромные площади городской территории, портят внешний облик городов. Размеры земельных участков, отводимых под площадки для стоянки и хранения автомобилей и других транспортных средств, принимают (на одно место): для легковых автомобилей — 25 м<sup>2</sup>, мотоциклов с коляской — 8 м<sup>2</sup>, без коляски — 3 м<sup>2</sup>, для велосипедов — 0,9 м<sup>2</sup> (в указанные размеры не входит площадь земельных участков для устройства подъездов и зеленых насаждений). Прогрессивной тенденцией в решении проблемы хранения индивидуального автотранспорта является сооружение многоэтажных кооперативных гаражей и гаражей-гостиниц. Если при одноярусном способе хранения (в одноэтажных гаражах, боксах, на открытых стоянках) на один автомобиль в среднем требуется 25–30 м<sup>2</sup> земельного участка, то при хранении в многоярусных гаражах — не более 15 м<sup>2</sup> (вместе с проездами, подъездами, накопительными площадками и защитными зелеными насаждениями). Наиболее приемлемый тип сооружения для хранения автомобилей — многоярусный гараж-стоянка на 500–1000 машиномест. Создание подземных пешеходных переходов также позволяет разгрузить многие перекрестки, где задерживается автотранспорт. Разветвленная сеть подземных тоннелей для пешеходов под улицами и площадями уменьшает негативное воздействие автотранспорта на городскую среду.

При строительстве и реконструкции городов проектировщики стремятся ограничить количество автомобилей, въезжающих в городские центры, разрабатывая новые системы регулирования уличного движения, сводящие к минимуму возможность образования транспортных пробок. Эффективными профилактическими мероприятиями безусловно являются расширение улиц, создание между проезжей частью и жилыми домами «фильтров» — экранов и зеленых насаждений. Обычно посадка зеленых насаждений осущест-

вляется вдоль улицы, около перекрестков и на внутриквартальной территории. При этом обязательна посадка кустарников (высокая степень поглощения вредных веществ) и деревьев.

Для снижения негативного воздействия автомобильного транспорта требуется вынос из городской черты грузовых транзитных потоков. Данное требование зафиксировано в действующих строительных нормах и правилах, но практически не всегда соблюдается. «Город без автомобиля» мыслится как сочетание широких транспортных магистралей, где предоставляется простор для автомобильного движения, с микрорайонами, куда въезд транспорта запрещен или предельно ограничен и где люди двигаются только пешком.

Таким образом, градостроительные мероприятия, улучшающие условия рассеивания выхлопных газов автотранспорта в жилой застройке и позволяющие снижать концентрации до ПДК, — важный фактор в борьбе за чистоту воздушного бассейна в городе. Следовательно, в настоящее время только сочетание технологических методов с градостроительными и административно-организационными могут дать наибольший санитарно-гигиенический эффект на ближайшие 20–30 лет.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сегодня достаточно сложной проблемой при рассмотрении качества природных компонентов городской среды обитания становится учет индивидуальности и своеобразия каждого города в отдельности. В зависимости от размеров города, его функционального назначения и возраста различаются градостроительные параметры городов, реально созданного в нем природного каркаса, а также типов планировочной и транспортной структуры, состава жителей и т.д.

В результате для больших и малых, узкоспециализированных и многофункциональных, старых или новых городов в их генпланах необходимо разрабатывать индивидуальные подходы к качеству окружающей среды обитания территорий с учетом типологических особенностей каждого города.

В современных условиях уже существующих урбоэкосистем при необходимости перехода к принципам устойчивого развития, если человечество не примет новых условий жизни в ближайшее время, глобальные процессы на нашей планете могут стать губительными для него. Чтобы этого не допустить, следует постоянно оценивать изменения в трансформирующихся механизмах функционирования человеческого сообщества и осуществлять *экологическую реконструкцию* того, что человек постоянно создает (иногда и необоснованно) для обеспечения своей жизнедеятельности, при этом препятствуя гармоничному оздоровлению горожан и окружающей их городской среды обитания. Поэтому экологическая реконструкция функционирующей городской среды должна стать одним из ведущих направлений жизнедеятельности людей в XXI в. с целью взаимодействия человека и природы в условиях рационального природопользования.

## Библиографический список

ГОСТ 20444–85. Шум. Транспортные потоки. Методы определения шумовой характеристики : межгосударственный стандарт : издание официальное : утвержден Постановлением Государственного комитета СССР по делам строительства от 25 апреля 1985 г. N 59 : дата введения 1986-01-01 // Шум от транспорта : сборник ГОСТов. — Москва : ИПК Издательство стандартов, 2005.

ГОСТ 31295.1–2005 (ИСО 9613-1:1993). Шум. Затухание звука при распространении на местности. Часть 1. Расчет поглощения звука атмосферой : издание официальное : введен в действие Приказом Ростехрегулирования от 20.07.06 № 134-ст : введен впервые : дата введения 2007-01-01 / подготовлен Открытым акционерным обществом «Научно-исследовательский центр контроля и диагностики технических систем». — Москва : Стандартинформ, 2006.

ГОСТ 31295.2–2005 (ИСО 9613-2:1996). Шум. Затухание звука при распространении на местности. Часть 2. Общий метод расчета : издание официальное : принят Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол N 28 от 9 декабря 2005 г.) : введен впервые : дата введения 2007-01-01 / подготовлен Открытым акционерным обществом «Научно-исследовательский центр контроля и диагностики технических систем». — Москва : Стандартинформ, 2006.

Закон города Москвы. Градостроительный кодекс города Москвы : текст с изменениями на 6 октября 2021 года : [принят Московской городской Думой 25 июня 2008] // Вестник Мэра и Правительства Москвы. — № 42. — 2008, 29 июля.

Российская Федерация. Законы. Градостроительный кодекс Российской Федерации : текст с изменениями на 30 декабря 2021 года : [принят Государственной Думой 22 декабря 2004 года : одобрен Советом Федерации 24 декабря 2004 года] // Российская газета. — № 290. — 2004, 30 дек.

Российская Федерация. Законы. Об охране атмосферного воздуха (с изменениями на 11 июня 2021 года) : Федеральный закон № 96-ФЗ : [принят Государственной Думой 2 апреля 1999 года : одобрен Советом Федерации 22 апреля 1999 года] // Российская газета. — № 91. — 1999, 13 мая.

Российская Федерация. Законы. Об охране окружающей среды (с изменениями на 2 июля 2021 года) : Федеральный закон №7-ФЗ : [принят Государственной Думой 20 декабря 2001 года : одобрен Советом Федерации 26 декабря 2001 года] // Парламентская газета. — №9. — 2002, 12 янв.

СанПиН 2.1.6.1032–01. Атмосферный воздух и воздух закрытых помещений, санитарная охрана воздуха. Гигиенические требования к охране атмосферного воздуха населенных мест : утверждены Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 17 мая 2001 года : дата введения 2001-10-01 / разработаны: Российская медицинская академия последиplomного образования (д-р мед. наук К.А. Буштуева, канд. мед. наук Л.Е. Беспалько), Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана Минздрава России (д-р мед. наук Р.С. Гильденскиольд), Департамент госсанэпиднадзора Минздрава России (М.Ф. Глазкова) // Гигиенические требования к обеспечению качества атмосферного воздуха населенных мест : санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. — Москва : Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2002.

СН 2.2.4/2.1.8.566–96. Производственная вибрация, вибрация жилых и общественных зданий. Санитарные нормы : издание официальное : утверждены и введены в действие Постановлением Госкомсанэпиднадзора России от 31 октября 1996 г. N 40 : дата введения 1996-10-31 / разработаны: Научно-исследовательским институтом медицины труда Российской Академии медицинских наук (Г.А. Суворов, Л.В. Прокопенко, Л.Н. Шкаринов, О.К. Кравченко), Московским научно-исследовательским институтом гигиены им Ф.Ф. Эрисмана (И.Л. Карагодина, В.В. Шишкина). — Москва : Информационно-издательский центр, 1997.

СП 42.13330.2011. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89\* : издание официальное : утвержден Приказом Министерства регионального развития Российской Федерации (Минрегион России) от 28 декабря 2010 г. N 820 : дата введения 2011-05-20 / исполнители: ЦНИИП градостроительства, ОАО «Институт общественных зданий», ГИПРОНИЗДРАВ, ОАО «Гипрогор». — Москва : Минрегион России, 2011.

СП 51.13330.2011. Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003\* : издание официальное : утвержден Приказом Министерства регионального развития Российской Федерации (Минрегион России) от 28 декабря 2010 г. N 825 : дата введения 2011-05-20 / исполнители: Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук (НИИСФ РААСН). — Москва : ОАО «ЦПП», 2010.

Афони́на М.И. Основы городского озеленения : учебное пособие / М.И. Афони́на. — Москва : МГСУ, 2010. — 208 с.

Краснощекова Н.С. Формирование природного каркаса в генеральных планах городов : учебное пособие для вузов / Н.С. Краснощекова. — Москва : Архитектура-С, 2010. — 184 с. — ISBN 978-5-9647-0200-9.

Малоян Г.А. Агломерация — градостроительные проблемы / Г.А. Малоян. — Москва : Издательство Ассоциации строительных вузов, 2010. — 115 с. — ISBN 978-5-93093-698-8.

Методика расчета выбросов в атмосферу загрязняющих веществ автотранспортом на городских магистралях. — Москва : Министерство транспорта Российской Федерации, 1997. — 55 с.

Щербина Е.В. Инженерно-экологические изыскания при реконструкции городской застройки : учебное пособие / Е.В. Щербина, П.А. Слепнев. — Москва : МГСУ, 2008. — 69 с.

Щербина Е.В. Оценка влияния автотранспортных потоков на шумовой режим городской среды : учебное пособие / Е.В. Щербина, А.И. Ренц, А.С. Маршалкович. — Москва : МГСУ, 2013. — 70 с. — ISBN 978-5-7264-0765-4.

Экология города : учебное пособие для студентов вузов по специальностям Геоэкология, Экология, Охрана окружающей среды и др. / А.С. Курбатова, В.Н. Башкин, Н.С. Касимов (редкол.). — Москва : Научный мир, 2004. — 620 с. — ISBN 5-89176-262-5.