

*Когда-нибудь человеку придется  
ради своего существования  
столь же упорно бороться с шумом,  
как он борется сейчас с холерой  
и чумой...*  
Роберт Кох (1843–1910)

## ВВЕДЕНИЕ

Среди глобальных экологических проблем, связанных с развитием урбанизации (парниковый эффект, изменение климата, разрушение озонового слоя, изменение физических полей геосферы и др.), акустическое загрязнение занимает одно из лидирующих мест как наиболее распространенное. Человек на работе, в быту, на отдыхе, при передвижении в различных видах транспорта подвергается шумовому воздействию различной интенсивности. Шум оказывает негативное воздействие на природную среду, создавая дискомфорт для проживания человека, и наносит вред его здоровью. В настоящее время получены научно обоснованные доказательства, что длительное шумовое воздействие ведет к нарушениям слуха, зрения, расстройствам нервной системы, повышенной утомляемости и оказывает губительное влияние на весь организм человека в целом. Возрастающие темпы урбанизации, развитие техники и технологий, увеличение количества транспорта в крупных городах приводят к тому, что во многих странах мира от воздействия шума страдают десятки миллионов человек.

Задача строителей, градостроителей, архитекторов, экологов наряду с прочими проблемами в данный момент состоит в том, чтобы максимально возможно снизить губительное воздействие шума на окружающую среду и непосредственно на человека. Для этого необходимо искать и находить новые средства защиты от шума, использовать инновационные технологии, способы и методы по снижению акустической нагрузки.

Цель настоящего учебного пособия — развитие практических навыков проведения расчетов по определению уровня шума в конкретных градостроительных условиях от автотранспорта, а также освоение работы с программой «Эколог-шум», рекомендованной

сегодня для проведения математического моделирования и прогноза шумового режима городской территории.

Рабочая программа изучения дисциплины «Экология городской среды» предусматривает выполнение студентами курсового проекта, посвященного оценке влияния автотранспортных потоков на шумовой режим окружающей среды. Посредством эмпирических формул и компьютерной программы необходимо рассчитать шумовую нагрузку на жилой микрорайон, определить пути распространения шума, выявить зону акустического дискомфорта и тем самым оценить окружающую экологическую обстановку. Согласно полученным результатам, следует сделать соответствующие умозаключения и определить возможные способы защиты жилого микрорайона от автотранспортного шума для создания комфортной и экологически безопасной среды обитания. Все этапы выполнения курсового проекта представлены в данном учебном пособии, описаны в хронологической последовательности с наличием необходимого количества теоретической информации для выполнения и последующей защиты работы.

# 1. АКУСТИЧЕСКОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

## 1.1. Шум. Основные понятия

Вопросы шума и защиты от акустического воздействия беспокоили многие поколения человеческого сообщества, при этом некоторые даже использовали его губительное влияние на здоровье человека. Например, еще в Средние века существовала казнь под колоколом, когда приговоренного помещали непосредственно под издающий звук инструмент, звон которого медленно, но верно убивал человека. Подобная мучительная экзекуция использовалась и в Древнем Китае, где провинившегося лишал жизни на площади непрерывный барабанный бой. Жители Древнего Рима постоянно жаловались, что уличный шум не дает им спать, поэтому Юлий Цезарь в 50 г. до н.э. запретил движение экипажей по ночному городу. А в XVI в. королева Англии Елизавета I, заботясь о ночном покое своих подданных, запрещала скандалы и громкие семейные ссоры после десяти часов вечера.

Уже в те далекие времена понимали, что шум — это случайный, нежелательный звук, мешающий окружающим либо причиняющий им значительные неудобства. В настоящее время *шум* квалифицируется как сочетание звуков различной интенсивности и частоты. Однако один и тот же звук, в зависимости от ситуации, может оказаться как шумом, так и информационным сигналом. В частности внезапно сработавшая ночью автомобильная сигнализация для владельца машины — полезная информация, а для спящих в этот момент людей — раздражающий шум.

*Звук* — это упругие волны, распространяющиеся в упругой среде, колебания, вызванные каким-либо источником. Звук характеризуется звуковым давлением  $P$ , скоростью распространения  $C$ , длиной волны  $\lambda$ , частотой  $\varphi$ , интенсивностью  $I$ . В настоящее время население большинства крупных городов (не менее 60 %) живет в условиях акустического загрязнения, параметры которого существенно превышают допустимые нормы (особенно в крупных городах-мегаполисах). Шумовое загрязнение — одна из форм вредного физического воздействия на среду обитания и непосредственно на человека. Звуковые волны распространяются в области среды, называемой *акустическим полем*, в котором возникают деформации растяжения и сжатия, что приводит к изменению дав-

ления в любой точке  $P_{\text{ср}}$  среды по сравнению с атмосферным  $P_{\text{атм}}$ . Разность между этими давлениями звукового поля называют *звуковым давлением*  $P$ :

$$P = P_{\text{ср}} - P_{\text{атм}}. \quad (1.1)$$

Среда, где распространяется звук, обладает *акустическим сопротивлением*  $Z_a$  (табл. 1.1), которое определяется отношением звукового давления  $P$  к колебательной скорости частиц среды  $u$ :

$$Z_a = P / u. \quad (1.2)$$

Таблица 1.1

**Акустическое сопротивление веществ**

Вещество	$t, ^\circ\text{C}$	Акустическое сопротивление $Z_a, \text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$	Плотность вещества $\rho, \text{кг}/\text{м}^3$
Водород	0	114	0,09
Воздух	20	414	1,20
Кислород	0	455	1,43
Резина	20	600	950,00
Пробка	20	$12 \cdot 10^4$	250,00
Спирт	12,5	$100 \cdot 10^4$	810,00
Вода	13	$144 \cdot 10^4$	1000,00
Ель	20	$240 \cdot 10^4$	510,00
Дуб	20	$290 \cdot 10^4$	720,00
Алюминий	20	$1400 \cdot 10^4$	2700,00
Медь	20	$3100 \cdot 10^4$	8900,00

Звуковая волна — носитель энергии в направлении своего движения. Количество энергии, переносимое звуковой волной за 1 с через пространство площадью сечения  $1 \text{ м}^2$ , перпендикулярное направлению движения, называется *интенсивностью звука*  $I, \text{Вт}/\text{м}^2$ :

$$I = P^2 / Z_a. \quad (1.3)$$

В зависимости от способа возбуждения колебаний различают несколько видов волн:

- плоскую, создаваемую плоской колеблющейся поверхностью;
- цилиндрическую, создаваемую радиально-колеблющейся боковой поверхностью цилиндра;
- сферическую, создаваемую точечным источником колебаний, типа пульсирующего шара.

Для сферической волны от источника звука с мощностью  $W$  интенсивность звука на удалении радиуса  $r$  будет равна:

$$I = W / 4\pi r^2. \quad (1.4)$$

Таким образом, интенсивность звука убывает пропорционально квадрату расстояния от источника звука. В случае плоской волны интенсивность звука не зависит от расстояния.

*Скорость распространения звука* — это физическое свойство среды, поэтому она зависит от характеристик среды (плотность, температура и др.), которая служит его проводником. Скорость звука в воздухе при температуре 20 °С составляет  $C = 344$  м/с.

В табл. 1.2 приведены основные величины и аналитические зависимости, характеризующие акустическое поле;  $S$  — площадь охватывающей источник поверхности, м<sup>2</sup>.

Таблица 1.2

### Основные характеристики акустического поля

Величина	Обозначение	Единица измерения	Формула взаимосвязи
Звуковое давление	$P$	Па	$P = \rho C u$
Акустическое сопротивление	$Z_a$	(Па · с)/м	$Z_a = \rho C$
Колебательная скорость частицы среды	$u$	М/с	$u = P / \rho C$
Интенсивность	$I$	Вт/м <sup>2</sup>	$I = P u$
Звуковая мощность	$W$	Вт	$W = I S$

*Свободным акустическим полем* называют акустическое поле, которое не ограничено поверхностью и практически бесконечно. В ограниченном пространстве (например, в закрытом помещении) распространение звуковых волн зависит от геометрии и акустических свойств поверхностей, расположенных на пути распространения звуковых волн. Часть энергии звуковой волны поглощается поверхностью, превращаясь в тепло, часть отражается от нее, а часть проникает сквозь преграду. Эти свойства материала преграды характеризуются следующими показателями:

1) коэффициентом звукопоглощения:

$$\alpha = I_{\text{погл}} / I_{\text{пад}}, \quad (1.5)$$

где  $I_{\text{погл}}$  — поглощенная преградой звуковая энергия;  $I_{\text{пад}}$  — падающая на преграду звуковая энергия;

2) коэффициентом отражения:

$$\beta = I_{\text{отр}} / I_{\text{пад}}, \quad (1.6)$$

где  $I_{\text{отр}}$  — отраженная от преграды энергия;

3) коэффициентом звукоизоляции:

$$\gamma = I_{\text{пад}} / I_{\text{отр}}; \quad (1.7)$$

4) коэффициентом прохождения или проницаемости:

$$\tau = I_{\text{пр}} / I_{\text{пад}}, \quad (1.8)$$

где  $I_{\text{пр}}$  — энергия, проходящая через преграду. Коэффициент проницаемости характеризует звукоизолирующие свойства преграды, чем меньше его значение, тем лучше звукоизолирующие свойства. Значения коэффициентов, характеризующих свойства преграды, зависят от частоты звуковой волны, а звукоизоляция материала оценивается в децибелах (дБ) и может быть вычислена по формуле:  $R = 10 \lg(1 / \tau)$ .

## 1.2. Воздействие шума на человека и окружающую среду

Когда говорят о негативном воздействии шума, то, прежде всего, отмечают его интенсивность, которая определяется как поток энергии, приходящийся на единицу площади поверхности, например, Вт/м<sup>2</sup> (формула 1.3). Однако в таких единицах выражать интенсивность шумов довольно сложно, поскольку человеческое ухо — уникальный и тонкий аппарат, способный улавливать звуки с разницей интенсивности в 10 триллионов раз. Оперировать числами, лежащими в таком широком диапазоне, крайне неудобно, поэтому для характеристики уровня шума приняли логарифмическую шкалу величин, согласно которой изменение интенсивности шума на одну единицу в действительности означает изменение в 10 раз. Такую единицу измерения интенсивности звука назвали «бел» (Б), в честь изобретателя телефона Александра Грейама Белла. На практике оказалось удобнее пользоваться десятными долями бела, т.е. децибелами (дБ).

Другая характеристика шума — число звуковых колебаний в одну секунду, или частота звука, измеряемая в герцах. Один герц (Гц) равен одному колебанию в секунду. Акустические колебания в ди-

апазоне 16...20 000 Гц способен воспринимать слуховой аппарат человека, колебания такой частоты называются *звуковыми*, а пространство их распространения — звуковым полем. Колебания ниже 16 Гц относятся к инфразвуковым, а выше 2000 Гц — к ультразвуковым.

Человеческое ухо по-разному воспринимает звуки, имеющие одинаковый уровень интенсивности, но разную частоту: высокую, среднюю, низкую. Из-за неравномерной чувствительности уха к звукам разных частот при измерении уровня шума устанавливаются специальные частотные фильтры, измеряя так называемый взвешенный уровень звука. Для определения звукового давления применяют специальные приборы — шумомеры, которые имеют 3 коррекции частотной характеристики, в том числе и шкалу коррекции *A*, учитывающую понижение слуха человека при низких частотах. Следовательно, шкала *A* скорректирована таким образом, что шумомер измеряет звуковое давление (в дБА) в частотном диапазоне (с использованием частотного фильтра типа *A*), воспринимаемом ухом человека.

Загрязнение среды шумом возникает в результате недопустимого превышения естественного уровня звуковых колебаний (фона). Фон — это уровень громкости звука, для которого уровень звукового давления равногромкого с ним звука частотой 1000 Гц равен 1 дБ.

Естественные природные звуки, как правило, не отражаются на состоянии человека, в то время как в современных городских условиях шум становится не просто неприятным для слуха, но и приводит к серьезным негативным физиологическим последствиям. Дискомфорт создают антропогенные источники шума, повышающие утомляемость, понижающие производительность труда, являющиеся причинами стрессового состояния людей.

Выделяются три аспекта вредности шума:

- психологическая вредность, вызванная шумом, который нежелателен и вызывает раздражение и недовольство человека;
- функциональная вредность, обусловленная шумом, мешающим какой-либо деятельности (работе, сну, разговору, чтению и др.);
- физиологическая вредность, вызванная шумом, при систематической подверженности которому возникает опасность потери слуха (шум 75...85 дБ).

Основные источники акустического загрязнения городской среды — это транспорт (автомобильный, рельсовый, воздушный), строительство, промышленные предприятия, спортивные и общественные объекты. По интенсивности шумы делятся на три основные группы:

- от слухового порога (10...15 дБ) до уровня звукового давления 40 дБ (к восприятию звуков такой интенсивности ухо человека малочувствительно, например, шелест листьев, шепот, тиканье будильника);
- шумы в интервале от 40 до 80...90 дБ, содержащие основную массу звуковых сигналов, и шумы в окружающей среде (теле-радиопередачи, разговор, бытовой шум, транспортный шум и др.), причем именно в этом диапазоне ухо человека обладает повышенной способностью дифференцировать и анализировать качество звуков;
- звук большой интенсивности — от 80...90 дБ до болевого порога (120...130 дБ), оказывающий на человека раздражающее воздействие и вызывающий быстрое утомление и нервозность. Таков, к примеру, шум реактивного самолета на испытательном стенде на расстоянии 50 м или при взлете турбореактивного самолета на оси полета на протяжении первых 8 км (этим вызвано неудобство близкого расположения аэропортов к жилой зоне).

Основные характеристики шумового воздействия приведены ниже:

1. Эквивалентный (по энергии) уровень звука,  $L_{A, экв}$ , (дБА) — это значение уровня звука длительного постоянного широкополосного шума, который в пределах регламентированного интервала времени имеет такое же среднеквадратичное давление уровня звука, что и рассматриваемый непостоянный шум, уровень звука которого изменяется в течение определенного интервала времени.

2. Предельно допустимый уровень (ПДУ) шума — это уровень фактора, который при ежедневной (кроме выходных дней) работе человека, но не более 40 ч в неделю в течение всего рабочего стажа, не должен вызывать заболеваний или отклонений в состоянии его здоровья в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящих и последующих поколений. Соблюдение ПДУ шума не исключает нарушение здоровья у сверхчувствительных лиц.

3. Допустимый уровень шума — это уровень, который не вызывает у человека значительного беспокойства и существенных из-



менений показателей функционального состояния систем и анализаторов, чувствительных к шуму.

### 1.3. Методы оценки и измерения шумового загрязнения

Задача измерения уровня шума в помещениях, на территориях городов и населенных мест входит в состав инженерно-экологических изысканий, необходимых для обеспечения санитарно-гигиенических требований, предъявляемых к производственным и жилым помещениям, а также обеспечения экологической безопасности урбанизированных территорий. Систематические измерения уровня шума на территории городов — одна из обязательных частей экологического мониторинга. Для оценки уровня звука используются специальные приборы — шумомеры, измеряющие звуковое давление и стандартные методы измерения (рис. 1.1) Измерительные приборы подлежат метрологической аттестации в соответствующих службах с выдачей аттестационных документов, в которых указываются основные метрологические параметры, предельные значения измеряемых величин и погрешности измерений.



Рис. 1.1. Внешний вид прибора для измерения уровня звука

Шумомеры состоят из датчика (микрофона), усилителя, частотных фильтров (анализатора частоты), регистрирующего прибора (самописец, магнитофон). Шумомеры снабжаются блоком частотной коррекции, делятся на 4 класса: 0, 1, 2 и 3. Шумомеры класса 0 используются как образцовые средства измерения; класса 1 — для лабораторных и натурных измерений; класса 2 — для технических измерений; класса 3 — для ориентировочных измерений. Каждому классу приборов соответствует определенный диапазон измерений по частотам. Шумомер имеет 3 коррекции частотной характеристики, как уже упоминалось ранее, в том числе и шкалу коррекции  $A$ , учитывающую понижение слуха человека при низких частотах.

Основными характеристиками источника шума служат:

- уровень звукового давления  $L_p$ , дБ, в октавной или треть-октавной полосе частот в контрольных точках;
- уровень звука  $L_A$ , дБА, измеряемый шумомером с частотной характеристикой типа А в контрольных точках;

- уровень звуковой мощности  $L_W$ , дБ, в октавных или третьоктавных полосах частот;
- скорректированный уровень звуковой мощности  $L_{WA}$ , дБ;
- максимальный показатель направленности излучения шума  $G_{\max}$ , дБА.

## 1.4. Источники шума в городах

Городской шум складывается, в основном, из транспортных шумов, а также шумов промышленных предприятий и коммунально-бытового характера. Наиболее сильный по уровню и степени распространения в городской среде — транспортный шум, преимущественно от автотранспорта.

Существенными источниками шума служат авиа- и железнодорожный транспорт. Например, под трассами пролета самолетов на территории жилой застройки создается шум 87...90 дБА, а шум от железнодорожного транспорта может достигать значений 75...80 дБА. Но именно автотранспорт вносит наибольший вклад (до 70...80 %) в шумовое загрязнение в городах. Население большинства мегаполисов (не менее чем 60 %) живет в условиях постоянного акустического загрязнения, параметры которого существенно превышают допустимые нормы. В мегаполисах уровень шума регистрируется в пределах от 65 до 80 дБА (а иногда достигает 90 и более дБА).

Городской наземный автотранспорт представляет целый ряд удобств, без которых не может обойтись современное общество: быстрота, надежность, экономичность, эффективное обеспечение массовых перевозок как на небольшие, так и на значительные расстояния, гибкость и мобильность (по сравнению с другими видами транспорта).

В связи с тем, что транспортные магистрали проходят в непосредственной близости от жилой застройки, можно говорить о том, что наибольшему негативному шумовому влиянию подвергаются жители первого эшелона застройки. Именно они попадают в зону так называемого акустического дискомфорта — участки территории (вместе с застройкой) вокруг источников внешнего шума, в пределах которых уровни звука превышают допустимые величины по санитарно-гигиеническим показателям. Учитывая свойство автотранспортного потока как источника шума (непрерывность излучения звука расположенных в ряд большого числа точечных

источников), этот поток рассматривается как линейный источник, излучающий цилиндрические звуковые волны. Вместе с тем характерная особенность шума, создаваемого транспортным потоком, — резкие колебания его уровня, обусловленные неоднородностью потока транспортных средств и изменением режима их движения. Для унификации методов измерений и оценки шума в городской среде разработан международный стандарт ISO 1996/1 «Акустика. Описание и измерение шума окружающей среды. Часть I. Основные величины и методики». Этим стандартом установлено, что в качестве исходной величины для описания шумовых режимов в окружающей среде следует использовать эквивалентный уровень звука, выражаемый в дБА. В качестве же шумовой характеристики транспортных потоков в большинстве стран установлен эквивалентный уровень звука на определенном базисном расстоянии от транспортного потока. Так, в нашей стране это расстояние в соответствии с ГОСТ 20444–85 принято равным 7,5 м от оси ближайшей полосы движения транспортных средств до расчетной точки.

В современной городской урбозкосистеме шум стал одним из весьма серьезных негативных факторов окружающей среды еще и потому, что его вредное влияние усиливается в сочетании с другими неблагоприятными факторами — запыленностью и загазованностью атмосферного и внутреннего воздуха, столь характерными для современной городской среды обитания.

Основной нормативный документ, регламентирующий уровни звука в помещениях зданий и на территориях застройки, методы определения уровней звука в расчетных точках, требования к средствам шумозащиты и др., — СНиП 23-03-03 «Защита от шума», пришедший с 01.01.2004 г. на смену использовавшемуся ранее СНиП II-12-77 «Защита от шума». Нормы строительного проектирования базируются на обобщении многочисленных натуральных и экспериментальных исследований шумовых характеристик транспортных потоков, закономерностей распространения шума в застройке, а также санитарно-гигиенических исследований. Вместе с тем быстро изменяющиеся условия жизнедеятельности современных городов, соответствующие им изменения материальной структуры и планировки в процессе реконструкции и другие факторы, требуют уточнения трактовки и использования приведенных общих положений применительно к современным условиям.

## 2. РАСЧЕТ ШУМОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ АВТОТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА

### 2.1. Методы определения ожидаемых уровней транспортного шума

Движение автотранспортных средств в составе плотных городских потоков имеет существенные отличия от движения одиночного автомобиля при отсутствии помех движению. На уровень шума оказывает воздействие изменение условий движения (снижение скорости, торможение и ускорение), что связано с различными режимами работы двигателя автомобиля. Эти режимы работы характеризуются различными уровнями шума и значений выбросов загрязняющих веществ. Транспортные потоки оказывают наибольшее негативное воздействие на окружающую среду, уровень воздействия которого определяется следующими факторами:

- составом, интенсивностью, скоростью и ускорением движения транспортного потока;
- техническим уровнем и эксплуатационным состоянием автомобилей;
- объемом и номенклатурой перевозимых грузов.

Для выполнения прогнозных расчетов шумового режима территории необходимо знать уровень шума, производимого транспортным потоком автомобильной дороги.

Исследования отечественных ученых П.И. Поспелова, В.Н. Луканина, Ю.В. Трофименко позволили установить, что уровень шума транспортного потока зависит от интенсивности движения, состава потока и от доли грузовых автомобилей. Зависимость уровня шума от интенсивности движения может быть определена по номограмме (рис. 2.1).

Увеличение средней скорости потока приводит к возрастанию уровня шума. Уменьшение шума одиночных легковых

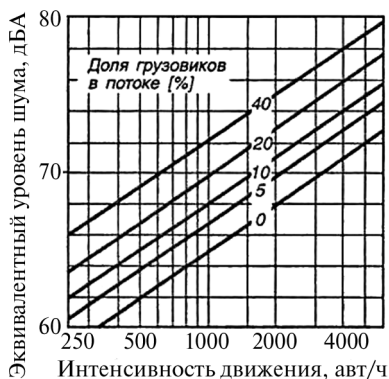


Рис. 2.1. Зависимость уровня шума от интенсивности и состава транспортного потока на расстоянии 40 м от середины ближайшей полосы движения (данные МАДИ-ТУ)

автомобилей с 78 до 75 дБА и грузовых — с 85 до 80 дБА, при их количестве в составе транспортного потока в пределах 10...30 %, снижает уровень шума транспортного потока на 2...3,5 дБА.

Первый этап анализа шумового режима участка застройки (группы зданий) — определение шумовой характеристики транспортного потока участка дороги, проходящей в непосредственной близости к селитебной территории. Как правило, такие городские дороги служат границами микрорайонов или жилых групп. К ним относятся дороги с регулируемым движением автотранспорта, имеющие районное или местное (жилые улицы, внутриквартальные проезды) значение и, соответственно, 4...6 и 2...4 полос движения в обоих направлениях.

Для определения уровня транспортного шума могут быть использованы эмпирические зависимости, полученные на основе натуральных наблюдений и экспериментальных данных. Эквивалентный уровень транспортного шума (по П.И. Поспелову) на расстоянии 7,5 м от оси ближайшей полосы движения может быть определен по формуле (дБА):

$$L_{A_{\text{ЭКВ}}} = 50 + 8,8 \cdot \lg N_a + \Delta L_i, \quad (2.1)$$

где  $N_a$  — расчетная интенсивность движения при средней скорости потока 40 км/ч, авт/ч;  $\Delta L_i$  — поправки по  $i$ -му фактору влияния (состав, скорость потока, тип дорожного покрытия, продольный уклон дороги).

В.Н. Луканин и Ю.В. Трофименко для оценки шума транспортного потока рекомендуют использовать формулу:

$$L_{A_{\text{ЭКВ}}} = 10 \cdot \lg N_a + 13,3 \cdot \lg V + 8,4 \cdot \lg S_{ra} + 9,5, \quad (2.2)$$

где  $L_{A_{\text{ЭКВ}}}$  — расчетное значение эквивалентного уровня транспортного шума на расстоянии 7,5 м от оси крайней полосы движения на высоте 1,5 м от уровня проезжей части, дБА;  $N_a$  — расчетная интенсивность движения, авт/ч;  $V$  — скорость движения, км/ч;  $S_{ra}$  — доля грузового и общественного транспорта в составе транспортного потока, %.

Ю.В. Кононович для городских дорог, имеющих продольный уклон не более 20 % и асфальтобетонное покрытие, предложил определять эквивалентный уровень шума (шумовая характеристика дороги)  $L_{A_{\text{ЭКВ}}}$  (дБА) транспортного потока по формуле:

$$L_{\text{АЭКВ}} = 10 \cdot \lg N + 13,3 \cdot \lg V + 4 \cdot \lg(1 + p) + 15, \quad (2.3)$$

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

Учитываемые в формуле (2.3) показатели должны соответствовать средним значениям за 8-ми часовой период наиболее интенсивного движения в дневное время. Соответствующим образом и нормативы допустимых уровней звука в помещениях зданий и на участках территории застройки регламентируются СНиП 23-03-03 для дневного и ночного времени суток.

В условиях планового развития городского хозяйства рекомендуемыми источниками получения указанных исходных показателей являлись: генеральный план развития города, данные Госавтоинспекции, натурные наблюдения. СНиП 23-03-2003 «Защита от шума» допускает принимать детерминированные величины шумовых характеристик транспортных потоков для условий движения в час «пик» в зависимости от категории улиц и дорог.

Очевидно, что в современных условиях бурного роста обеспеченности населения транспортными средствами, изменения ритма городской жизни и других факторов, непосредственно влияющих на изменение условий движения транспортных потоков, такие рекомендации недостаточно адекватны. Более объективные данные могут быть получены на основе проводимых уже много лет натурных наблюдений, требующих значительных затрат, усилий и времени. Однако вследствие динамичного изменения ситуации и эти данные не могут использоваться в качестве надежного прогноза на достаточно дальнюю перспективу.

Сложившаяся сегодня транспортная ситуация в крупных городах страны во многом сходна с уже много лет существующей в развитых странах. В связи с этим для определения шумовых характеристик транспортных потоков (в рассматриваемых случаях) представляется целесообразным использовать применяемые за рубежом следующие основные методы определения пропускной способности дорог в зависимости от скоростных режимов и факторов движения.

При беспрепятственном движении автомобилей в первом ряду дороги со средней скоростью  $V$ , км/ч, пропускная способность этого ряда  $n_1$ , ед/ч, характеризуется следующей зависимостью (табл. 2.1).

**Зависимость пропускной способности автомобилей первого ряда  
от средней скорости движения**

Средняя скорость движения, км/ч	Пропускная способность $n_1$ , ед/ч	Средняя скорость движения, км/ч	Пропускная способность $n_1$ , ед/ч
10	1250	40	2010
20	1660	50	2080
30	1920	60	2120

При этом пропускная способность второго ряда движения принимается в размере 75 %, а третьего — 50 % от указанных в табл. 2.1 значений.

*Примечание*

1. Наличие частых перекрестков приводит к существенному снижению пропускной способности дороги, вплоть до  $n_1 = 550$  ед/ч, что соответствует средней скорости потока  $V \approx 6$  км/ч.

2. Если на улице местного значения разрешена стоянка автомобилей, то пропускная способность 2-полосной дороги составляет 300 ед/ч, а  $V \approx 6$  км/ч.

Для определения шумовых характеристик транспортных потоков целесообразно принять следующие исходные данные:

- для дорог районного значения при 4 и 6 полосах движения в обоих направлениях (обозначения Р-4 и Р-6 соответственно) — среднюю скорость движения в диапазоне от 30 до 60 км/ч, а величину  $p = 10...15$  %;
- для дорог местного значения при 2 и 4 полосах движения в обоих направлениях (обозначения М-2 и М-4 соответственно) — среднюю скорость движения в диапазоне от 10 до 20 км/ч, а величину  $p = 4...8$  %;
- в зависимости от ситуации возможно также учесть данные, приведенные в примечании.

## 2.2. Допустимые уровни звука в помещениях зданий и на территории застройки

В условиях сильного городского шума происходит постоянное напряжение слухового анализатора. Это вызывает увеличение порога слышимости (10 дБ для людей с нормальным слухом) на 10...25 дБ. Шум обычно затрудняет разборчивость речи, особенно при уровне более 70 дБ.

Необходимо отметить, что снижение шума, подчиняющееся законам акустики, происходит по закону квадрата расстояния и за счет молекулярного трения. По мере удаления от источника звуковая волна затухает в пространстве, причем для сферической звуковой волны звуковое давление изменяется обратно пропорционально расстоянию  $r$  в результате расширения площади фронта волны  $S$  (м<sup>2</sup>):

$$S = \Omega r^2, \quad (2.4)$$

где  $\Omega$  — пространственный угол излучения звука ( $\Omega = 4\pi$  при излучении в пространство,  $\Omega = 2\pi$  при излучении в полупространство);  $r$  — расстояние (рис. 2.2).

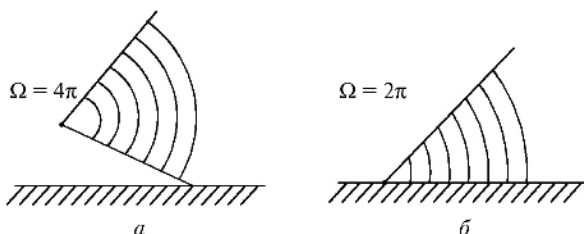


Рис. 2.2. Схема распространения звуковой волны:  $a$  — в пространстве;  $b$  — в полупространстве

Для защиты людей от вредного влияния городского шума необходима регламентация его интенсивности, спектрального состава, времени действия и других параметров. При гигиеническом нормировании в качестве допустимого устанавливают такой уровень шума, влияние которого в течение длительного времени не вызывает изменений во всем комплексе физиологических показателей, отражающих реакции наиболее чувствительных к шуму систем организма.

Анализ шумового режима застройки предполагает выделение на картограмме зон акустического дискомфорта в помещениях зданий и на участках территории, т.е. зон, где прогнозируемые (определяемые расчетом) эквивалентные уровни звука превышают допустимые по санитарно-гигиеническим требованиям (табл. 2.2). Приведенные в табл. 2.2 данные относятся ко времени вероятной максимальной акустической нагрузки (дневное время с 7 до 23 ч).



**Допустимые эквивалентные уровни звука в помещениях зданий  
и на территории застройки  $L_{АЭКВ доп}$ , дБА (с 7 до 23 ч)**

Помещения и территории	$L_{АЭКВ доп}$ , дБА
Жилые комнаты квартир, спальные помещения в детских дошкольных учреждениях и школах-пансионатах, жилые помещения домов-интернатов для престарелых	40
Жилые комнаты общежитий и номера гостиниц	45
Рабочие помещения управлений, конструкторских и проектных организаций	50
Залы кафе, ресторанов и т.п.	55
Торговые залы магазинов, спортзалы	60
Уличные территории, непосредственно прилегающие к жилым домам, обращенным в сторону источников транспортного шума	55
Площадки для отдыха в группе жилой застройки, территории детских дошкольных учреждений и школ	45
Спортивные площадки в группе жилой или смешанной застройки	55

Для обеспечения указанных требований используется комплекс различных мероприятий: архитектурно-планировочных, конструктивно-защитных, технических, организационных и др. Ряд из них будет рассмотрен ниже. Это позволит ориентироваться в основных направлениях оптимизации акустического режима застройки.

Планировку и застройку селитебных территорий городов, поселков и других населенных пунктов следует осуществлять с учетом обеспечения допустимых уровней шума, приведенных в СНиП 23-03-2003 «Защита от шума». Расчетные точки на площадках отдыха микрорайонов и групп жилых домов, площадках детских дошкольных учреждений, участках школ и больниц следует выбирать на ближайшей к источнику шума границе площадок на высоте 1,5 м от поверхности земли. Если площадка частично находится в зоне звуковой тени от здания, сооружения или какого-либо другого экраняющего объекта, а частично в зоне действия прямого звука, то расчетная точка должна находиться вне зоны звуковой тени.

Расчетные точки на территории, непосредственно прилегающей к жилым домам и другим зданиям, в которых уровни проникающего шума нормируются СНиП 23-03-2003 «Защита от шума», сле-

Конец ознакомительного фрагмента.  
Для приобретения книги перейдите на сайт  
магазина «Электронный универс»:  
[e-Univers.ru](http://e-Univers.ru).