

ШУМ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ



СОДЕРЖАНИЕ

Несколько слов о буклете
Введение
Что такое шум?
Типы
Распространение шума в окружающей среде
Идентификация источников шума
Измерение шума
Калибровка
Оценка уровня шума - раздражающий фактор и штрафы
Оценка (Ограничения)
Отчет о результатах измерений
Расчет уровней шума (Шумовое прогнозирование)
Планирование
Снижение уровня шума
Измерения автоматизированные или с участием оператора
Непрерывный мониторинг
Международные стандарты
Параметры, используемые для измерения уровня шума
о окружающей среды, и соответствующая терминология
Немного информации о фирме Брюль и Кьер

Авторское право © 2000 фирма Брюль и Кьер, Отделение виброакустических измерений A/S
Настоящая публикация защищена законом об авторском праве и международными соглашениями.

При полном или частичном копировании и распространении обязательны ссылки на источник
- фирму Брюль и Кьер, Отделение виброакустических измерений A/S.

Фирма Брюль и Кьер, Отделение виброакустических измерений A/S, не несет ответственности
за прямой или косвенный ущерб, нанесенный в результате использования этой публикации.

НЕСКОЛЬКО СЛОВ О БУКЛЕТЕ

Настоящий буклет рассматривает проблему существования шумов окружающей среды – например, шумов от промышленных зон, дорог и железнодорожных путей, аэропортов и торговых центров. Здесь не рассматриваются вопросы строительной акустики, строительной вибрации или бытовых шумов. Также не содержится сведений о реакции человека на вибрацию и о промышленном применении измерений шума и вибраций. Для получения информации по упомянутым вопросам следует обращаться в региональное представительство фирмы «Брюль и Кьер».

Несмотря на то, что мы приложили максимум усилий для того, чтобы краткий обзор стандартов, практических применений и методов был представлен на самом современном уровне, невозможно гарантировать, что охвачены все возможные аспекты проблемы. Пожалуйста, проконсультируйтесь с нашим региональным представителем для получения более подробной информации, которая была бы наиболее интересна для специалистов вашей страны, области или региона.



ВВЕДЕНИЕ

Различные ситуации, связанные с шумами окружающей среды возникают крайне часто.

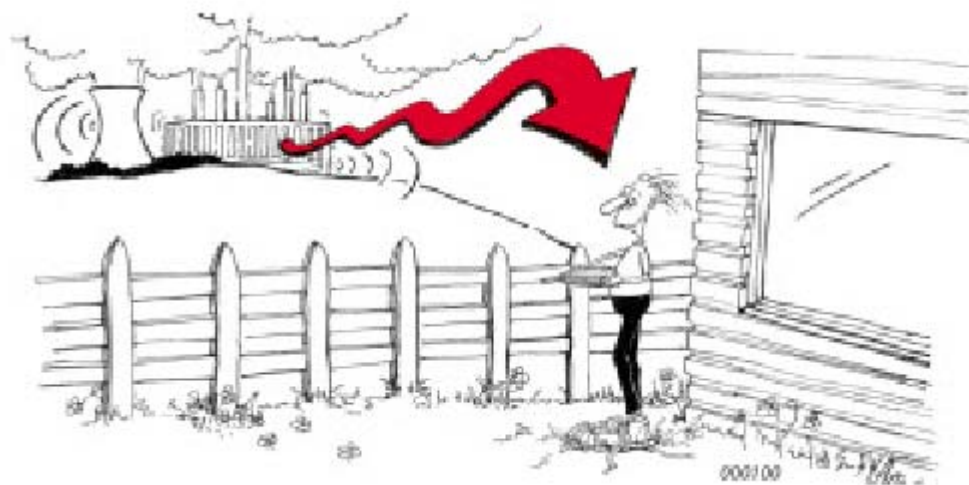
Одни из них более драматичны, другие менее, но разрешение любой проблемы шумов окружающей среды зачастую требует немалых усилий и значительных вложений денежных средств.

Шумы окружающей среды - всемирная проблема. Однако подходы к ее решению в разных странах различны и находятся в большой зависимости от культуры, экономики и политики этой страны. Проблема остается даже в тех областях, где обширные ресурсы были затрачены для регулирования, оценки и заглушения источников шума или для возведения шумовых барьеров. Например, огромные усилия были направлены на ослабление шума автодорог за счет его непосредственного источника. Фактически, современные автомобили “звучат” намного тише, чем выпускавшиеся десять лет назад, но колоссальное увеличение объема перевозок привело к тому, что всех ранее принимаемых мер стало недостаточно, а уровень шума еще больше увеличился. Производство менее шумных автомобилей на какой-то период устранило проблему, но не смогло решить ее окончательно.

В настоящее время еще не создана единая мировая система оценки последствий воздействия шумов окружающей среды и стоимости наносимого ими ущерба. Хотя в качестве примера все-таки можно назвать систему, принятую в большинстве стран Европы, - Зеленая книга Европейского Союза о перспективной политике в области шума (1996).

- Из информации, которая содержится в Зеленой книге, следует, что число людей, постоянно подверженных воздействию шума, составляет 20 % от всего населения земного шара, то есть около 80 миллионов людей страдает от недопустимых уровней шума, что вызывает нарушения сна, раздражительность и оказывает неблагоприятное воздействие на здоровье. Еще 170 миллионов граждан Европы живут в районах, где население подвержено шумовым атакам в дневное время суток.
- В финансовых терминах затраты общества на решение проблемы шума окружающей среды составляют от 0,2 до 2% внутреннего валового продукта. Даже наименьшая из приведенных цифр представляет собой огромную величину.

Защита от шума окружающей среды



Программы защиты от шума различны в каждой стране. Юридические требования не одинаковы, технические приемы и методы различны, а политическая направленность изменчива. Тем не менее, существуют общие аспекты в работе всех, кто занимается

решением проблемы шумов окружающей среды:

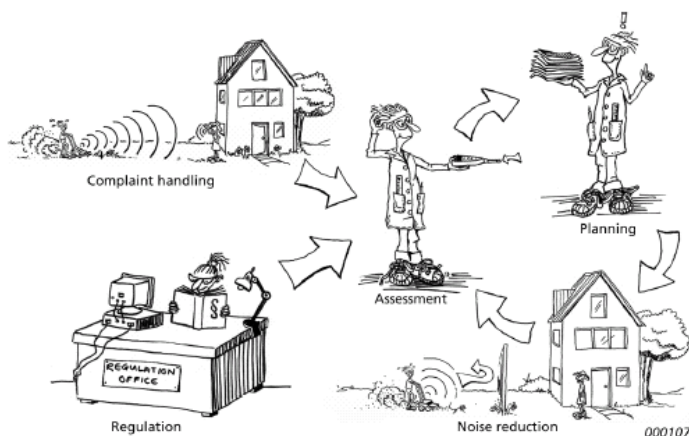
- Планирование развития жилых зон, промышленных районов, строительства скоростных магистралей, аэропортов и т.д.;
- Рассмотрение жалоб общественности, как в процессе планирования, так и впоследствии;
- Оценка соответствия источника шума (промышленные предприятия, торговые центры, аэропорты, автомагистрали, железные дороги и т.д.) действующим инструкциям и законодательным актам.

Служащий по контролю окружающей среды может быть направлен в любую из перечисленных зон для выполнения множества задач, в том числе:

- Проведения полевых измерений
- Оценки шума от определенных источников
- Расчет ожидаемых уровней шума
- Составления карты уровней шума
- Подготовки отчетов для общественности и для лиц, принимающих решения
- Архивации и сбора данных
- Проведения экспертизы

Перечисленные задачи, необходимые для оценки степени и уровня шумовой загрязненности, требуют также определенного уровня понимания проблемы не только профессионалами, работающими в полевых условиях, но и лицами, принимающими решения, и общественностью. Настоящий буклет предназначен для всех упомянутых категорий населения.

В настоящем буклете представлены проблемы, возникающие при работе с шумами окружающей среды, а также возможные способы их решения, существующие в данный момент. К сожалению, объем буклета не позволяет нам полностью раскрыть каждый аспект проблемы. Например, мы не можем подробно рассмотреть национальное и региональное законодательства. Тем не менее, мы сделали все возможное, чтобы обеспечить всесторонний обзор наиболее важных проблем. Пожалуйста, не стесняйтесь входить в контакт с вашим региональным представителем фирмы «Брюль и Кьер», чтобы получить как можно больше информации.



Что такое шум?

Шум может быть определен как изменения давления, различимые человеческим ухом. Это напоминает домино: волновое движение начинается, когда стихия приводит

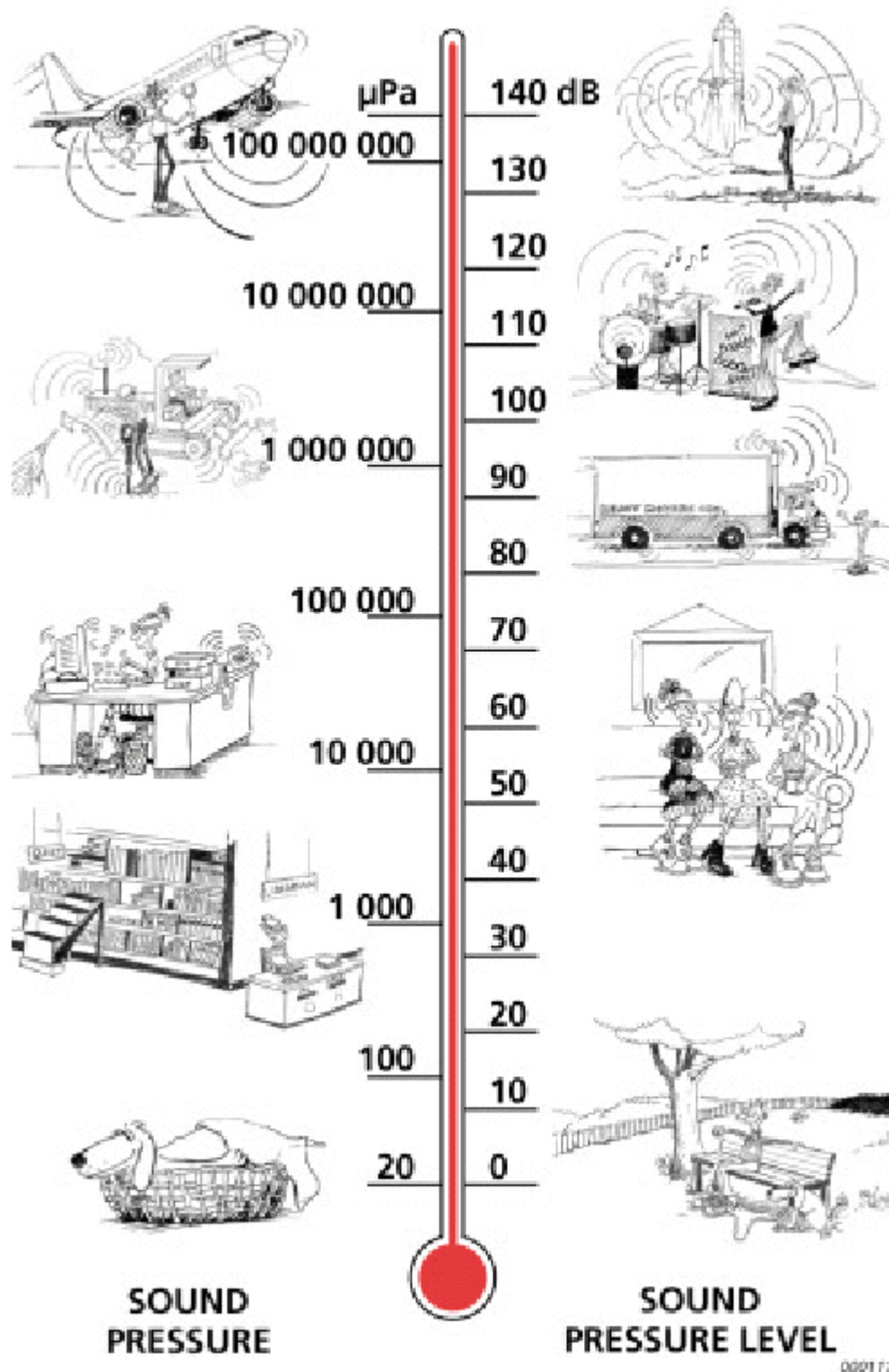
ближайшие частицы воздуха в движение. Движение постепенно распространяется к смежным частицам воздуха, находящимся дальше от источника. В зависимости от состава среды звук распространяется с различной скоростью. В воздухе звук распространяется со скоростью около 340 м/с. В жидкостях и твердых телах скорость распространения больше - 1500 м/с в воде и 5000 м/с в стали.

Типичные уровни шума

По сравнению со статическим давлением воздуха (10^5 Па), разброс значений слышимого шумового давления укладывается в весьма узком диапазоне, приблизительно в пределах от 20 мкПа (20×10^{-6} Па) до 100 Па.

Уровень давления, равный 20 мкПа, является слуховым порогом для среднего человека. Поэтому значение 20 мкПа называется порогом слышимости. Звуковое давление около 100 Па настолько велико, что вызывает боль, и поэтому называется порогом болевого ощущения. Отношение этих двух экстремальных значений равно более чем миллион к одному.

Непосредственное применение линейных масштабов (в Па) при измерении звукового давления ведет к оперированию большими и громоздкими цифрами. С другой стороны, поскольку реакция уха на возбуждение скорее логарифмическая, чем линейная, оказалось более удобным представлять акустические параметры как логарифм отношения измеренного значения к некоторой опорной величине. Данное логарифмическое отношение называется децибелом, или дБ. Преимущество использования децибел можно легко заметить на иллюстрации (стр.8). Здесь линейная шкала с ее огромными числами преобразована в удобную шкалу, которая начинается со слухового порога, равного 0 дБ (20 мкПа), и кончается болевым порогом в 130 дБ (~100 Па).

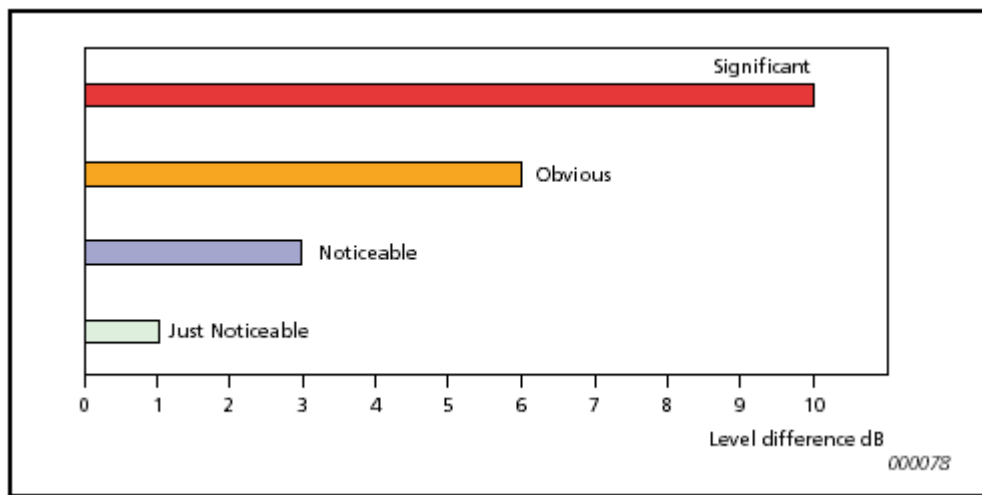


Наши слуховые возможности перекрывают на удивление широкий диапазон звукового давления – отношение крайних значений составляет миллион к одному. Применение шкалы децибел делает числа более удобными для оперирования.

Восприятие звука

Мы уже определили звук как любые изменения давления, которые могут различаться ухом человека. Количество колебаний давления за одну секунду называется частотой звука и измеряется в герцах (Гц). Нормально слышащий здоровый молодой человек способен различать звуки в диапазоне частот от 20 Гц до 20000 Гц (20 кГц).

В терминах уровней звукового давления слышимые звуки лежат в диапазоне между порогом слышимости (0 дБ) и болевым порогом (130 дБ) и выше. Хотя увеличение уровня звука на 6 дБ равнозначно удвоению величины звукового давления, требуется увеличить уровень звука на 8 – 10 дБ, чтобы звук субъективно ощущался как более громкий. Аналогично, минимально различимое изменение уровня звука составляет около 1 дБ.

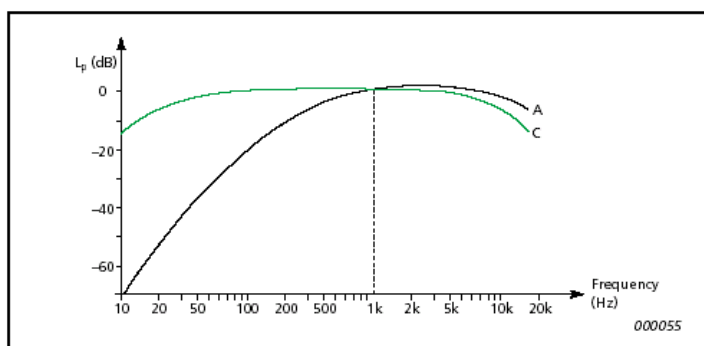


а. различие уровней звука в дБ; б. слегка ощутимое; в. заметное; г. очевидное; д. значительное.

Частотные весовые функции

Возможности человеческого слуха заметно ухудшаются на очень низких и очень высоких частотах. Исходя из этого, при измерении шумов применяются весовые фильтры. Наиболее часто применяются весовые фильтры типа А, полученные с их помощью результаты часто обозначаются как дБ(А) и приблизительно соответствуют чувствительности человеческого уха.

Существует также весовая функция типа С, которая используется в основном при измерении шумов очень большой громкости или шумов слишком низкой частоты.



а. параметр L_p (дБ); б. частота (Гц).

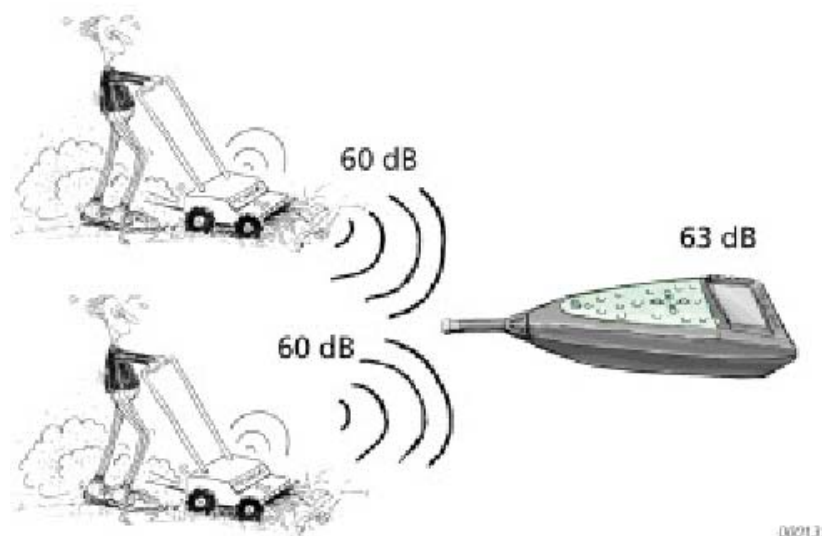
Сложение и вычитание уровней шума

Сложение уровней шума

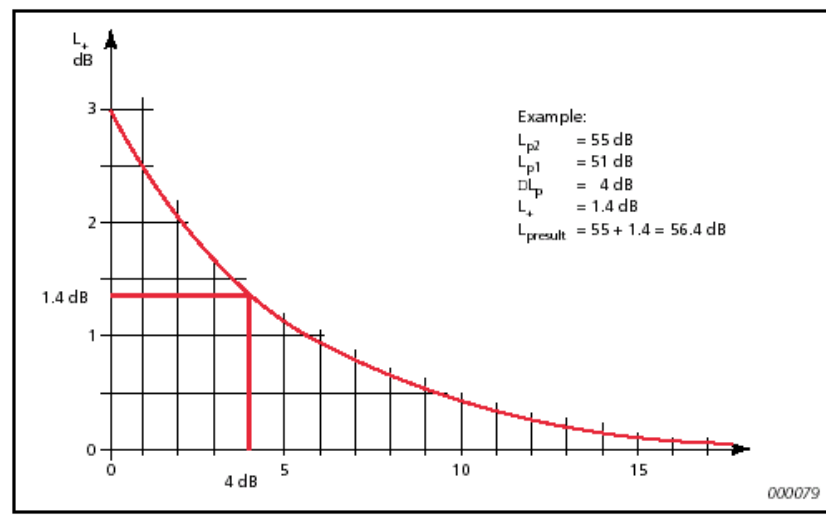
Если уровни шума двух или более источников были измерены отдельно, а вы хотите получить уровень суммарного давления источников, необходимо просуммировать уровни шума обоих источников. Однако, по причине того, что дБ является логарифмической величиной, обычная операция сложения не будет корректной.

Один из способов суммирования дБ заключается в преобразовании субъективных значений дБ в линейные с последующим их суммированием и обратным преобразованием в дБ с использованием следующего уравнения:

$$L_{результ.} = 10 \times \log \left(10^{\frac{L_{p1}}{10}} + 10^{\frac{L_{p2}}{10}} + 10^{\frac{L_{p3}}{10}} + \dots + 10^{\frac{L_{pn}}{10}} \right)$$



Наиболее простой метод - использование функции, приведенной ниже, совместно с последующими процедурами:



1. Измерить уровень SPL (Уровень давления шума) отдельно для каждого источника шума (L_{p1} , L_{p2});

2. Вычислить разность (дельта L) этих уровней ($L_{p2} - L_{p1}$);

3. Найти эту разность на горизонтальной оси диаграммы. Переместиться вверх до точки пересечения с линией графика функции, затем посмотреть значение на вертикальной оси слева.

4. Добавить значение (L_+), полученное на вертикальной оси, к значению уровня наиболее мощного из источников (L_{p2}). Таким образом, будет получена сумма SPL двух источников.

5. Если источников три или более, то действия п.п. 1 - 4 необходимо повторять, используя результат сложения уровней двух предыдущих источников и SPL каждого дополнительного источника.

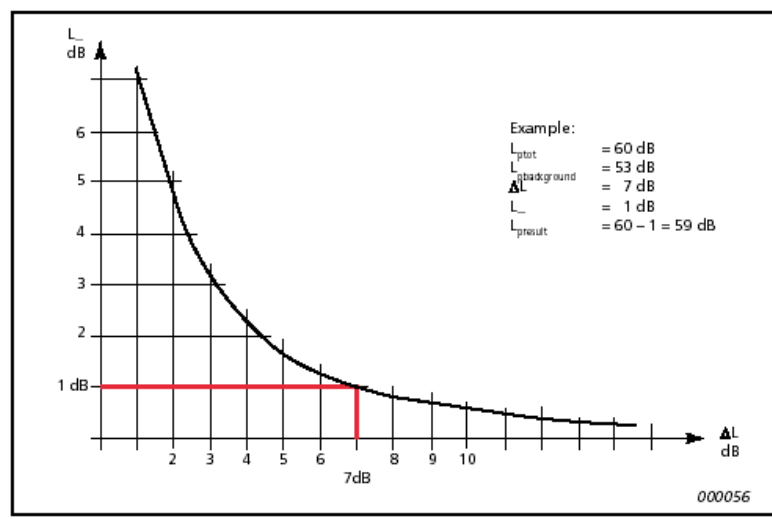
Обратите внимание на то, что в ситуации, показанной на предыдущей иллюстрации, где 3 дБ были прибавлены к уровню одного из источников, дельта L = 0. Если разность SPL двух источников составляет более 10 дБ, то влияние самого слабого из источников не принимается в расчет.

Вычитание уровней шума

Иногда появляется необходимость вычесть уровень фонового шума из общего значения SPL. Поправку на фоновый шум можно сделать путем вычитания уровня фонового шума ($L_{\text{рфон}}$) из суммарного значения уровней шума ($L_{\text{рсум}}$) с использованием следующего уравнения или функции:

$$L_{\text{результ.}} = 10 \times \log \left(10^{\frac{L_{\text{рсум}}}{10}} - 10^{\frac{L_{\text{рфон}}}{10}} \right)$$

Если значение delta L менее 3 дБ, уровень фонового шума слишком высок для проведения точных измерений, а корректный уровень шума не может быть получен, пока уровень фонового шума не будет уменьшен. С другой стороны, если разность составляет более 10 дБ, то уровень фонового шума можно игнорировать.



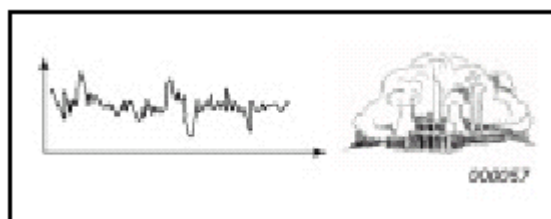
Типы шумов

Шум – это не просто шум

Дома и на работе мы часто слышим шум от вентиляции или отопительных систем, но не замечаем его потому, что он не имеет ярко выраженных особенностей. Шум никогда не прекращается и не имеет звукового тона, но если вентилятор вдруг внезапно останавливается или начинает завывать, это изменение может потревожить нас или даже вызвать наше раздражение. Наш слух распознает звуковую информацию в звуках, которые мы слышим. Но мы не нуждаемся в шумовой информации. Особенности, которые заставляют нас слушать и обращать внимание на шумы, являются тона или изменения в уровне шума. Более яркий тон и более резкое изменение уровня делают шум более заметным.

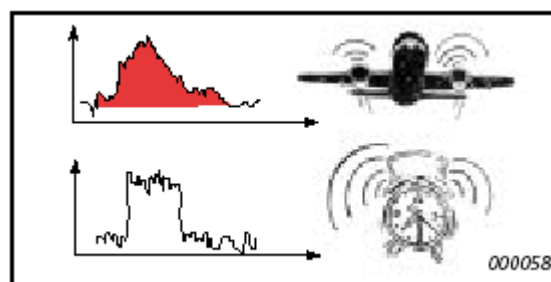
При измерении шумов необходимо разбираться в типах шумов настолько, чтобы правильно задавать параметры измерений, выбирать измерительное оборудование и продолжительность измерения. Нередко перед проведением измерений, анализом и фиксированием результата приходится использовать свой слух, чтобы точно определить раздражающие особенности шума.

Непрерывный шум



Продолжительный шум производит оборудование, работающее непрерывно в одном режиме, например, вентиляторы, насосы и вычислительное оборудование. Для проведения измерений уровня шума достаточно затратить несколько минут, используя ручное измерительное оборудование. Если тона или низкие частоты различимы, то частотный спектр поддается измерениям для документирования и дальнейшего анализа.

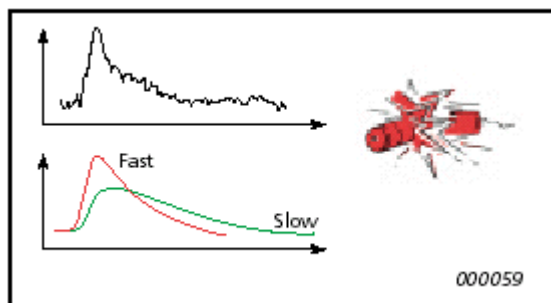
Неустойчивый шум



Оборудование, работающее в циклическом режиме, а также проезжающие автомобили и пролетающие самолеты, создают быстро изменяющиеся уровни шума. Уровень шума для каждого цикла работы машинного оборудования измеряется тем же способом, что и уровень непрерывного шума. Однако при этом должна учитываться продолжительность цикла. В процессе измерений уровня шума проезжающий автомобиль или пролетающий самолет называется “событием”. Для того, чтобы определить уровень шума события, необходимо сначала измерить уровень шумовой экспозиции, объединяющий в едином дескрипторе значения уровня шума и продолжительности события. Кроме того, можно

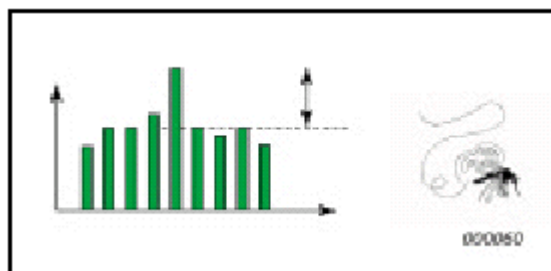
использовать значение уровня максимального звукового давления. Для расчета усредненного значения можно выполнить измерения уровня шума нескольких аналогичных событий.

Импульсный шум



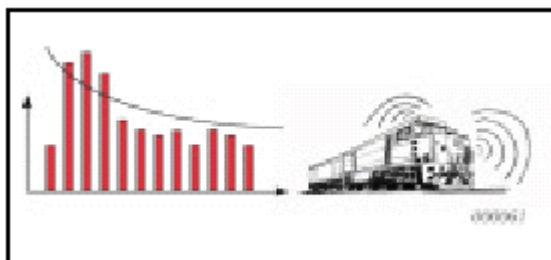
Шумы от ударов или взрывов, например, возникающие при забивании свай, ударах прессы или ружейных выстрелах, называются импульсными шумами. Это короткие и резкие шумы, а отличающий их эффект внезапности оказывает более сильное раздражающее действие на человека, чем можно было бы ожидать, основываясь только на измерениях уровня звукового давления. Для определения импульсивности шума используется разность параметров быстрого и медленного реагирования (как видно в нижней части графика). Необходимо также документировать частоту повторения импульсов (количество импульсов в секунду, минуту, час или день).

Тоны в шуме



Существует два способа возникновения раздражающих тонов, например, в процессе работы такого снабженного вращающимися элементами оборудования, как двигатели, коробки передач, вентиляторы и насосы. Разбалансировка или циркулярное биение приводят к вибрации, которая, передаваясь через поверхность в воздух, различима в виде тонов. Пульсация потоков жидкости или газа, вызванная ограничениями потока либо процессами сгорания, также может привести к возникновению тонов. Тоны идентифицируются или субъективно, на слух, или объективно при помощи частотного анализа. В последнем случае слышимость рассчитывается путем сравнения уровня тона с уровнем окружающих спектральных компонентов. Должна быть, кроме того, зарегистрирована продолжительность тона.

Низкочастотный шум

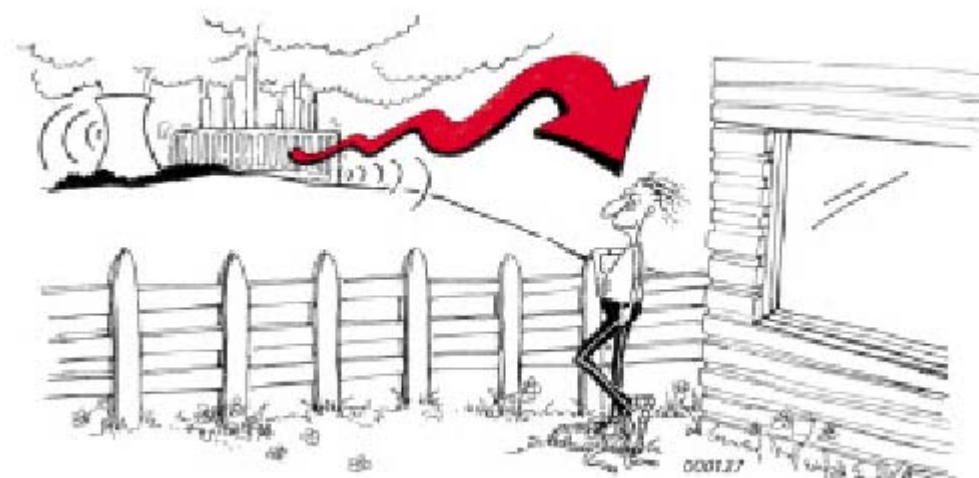


Низкочастотный шум обладает существенной акустической энергией в частотном диапазоне от 8 до 100 Гц. Шум такого типа характерен для больших дизельных

двигателей в поездах, судах и электростанциях, а по причине того, что этот шум трудно заглушаем и легко распространяется во всех направлениях, его можно слышать на многие мили вокруг. Низкочастотный шум раздражает гораздо больше, чем можно было ожидать по уровню звукового давления, измеренного при помощи весовой функции типа А. Различие между уровнями, измеренными с использованием весовых функций типа А и типа С, указывает на существование проблемы, связанной с низкими частотами. Для расчета слышимости низкочастотных компонентов шума проводится измерение спектра и его сравнение со слуховым порогом. Инфразвук имеет спектр с доминированием частотных компонентов ниже 20 Гц. Мы воспринимаем их не как звук, а скорее как давление. Оценка инфразвука до сих пор осуществляется экспериментальным путем и не отражена в международных стандартах.

Распространение шума в окружающей среде

Сколько шума производит 10-тонный грузовик? В основном это зависит от того, насколько далеко вы от него находитесь и где стоите: перед преградой или за ней. Существует множество других факторов, влияющих на уровень шума и на результаты измерений, которые могут различаться на десятки децибелов для одного и того же источника шума. Для того, чтобы выяснить причину подобных различий, необходимо рассмотреть процессы возникновения шума на уровне источника, распространения в воздухе и поступления в приемное устройство.



Наиболее важные факторы, влияющие на распространение шума:

- Тип источника (точечный или линейный)
- Расстояние от источника
- Атмосферное поглощение
- Ветер
- Температура и температурные отклонения
- Препятствия в виде барьеров и зданий
- Поглощение почвой
- Отражение
- Влажность
- Атмосферные осадки

Для получения репрезентативного результата процедуры измерений или расчетов следует принимать во внимание эти факторы. В инструкциях часто специфицированы состояния для каждого фактора.

Типы источников



Точечный источник

Если размеры источника шума малы по сравнению с расстоянием до слушателя, то источник называется точечным. Такими источниками можно считать вентиляторы и дымовые трубы. Звуковая энергия распространяется сферически, таким образом, уровень звукового давления остается одинаковым во всех точках, находящихся на равном удалении от источника, и уменьшается на 6 дБ с увеличением расстояния вдвое. Это правило сохраняется до тех пор, пока поверхностное и воздушное ослабление не приведет к значительному изменению уровня.

Для находящегося у поверхности Земли точечного источника с уровнем звуковой мощности L_w (см. раздел “Шумовые параметры окружающей среды и терминология”) уровень звукового давления L_p на любом расстоянии (r , выраженное в м) от этого источника можно рассчитать, используя уравнение:

$$L_p = L_w - 20 \log_{10} (r) - 8 \text{ дБ}$$

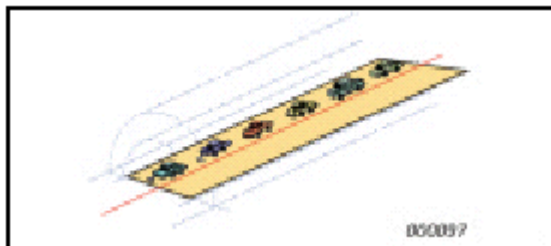
Линейный источник

Если источник шума узкий в одном направлении, а в другом его длина соизмерима с расстоянием до слушателя, то он называется линейным. Это может быть отдельный источник, например длинная труба, по которой течет бурлящая жидкость, либо источник, состоящий из множества точечных источников, производящих шум одновременно, например, поток транспортных средств на загруженной дороге.

Уровень звука распространяется цилиндрически, так что уровень звукового давления остается одинаковым во всех точках, находящихся на равном удалении от линии источника, и уменьшается на 3 дБ с увеличением расстояния вдвое. Это утверждение остается верным до тех пор, пока поверхностное и воздушное ослабление не приведет к значительному изменению уровня. Для зафиксированного около земной поверхности линейного источника шума с отношением уровня звуковой мощности на метр $L_{w/m}$ уровень звукового давления L_p на любом расстоянии (r , выраженное в м) от этого источника рассчитывается по уравнению:

$$L_p = L_w - 10 \log_{10} (r) - 5 \text{ дБ}$$

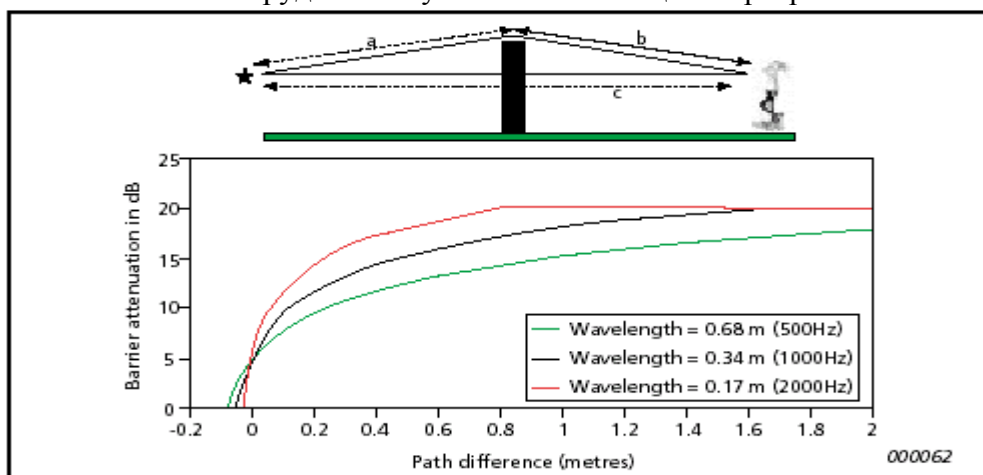
Барьеры



Снижение уровня шума, связанное с преодолением барьера, зависит от двух факторов:

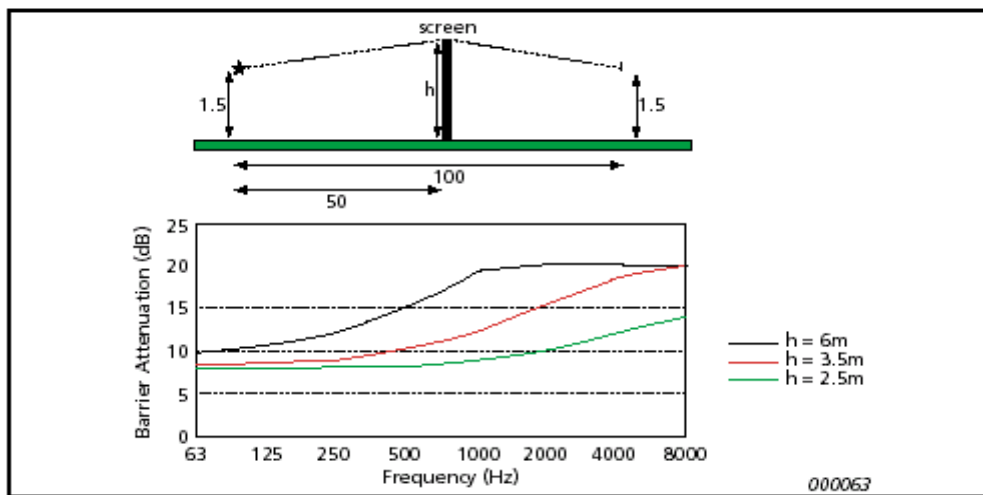
1. Разности путей при прохождении звуковой волны над барьером и при прямой передаче на приемник ($a + b - c$, на диаграмме).
2. Частотных составляющих шума.

Результирующее воздействие этих двух факторов показано на диаграмме. По диаграмме видно, что низкие частоты труднее заглушаются с помощью барьера.



а. снижение уровня шума, связанное с преодолением барьера (дБ); б. разность пути при прохождении звуковой волны (м); в. длина волны.

Снижение уровня шума с помощью обычного экрана представлено на следующей диаграмме как функция высоты потенциального барьера. Барьер наиболее эффективен при наиболее близком размещении к источнику шума



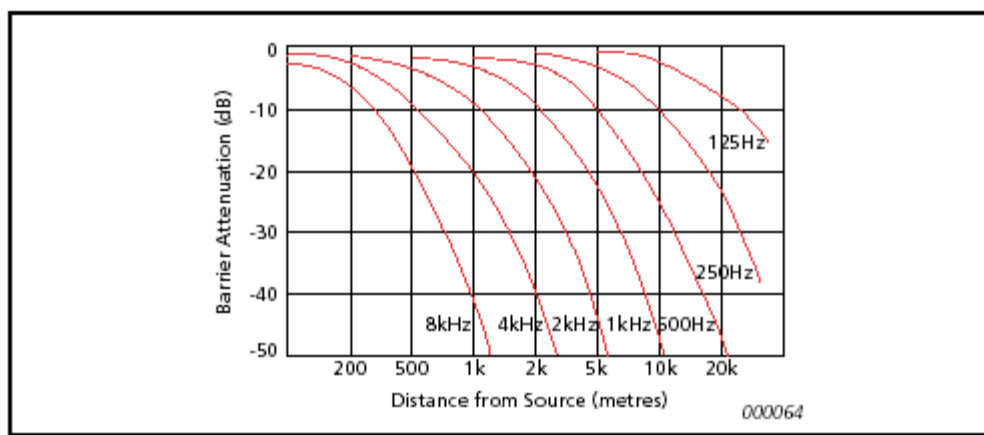
а. снижение уровня шума, связанное с преодолением барьера (дБ); б. частота (Гц).

Атмосферное поглощение

Этот предмет является комплексным и может быть представлен здесь лишь в общих чертах. Снижение уровня шума при распространении в воздушной среде зависит от многих факторов, включая:

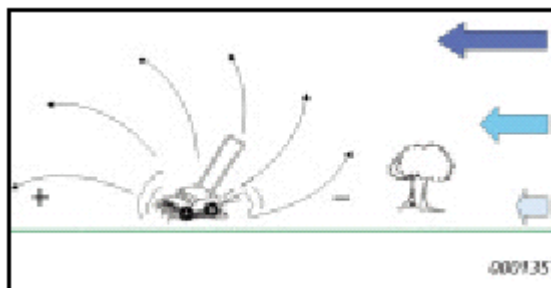
- Расстояние от источника
- Частотные составляющие шума
- Окружающую температуру
- Относительную влажность
- Давление окружающей среды

Первые два фактора, упомянутые выше, оказывают наибольшее влияние на снижение уровня шума и представлены на диаграмме ниже. Подводя итог, можно сказать, что атмосферное поглощение не вызывает сильного затухания низких частот.



а. снижение уровня шума, связанное с преодолением барьера (дБ); б. расстояние от источника шума (м).

Ветер и температура



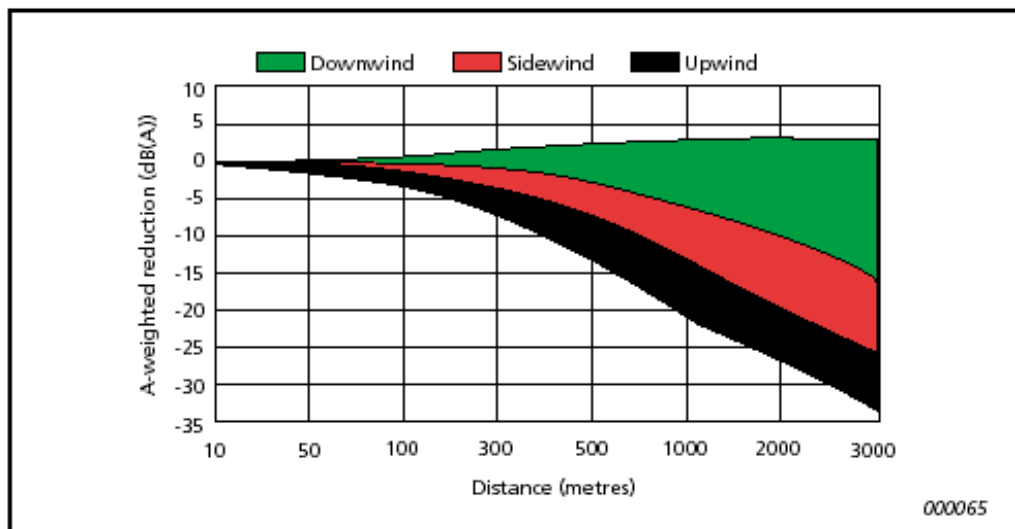
Если структура ветра такова, что его скорость возрастает с высотой, то траектория распространения звука будет загибаться и таким образом "фокусироваться" в направлении движения воздушного потока и создаст звуковую "тень" с наветренной стороны источника.

Почему измерения проводятся с подветренной стороны?

Для проведения измерений на незначительных расстояниях от источника (не более 50 м) влияние ветра на уровень звука не является значительным. При проведении измерений на больших расстояниях влияние ветра становится ощутимо больше.

С подветренной стороны уровень может увеличиваться на несколько дБ, в зависимости от скорости ветра. Но при измерениях с наветренной или боковой стороны уровень может

понижаться более, чем на 20 дБ, в зависимости от скорости ветра и расстояния до источника. Поэтому, для того, чтобы получить надежный результат с минимальными отклонениями, измерения проводятся с подветренной стороны от источника.



а. снижение уровня шума, рассчитанное с использованием весовой функции типа А; б. расстояние (м); в. подветренная сторона; г. боковая сторона; д. наветренная сторона.

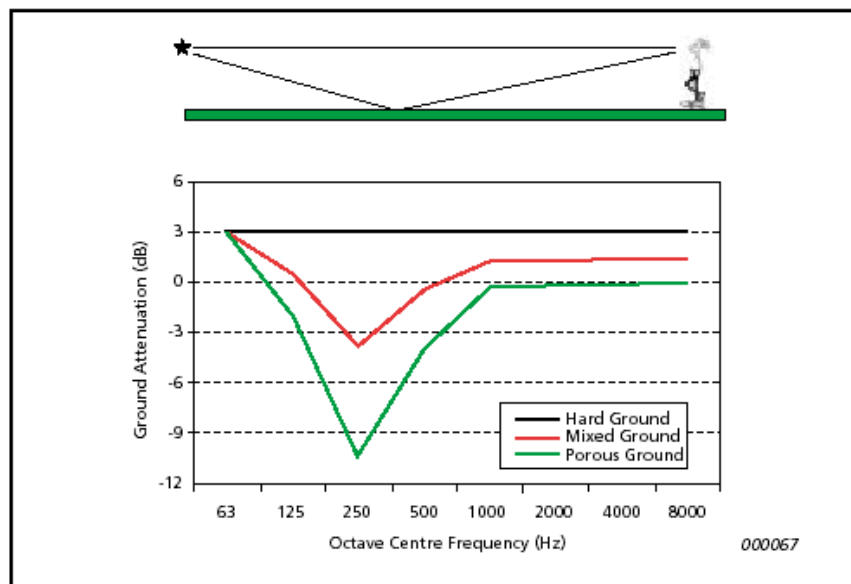
Температура

Влияние градиентов температуры напоминает воздействие градиентов ветра за исключением того, что температурные составляющие однородны во всех направлениях от источника. В солнечный безветренный день уменьшение температуры с высотой создает "теневого" эффект в отношении звука. Ясной ночью температура может увеличиваться с высотой, "фокусируя" звук у земной поверхности.

Эффект воздействия поверхности

В результате контакта с поверхностью отраженный звук становится рассеянным. Воздействие поверхностей различается на акустически твердое (воздействие бетона или воды), мягкое (воздействие травы, деревьев или растительности) и смешанное. Для того, чтобы принять во внимание частотные составляющие источника шума, а также тип поверхности между источником и приемником, поверхностные затухания нередко рассчитываются в диапазонах частот. Атмосферные осадки способны влиять на эффект поверхностного затухания. Снег, например, может стать причиной существенного затухания

либо создать высокие плюсовые градиенты температуры. В инструкциях часто запрещается проведение измерений в подобных условиях.

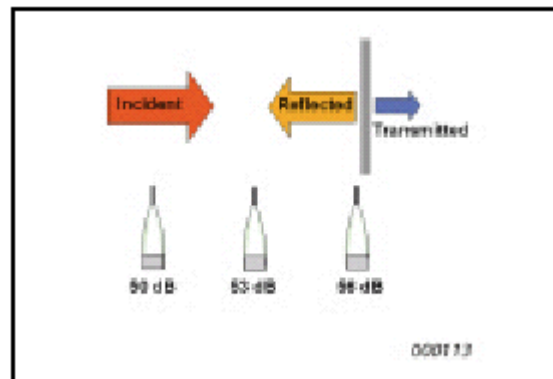


Воздействие земной поверхности при расстоянии 100 метров между источником и приемником. Высота источника и приемника составляет 2 метра.

а. поверхностное затухание (дБ); б. октавная несущая частота (Гц); в. твердая поверхность; г. смешанная поверхность; д. пористая поверхность.

Шум приемника

Отражение



Когда звуковые волны воздействуют на поверхность, часть их акустической энергии отражается от нее, часть передается через поверхность, а часть поглощается. Если величина эффектов поглощения и передачи незначительна, что характерно для зданий, а большая часть звуковой энергии оказывается отраженной, такую поверхность считают акустически твердой. Уровень звукового давления вблизи поверхности, таким образом, состоит из прямого излучения от источника звука и излучения, возникающего в результате одного или нескольких отражений.

Характерно, что звуковой уровень на расстоянии 0,5 метра от стены на 3 дБ (А) выше, чем, если бы не было никакой стены. Многие инструкции требуют расчета величины эффекта отражения с последующим ее исключением из результатов отчета (в свободно - полевых условиях).

Открытые и закрытые окна

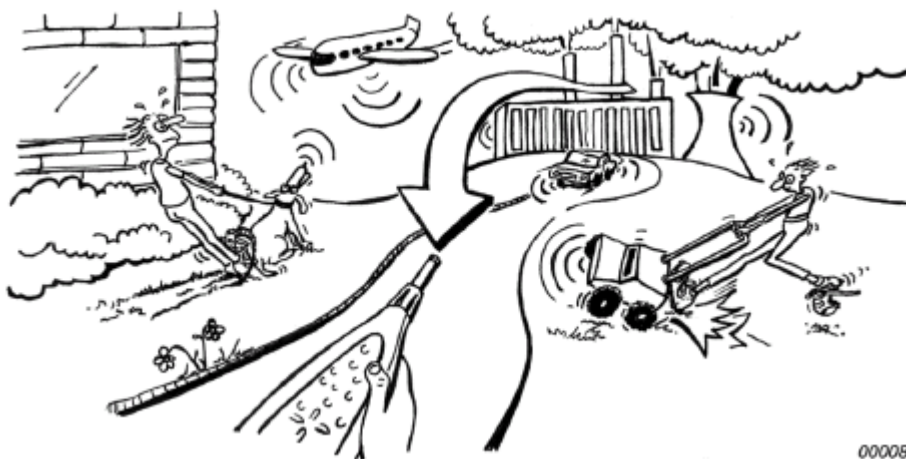
Находясь дома, многие люди вследствие климата или привычки предпочитают оставлять окна закрытыми. Беспокоящие шумы окружающей среды поглощаются зданием обычно на

20 - 30 дБ благодаря защитной звукоизоляции фасада. Окна - акустически слабая сторона большинства зданий, но ситуация не является критичной благодаря применению их специальной конструкции.



В странах с иным климатом люди вынуждены держать окна открытыми и подвергаются полному воздействию шумов окружающей среды. Инструкции по воздействию шумов окружающей среды призывают уделять пристальное внимание методам строительства зданий, а также способу их эксплуатации.

Идентификация источников шума



Оценка шума заключается в определении воздействия отдельно взятого источника шума, например, производственного предприятия. Это не всегда простая задача. Практически любая окружающая среда содержит большое количество различных источников, которые создают окружающие шумы в каждой конкретной точке.

Шум окружающей среды - это комбинация таких шумов, как фабричный шум, шум дорожного движения, водопровода, пения птиц и т.д.

Специфичный шум - это шум исследуемого источника. Специфичный шум является компонентом шума окружающей среды и идентифицируется и связан с определенным источником.

Остаточный шум - это шум окружающей среды без наличия специфического шума. Остаточный шум при некоторых условиях сохраняется уже после того, как источник специфического шума заглушен.

Эта терминология принята стандартом ISO 1996 и нашла широкое применение. Термин

“**фоновый шум**” (не используемый в стандарте ISO 1996) также встречается весьма часто, но его не следует путать с понятием остаточного шума. Иногда он используется для обозначения измеренного уровня, например, когда специфичный источник не слышен, а иногда в качестве значения параметра шума, типа L_{A90} (уровень, превышаемый в течение 90 % времени измерения).

В контексте строительного планирования термин “**исходная точка**” используется для обозначения уровня шума в некоторой точке до начала каких-либо действий, например, расширения производства или возведения преград.

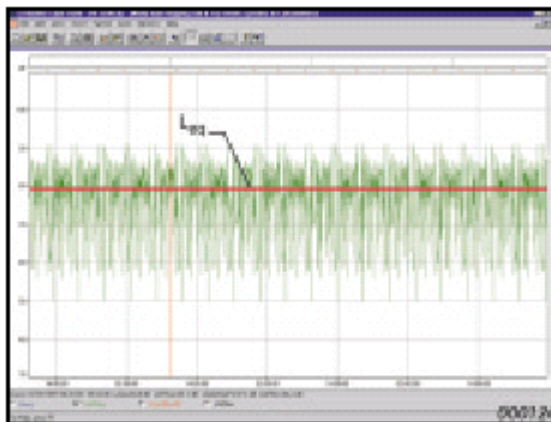
Для оценки специфичных шумов существует широкий спектр различных методов, многие из которых рассматриваются в настоящем буклете. Возникают ситуации, когда для выявления остаточных шумов требуется “заморозить” производство, но существуют и более сложные системы, которые основываются на проведении одновременных коррелированных измерений в нескольких точках на разной удаленности от источника. Для идентификации и документирования источника шума измеренный шум нередко регистрируется при помощи магнитного регистратора DAT (регистратора, использующего цифровую аудиопленку) или непосредственно на ПК.

Измерение шума

Проведение объективных измерений уровней звука является обязательной частью любой программы защиты от шумов окружающей среды. Уровни шума окружающей среды весьма разнообразны: шум часто содержит импульсные или чистые тона. Кроме того, подлежат обработке возникающие помехи от посторонних источников шума (например, лающие собаки, шум эстакады или игра детей).

Правила и стандарты определяют параметры, которые подлежат измерению, и в большинстве случаев предлагают рекомендации по настройке измерительного оборудования в зависимости от различных факторов, например, таких, как метеорологические условия. Кроме того, существуют надежные “практические методы”. Результатом шумовой оценки никогда не выступает отдельно взятое значение, например, 77 дБ. Это чаще всего значение, представляющее собой комбинацию определенных параметров или индикаторов, полученных при известных и фиксированных условиях.

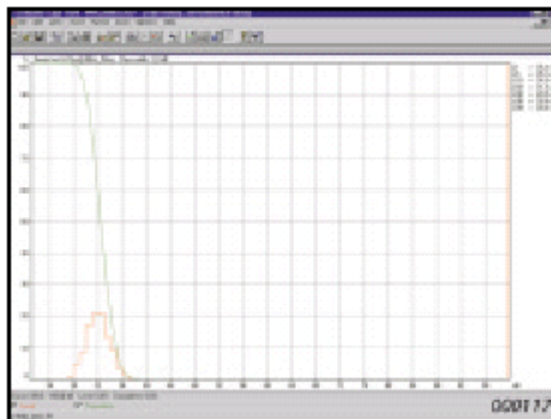
Расчет среднего значения



Оценка колеблющегося уровня шума заключается в получении значения уровня, который в обычной терминологии принято называть “средним”. Метод визуального усреднения основан на использовании звукоснимателя с подвижной катушкой и давно устарел. Параметр L_{A50} , т.е. значение уровня, превышаемое в течение 50% времени измерения, в качестве среднего значения в настоящее время применяется крайне редко.

Так называемый “эквивалент непрерывного уровня звука” L_{eq} признан во всем мире в качестве основного усредненного параметра. Индекс L_{eq} - это уровень, который остается устойчивым в течение всего периода измерения, и представлен количеством энергии колеблющегося уровня звукового давления. Измерения L_{eq} выполняются непосредственно интегрирующим шумомером. L_{eq} - это величина усредненной энергии изменяющегося уровня звука. Этот параметр не отражает прямо величину раздражающего воздействия. Тем не менее, расширенные исследования показали, что индекс L_{eq} имеет определенное отношение к сфере раздражающих эффектов. Следует также принимать во внимание и тот факт, что уровень шума, легко переносимый в полдень в среду, может действовать раздражающе в воскресенье утром. Поэтому в процессе расчетов необходимо использовать и поправки на время суток.

Использование статистических вычислений

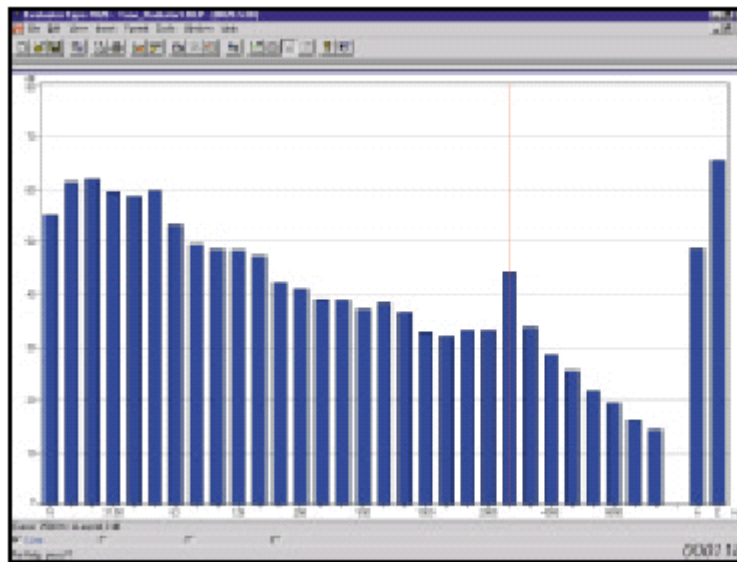


Анализ статистически распределенных уровней звука - весьма полезный инструмент при оценке шума. Анализ не только обеспечивает полезную информацию относительно непостоянных уровней шума, но также принят во многих стандартах в качестве основы для оценки фоновых шумов. Например, параметр L_{90} (уровень, превышаемый в течение 90 % времени измерения) используется для обозначения уровней фоновых шумов, а L_{10} или L_5 иногда применяются для определения звукового уровня шумовых событий.

Продолжительность измерений, равная 7 дням или двум часам?

Идеально точными являются измерения шума в ограниченном эталонном интервале времени. Продолжительность этого интервала может колебаться от двух часов до недели. Иногда по объективным причинам используются более длинные периоды измерений с протяженностью от месяца до года. В таких случаях собираются формуляры значений, поступающие каждую секунду, минуту или четверть часа, которые используются для составления временного архива уровней шума. Однако долгосрочные измерения могут оказаться дорогостоящими и сложными в управлении. Процедура оценки нередко заключается в проведении измерений на основе репрезентативных образцов и объединении результатов этих измерений в едином обзоре. Проведение полномасштабной оценки на основе репрезентативных образцов - весьма трудоемкая процедура. Современное программное обеспечение позволяет автоматизировать эту процедуру и обеспечить получение точных и надежных результатов эффективно и с низкими материальными затратами. Однако в том случае, если в инструкции содержатся указания относительно допустимого предела максимальных уровней, непрерывный мониторинг уровней звука просто необходим.

Широкополосный или частотный анализ?



Индекс L_{eq} , а точнее L_{Aeq} (А-весовой эквивалент непрерывного уровня звука) является наиболее важным. При проведении широкополосных измерений, охватывающих весь слышимый диапазон частот, для оценки шума окружающей среды используется А-взвешивание. В обычной практике частотное взвешивание используется постоянно. Шум с различными тонами, например, шум вентиляторов, компрессоров, или шум пилы, раздражают в гораздо большей степени, чем любые другие типы шумов. Фактор раздражения не принимается во внимание при проведении широкополосных измерений. Для проведения оценки фактора раздражения применяется спектральный анализ. Чистые тона можно оценить субъективно, поскольку возможности человеческого уха позволяют их легко выявлять. Инструкции часто требуют также проведения объективного измерения тонального содержания шума. На практике это осуществляется при помощи 1/3-октавного или узкополосного анализа (БПФ - Быстрое Преобразование Фурье).

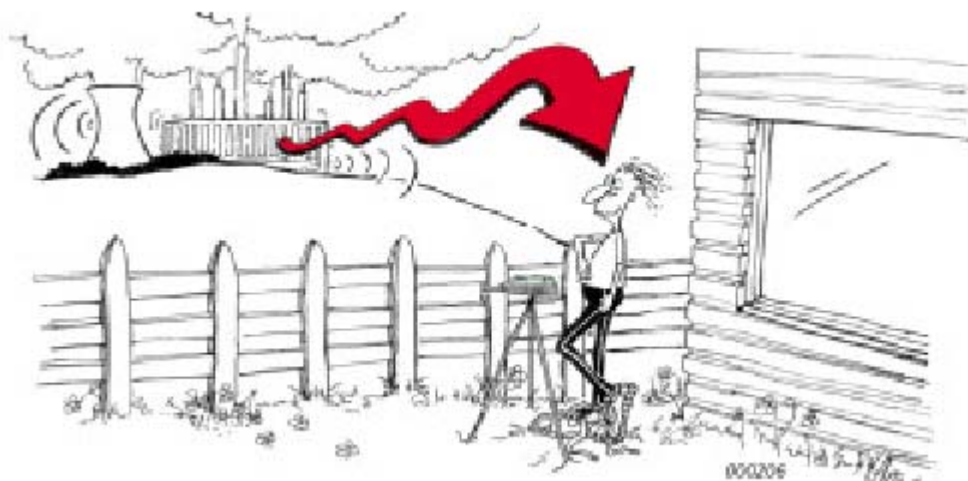
Размещение микрофона

В законодательных актах часто определены места проведения измерений, например, на собственной территории или на территории собственности истца. При измерении необходимо учитывать и другие факторы, так как уровни звука на различной высоте от уровня земли различны. Уровни звука будут различны также на разном удалении точки измерения от фасадов зданий и прочих препятствий. Эти требования должны быть приняты во внимание и выполнены.

Наиболее часто используемые условия проведения измерений:

- на большом расстоянии от фасадов зданий
- на большом расстоянии от препятствий
- с подветренной стороны
- в сухую погоду при скорости ветра менее 5 м/с
- с микрофоном, размещенным на высоте 1,2- 1,5 м над уровнем земли

Однако измерения могут проводиться и на уровне фасадов зданий, а также на других специфицированных высотах (в странах Европейского Союза рассматривается вопрос о принятии в качестве стандартной высоты 4 м).



Калибровка

Насколько необходима калибровка



На практике калибровка шумомеров при помощи акустических калибраторов выполняется перед началом и по окончании каждой серии измерений.

Что вы фактически делаете, когда проводите калибровку - это проверяете чувствительность инструмента на определенной частоте и уровне звука (обычно 1кГц и 94 дБ). Некоторые считают, что необходимость в калибровке отсутствует, так как современная аппаратура и микрофоны не чувствительны к воздействию температуры, статического давления воздуха или влажности. Несмотря на то, что при использовании наиболее современных приборов это утверждение верно, калибровка необходима по трем причинам:



1. Проведение калибровки гарантирует, что результаты измерений, выполненных в течение рабочего дня, сохранены. Любые отказы датчика или прибора выявляются на месте измерений;
2. Наличие данных калибровки указано в требованиях законодательных актов и стандартах;
3. На результаты измерений могут оказать влияние нештатные условия окружающей среды.

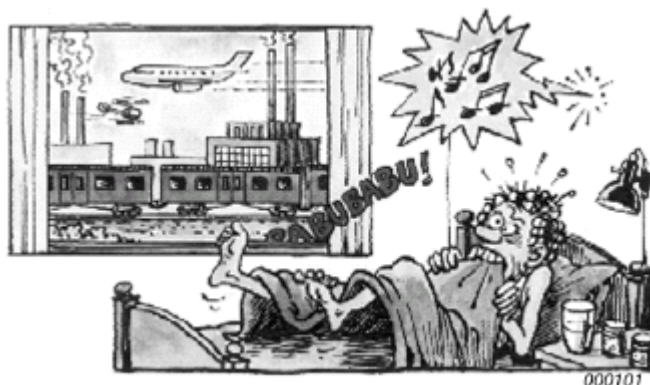
Для профессионалов шумомер и калибратор составляют единое целое. Но для постоянного

обеспечения высокой точности результатов измерений, а также для использования в ходе судебных разбирательств требуется проведение более детальных калибровок и проверок.

Калибровочные сертификаты соответствия

Все признанные фирмы-поставщики звукоизмерительного оборудования снабжают каждый выпускаемый измерительный прибор Сертификатом Соответствия (СОС или МСОС). Этот сертификат означает, что прибор соответствует заявленным спецификациям и соответствующим стандартам. Этот сертификат не может быть использован в качестве калибровочного сертификата. Сертифицированная калибровка шумомера (или акустического калибратора) - это полномасштабная проверка прибора на соответствие определенным стандартам. Сертификат калибровки содержит результаты всех тестов, информацию относительно погрешности калибровки, места и условий проведения калибровки, а также подтверждение возможности оперативного контроля результатов измерений. Особое значение имеет возможность оперативного контроля результатов измерений согласно национальным или международным стандартам, а также аккредитация лаборатории калибровки. Для того, чтобы проверить, аккредитована ли лаборатория, следует обратиться в лабораторию, работающую по всемирно признанной схеме аккредитации, например, по схеме Европейской Аккредитации. Шумомеры и акустические калибраторы, используемые в административных программах измерения шума окружающей среды, должны проходить калибровку ежегодно или раз в два года в аккредитованной лаборатории калибровки.

Оценка уровня шума (Раздражающий фактор и штрафы)



Раздражение, вызванное определенным источником шума у разных людей, различно и, кроме того, зависит от множества неакустических факторов, например, таких, как возвышение источника шума, роль, которую шумовой источник играет в экономике слушателя, а также его личное мнение о данном источнике. Многие годы акустики пытались определить число этих факторов в целях проведения объективной оценки шумовых раздражителей и установления приемлемых ограничений шума. В связи с большой численностью людей, постоянно подвергающихся воздействию шума, их реакции было присвоено усредненное значение, а в качестве числового значения шума в целях определения степени раздражения в отношении общественных масс был выбран индекс уровня оценки L_r .

Уровень оценки определен в стандарте ISO 1996-2 (см. раздел “Международные стандарты”). Этот параметр представляет собой величину воздействия шума, откорректированную с учетом известных факторов, увеличивающих степень раздражения. Параметр используется для сравнения измеренных уровней с шумовыми пределами, которые обычно различаются в зависимости от применения исследуемой собственности (см. раздел “Оценка”). Основным параметром является А-взвешенный эквивалент уровня непрерывного звукового давления или L_{Aeq} .

Формула для расчета уровня оценки (в общих терминах):

$$L_r = L_{Aeq} + K_I + K_T + K_R + K_S$$

где:

K_I - поправка на импульсы

K_T - поправка на тоновое и информационное содержание

K_R - поправка на дневное время

K_S - поправка (положительная или отрицательная) для некоторых источников и ситуаций.

В стандарте ISO 1996-2 указано, что уровень оценок должен определяться в зависимости от интервалов времени, связанных с характеристиками источника/источников и приемника/приемников. Рекомендуемые интервалы времени часто отражены в национальных/местных законодательных актах и стандартах. Способы измерений и определения размеров поправки в каждой стране различны, тем не менее, существуют основные принципы, которые рассмотрены в следующем разделе.

Звуковые ландшафты - качество звука окружающей среды



Текущие исследования взаимосвязи источника шума и реакции на него сосредоточены на многих проблемах, одной из которых является концепция построения звукового ландшафта окружающей среды, которая предполагает сравнение субъективного положительного восприятия звукового ландшафта города и его физических параметров, что во многом напоминает способ определения шумов в процессе проектирования продукта.

Проектирование звукового ландшафта требует объединения талантов ученых, социальных исследователей, архитекторов и градостроителей. Задача проектирования заключается в определении принципов и разработке методов, с помощью которых может быть улучшено качество акустической окружающей среды или звукового ландшафта. Эта задача может заключаться в подавлении некоторых шумов (ослабление шумов), сохранении отдельных звуков (звуковые маркеры), а также в комбинировании и балансировке звуков для создания приятной стимулирующей акустики окружающей среды.

Оценка (Ограничения)

Справочная литература: Регулирующие акты по общественным шумам, Дитер Готтлиб, "Международные Новости. Раздел "Шум", декабрь 1995.

Уровень оценки L_T – какое значение является максимальным?

В международных стандартах определены методы расчета уровня оценки L_T , но не указаны юридические ограничения. Данные ограничения регулируются каждой страной или местными властями самостоятельно. Различия в образе жизни, климате (количество времени, проводимого на открытом воздухе, открытые или закрытые окна) и конструкции зданий делают невозможным согласование шумовых ограничений на международном уровне.

Пример использования шумовых зон						
Зона	Планируемые		Измененные		Опасные	
	Дневные ограни- чения	Ночные ограни- чения	Дневные ограни- чения	Ночные ограни- чения	Дневные ограни- чения	Ночные ограни- чения
Отдыха	50	40	55	45	65	60
Жилая	55	45	60	50	70	65
Смешанная	60	50	65	55	70	65
Промышленная	65	55	70	60	75	70



Три применения ограничений

В качестве примера приведем национальное законодательство Швейцарии, в котором используются три типа ограничений:

1. Оценка проектирования новых, промышленных, транспортных или жилых зон.
2. Ограничения при создании новых жилых сооружений, а также на внесение изменений в них.
3. Опасные уровни для определения высокоприоритетных областей, требующих снижения уровня шума.

Подобные ограничения используются универсально и различаются в зависимости от типа и способа использования указанных в таблице зон.

Два типа ограничений

В большинстве стран применяются абсолютные ограничения. Значения этих ограничений рассчитываются на основе сравнения уровня оценки L_T с фиксированным значением ограничения, например, 50 дБ (А).

Относительные ограничения используются, например, в Великобритании. Для расчета этих ограничений уровень оценки L_T сравнивается с фоновым шумом, соответствующим параметру L_{AF90} .

Промышленные шумы

В соответствии со стандартом МЭК 1996 почти во всех странах для оценки промышленных шумов используется уровень оценки L_T . В то же время в Японии используется параметр L_{50} , а в Бельгии L_{95} . Нормальным считается ограничение в диапазоне 50-55 дБ.

Уровень оценки L_T рассчитывается на основе индекса L_{Aeq} , который является эквивалентом А-взвешенного уровня непрерывного звукового давления с учетом поправки K_T для тональных составляющих и K_I для импульсных шумов.

Эталонные периоды времени различны в каждой стране. В некоторых странах вводят различие день/ночь, в других дневное и ночное время объединяют, а в остальных выделяют, кроме того, периоды отдыха. Для каждого эталонного периода времени используются различные процедуры оценки.

Для определения штрафов за прерывистые шумы в некоторых странах выделяют **наиболее шумный период суток**. Продолжительность этого периода составляет от 5 минут до 1 часа в зависимости от страны.

Эталонные периоды времени			
Страна	День	Время отдыха	Ночь
	(самый шумный период)	(самый шумный период)	(самый шум период)
Австрия	6 - 22 (8 часов)		22 - 6 (0,5 часа)
Бельгия	1 час	1 час	1 час
Канада	7 - 23 (1 час)		23 - 7 (1 час)
Дания	7 - 18 (8 часов)	18 - 22 (1 час)	22 - 7 (0,5 часа)
Франция	7 - 20	6 - 7, 20 - 22	22 - 6
Германия	6 - 22 (16 часов)	Рабочие дни: 6 - 7, 20 - 22 Выходные дни: 6 - 9, 13 - 15, 20 - 22	22 - 6 (1 час)
Гонконг	7 - 23 (0,5 часа)		23 - 7 (0,5 часа)
Италия	6 - 22		22 - 6
Корея	6 - 18 (8 часов)	18 - 24 (4 часа)	24 - 6 (2 часа)
Нидерланды	7 - 19	19 - 23	23 - 7
Швеция	7 - 18	18 - 22	22 - 7
Швейцария	7 - 19		19 - 7
Великобритания	7 - 23 (1 час)		23 - 7 (5 минут)



Поправка на тоновые составляющие варьируется в пределах от 0 дБ (поправка не вводится) до 6 дБ. Некоторые страны в качестве единицы поправки используют отдельно взятое значение 5 дБ, в то же время в других странах это значение рассчитывается в два или несколько этапов. В большинстве случаев наличие тонов определяется субъективно, тем не менее, все более широкое применение находят объективные методы исследований. Эти методы основаны на 1/3—октавном или БПФ (Быстрое преобразование Фурье) анализе.

В разных странах **максимальная поправка на прерывистый шум** может колебаться в пределах до 7 дБ, а для измерений использоваться как субъективный, так и объективный методы. Объективные методы основываются на расчете разницы параметра измерений быстрого и медленного реагирования (например, между импульсным и быстрым А-взвешенным уровнями), или зависят от типа источника с использованием списка источников шума (удары молота, взрывы и т.д.).

Поправки на тоновые составляющие и прерывистые шумы		
Страна	K_T дБ	K_I дБ
Австралия	2 или 5	2 или 5
Австрия	3 или 6	3, если $L_{AIMax} - L_{AFMax} < 2$ дБ 5, если $L_{AIMax} - L_{AFMax} \geq 2$ дБ
Бельгия	-	$L_{AIMax} - L_{AFMax}$, если ≥ 4 дБ
Дания	5	5
Франция	5	3, 5 или 10 в зависимости от продолжительности и $L_{AFMax} - L_{Aeq}$
Германия	3 или 6	$L_{AFTeq} - L_{Aeq}$
Гонконг	3 или 6	3
Корея	-	5
Нидерланды	5	5
Швейцария	2, 4 или 6	2, 4 или 6
Великобритания	5	5

Шум автомобильного транспорта

Самым распространенным источником шума и главной причиной слухового раздражения и беспокойства людей во всех странах мира является шум автомобильного транспорта. Поэтому наибольшее внимание уделяется разработке мер по снижению шума, создаваемого автомобильными дорогами.

Ограничения на уровень шума автомобильного транспорта				
Страна	Индекс	Дневное ограничение	Ограничение на часы отдыха	Ночное ограничение
Австралия	L_{10} , 18 часов	60		55
Австрия	L_{Aeq}	50 - 55		40 - 45
Канада	L_{Aeq}	5		50
Дания	L_{Aeq} , 24 часа	55		
Франция	L_{Aeq}	60 - 65		55 - 57
Германия	L_T	50 - 55		40 - 45
Нидерланды	L_{Aeq}	50		40
Испания	L_{Aeq}	60		50
Швеция	L_{Aeq} , 24 часа	55		
Швейцария	L_T	55		45
Великобритания	L_{Aeq}	55		42

Предпочтительным является применение шумового индекса L_{Aeq} , однако уровень L_T и процентные уровни L_{10} и L_{50} также используются.

Для условий плотного транспортного потока можно предположить, что уровень L_{10} на 3 дБ выше индекса L_{Aeq} , а L_{50} на 1-2 дБ ниже. Используемая при проведении оценки уровня шума продолжительность эталонных временных интервалов различна для разных стран. Эталонный

временной интервал может быть выражен как цельным отрезком, равным 24 часам, так и тремя отдельно взятыми временными отрезками, соответствующими дневному/ночному времени и часам отдыха. Обычно труднее всего рассчитать ночные ограничения. В таблице приведены узаконенные в разных странах расчетные ограничения для новых дорог. Значения ограничений часто превышают рекомендованный организацией WHO (Всемирная организация здравоохранения) уровень 50-55 дБ (А), поэтому почти повсеместно отмечается значительное расширение так называемых “серых” зон.

Шум железнодорожного транспорта

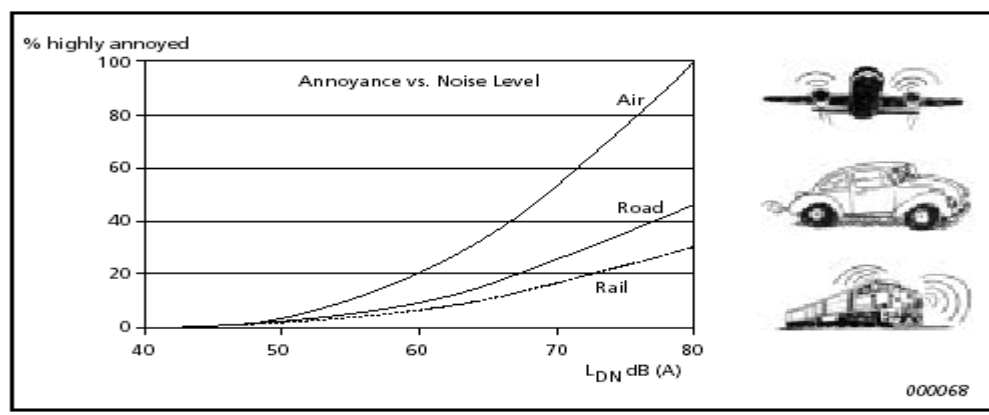
Что касается шума, производимого железными дорогами, то индекс L_{Aeq} является наиболее предпочтительным для измерения уровня шума железнодорожного транспорта. В некоторых странах уровень оценки рассчитывается путем вычитания (в стандартных условиях) из индекса L_{Aeq} значения 5 дБ, так называемый “железнодорожный бонус”.

В Японии при определении уровня шума высокоскоростной линии Шинкансен применяется индекс L_{ASmax} . Как правило, выбор в качестве ограничения только максимальных уровней лишает исследователей возможности учитывать в расчетах количество проходящих поездов.

Используемая при проведении оценки уровня шума продолжительность эталонных временных интервалов различна для разных стран. Эталонный временной интервал может быть выражен как цельным отрезком, равным 24 часам, так и тремя отдельно взятыми временными отрезками, соответствующими дневному/ночному времени и часам отдыха.

Шумовые ограничения для новых железнодорожных линий, проложенных внутри жилых кварталов, составляют 60 - 70 дБ. В некоторых странах железнодорожный бонус включен в значение ограничения.

Величина железнодорожного бонуса рассчитана на основе проведенных в нескольких странах социальных исследований, в ходе которых сравнивался эффект слухового раздражения, характерный для автомобильного и железнодорожного транспорта. Выраженность эффекта тем сильнее, чем выше уровень шума.



- а. % людей, ощущающих сильное слуховое раздражение; б. слуховое раздражение/уровень шум;
в. воздушный транспорт; г. автомобильный транспорт; д. железнодорожный транспорт.

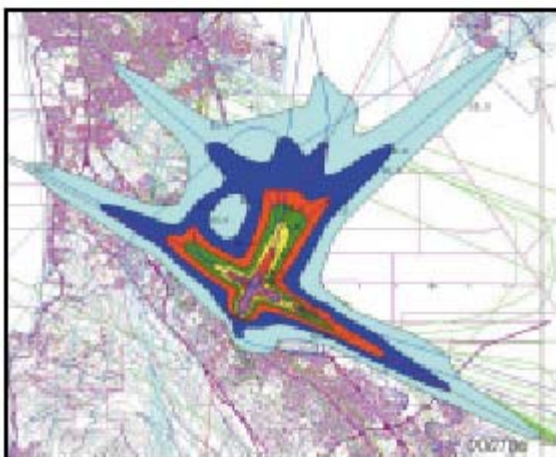
Приведенная выше диаграмма демонстрирует отношение дозы шумовой экспозиции к уровню слухового раздражения для воздушного, автомобильного и железнодорожного транспорта. Показана графическая зависимость между процентом ощущающих сильное слуховое раздражение людей и уровнями L_{DN} (индекс L_{Aeq} с включенной поправкой 10 дБ на шумовое воздействие в ночное время между 22 часами вечера и 7 часами утра). Как видно из графика, по

сравнению с шумом автомобильного транспорта для одного и того же значения L_{DN} уровень слухового раздражения от железной дороги ниже, а от воздушного транспорта выше. Однако в связи с широким разбросом использованных данных график выполняет исключительно иллюстративную функцию.

Шум воздушного транспорта

Основной способ контроля уровня шума аэропортов заключается в шумовом зонировании, применяемом в программах по землепользованию, планированию и созданию шумовой изоляции. Шум от пассажирских самолетов представляет собой проблему только в непосредственной близости от аэропортов, так как именно в этих районах оказываются совмещенными два оказывающих неприятное воздействие на слух параметра: низкая высота полета и высокая мощность двигателя. Однако рост авиационного парка и расширение городов приведет к углублению проблем зашумленности, в то время как снижение уровня создаваемого самолетами шума и наложение жестких ограничений на транспортные маршруты и летные коридоры значительно смягчит их. И как последнее средство, существующие здания можно защитить от шума путем усовершенствования конструкции окон и крыш.

Зональные ограничения на уровень шума самолетов			
Страна	Ограничения отсутствуют	Применение звукоизоляции	Новые здания отсутствуют
Австралия	< 53	53 - 58	> 58
Канада	≤ 57	60 - 62	> 68
Китай	≤ 54		
Дания	≤ 51	> 61	> 51
Франция	< 62	62 - 71	
Германия	< 62	67 - 75	> 75
Япония	< 54	> 69	
Нидерланды	≤ 50	53 - 60	> 50
Новая Зеландия	≤ 52	52 - 62	> 62
Норвегия	≤ 55	55 - 65	> 55
Швеция	< 51		
Швейцария		62 - 72	> 62
Великобритания	≤ 55	55 - 64	> 70
США	≤ 62		> 72
Примечание:	Все ограничения выражены в значении $L_{Aeq, 24\text{ часа}}$.		



Шумовая контурная диаграмма окрестностей аэропорта рассчитана методом INM (Интегрированное шумовое моделирование) на основе предварительных измерений уровней шума.

55 - 60 дБ = голубой
60 - 70 дБ = синий
70 - 75 дБ = красный
75 - 80 дБ = зеленый
80 - 85 дБ = желтый
>85 дБ = розовый

Шумовые контурные диаграммы используются для графического изображения размеров и локализации шумовых проблемных зон. Проставленная рядом с контурной диаграммой каждой зоны цифра указывает значение уровня шума, превышенное в этой зоне. После наложения на карту местности и сравнения с шумовыми ограничениями контурные диаграммы позволяют выделить зоны, в которых должны быть приняты меры по снижению уровня шума.

Шумовой отпечаток - это шумовой контур отдельно взятого самолета или класса самолетов. Шумовой отпечаток можно рассчитать на основе шумовых данных для каждого самолета с учетом летного коридора, режима управления и особенностей рельефа местности. Эти отпечатки позволяют оценить существующее и прогнозируемое шумовое воздействие и помочь в подборе способов снижения уровня шума.

Отчет о результатах измерений



Подготовка отчета о результатах измерений - процедура, значение которой обычно недооценивается. Довольно часто в отчет включаются только маргинальные данные, например, такие, как несколько дискретных значений дБ. Как результат, важная информация отсутствует, что значительно затрудняет процедуру интерпретации отчета. Уровень детализации должен соответствовать задачам пользователей отчета. Для подготовки полного последовательного отчета необходимо обратить особое внимание на реальные условия процедуры измерений.

Неоценимую помощь при подготовке отчета о результатах измерений могут оказать стандарты и практические рекомендации. Ниже перечислены стандарты, которые облегчат выбор необходимой и дополнительной информации для внесения в отчет.

Необходимая информация для включения в отчет (стандарт МЭК 1996):

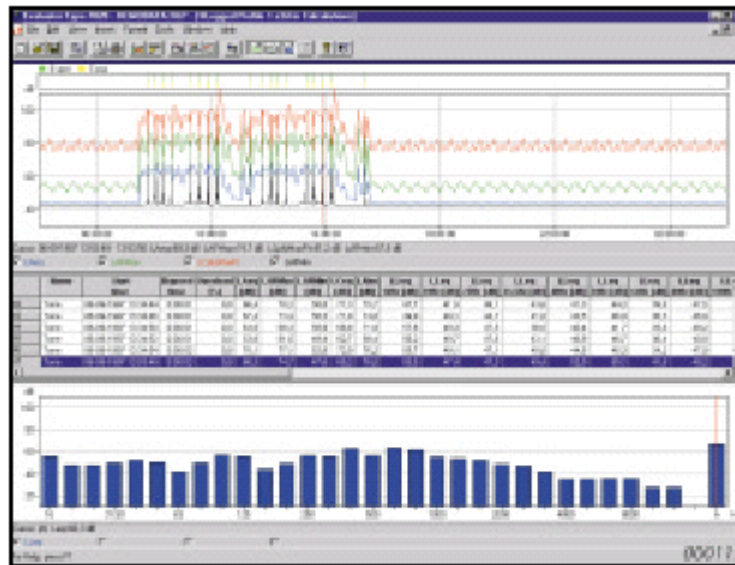
- Результаты измерений
- Метод измерений
- Тип измерительного прибора
- Процедура измерений
- Методы расчетов
- Преобладающие условия
- Атмосферные условия (направление и скорость ветра, наличие осадков, температура, атмосферное давление, влажность)
- Растительность/тип поверхности между источником и приемником

- Изменчивость источника шума
- Данные калибровки
- Дата, время начала и окончания измерения
- Количество выполненных измерений
- Описание исследуемых источников шума

Дополнительная информация для включения в отчет:

- Цель измерений
- Привлеченный стандарт
- Использованное оборудование (с указанием серийных номеров)
- Карта с обозначением местоположения источников шума, соответствующих объектов и наблюдательных точек.

Не менее важно, чтобы отчет был написан простым в понимании и удобочитаемым языком. В зависимости от будущей аудитории отчет можно дополнить графиками, рисунками и иллюстрациями, которые иногда помогают в объяснении содержания. В других случаях достаточно использование текста и цифр.



В том случае, если составляется много отчетов о результатах измерений, возникает необходимость в создании подробного архива данных. Ведение структурированного учета может оказать неоценимую помощь в том случае, если требуется выполнить поиск данных для сравнения старых и вновь полученных результатов измерений. Множество профессиональных пакетов программ для ПК обеспечивает самые современные требования к детализированному учету результатов измерений. Эти программы значительно облегчают перенос данных из памяти измерительной аппаратуры, подготовку структурированных отчетов, процедуру архивирования и поиска данных, а также непосредственную распечатку и экспорт данных, что позволяет сэкономить ценное время профессионального акустика.

Расчет уровней шума (Шумовое прогнозирование)



Расчет уровней шума в точке приемника или распространение шума от одной до другой точки часто из-за огромного объема данных, характерных для измерений в реальном масштабе времени, может быть выполнен только при помощи компьютера.

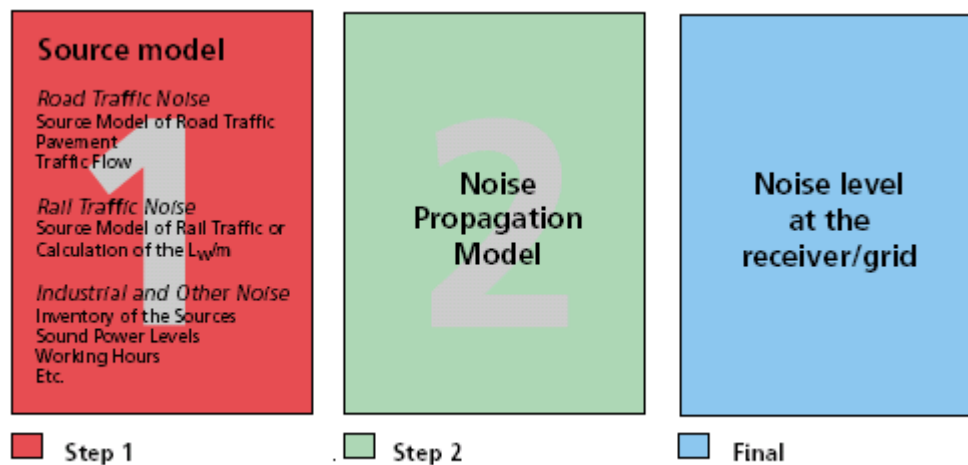
Уровни шума в точке приемника можно не измерять, а рассчитать. Можно также рассчитать и уровень распространения шума от одной точки измерений до другой.

В перечисленных ниже случаях для определения уровня шума предпочтительнее выполнять расчеты, которые могут представлять собой единственно применимый на практике метод:

- При измерении уровня шума в условиях сильного “загрязнения” высокочастотными фоновыми шумами, например, при определении шума промышленного предприятия, расположенного в непосредственной близости от нагруженной автомобильной трассы
- При необходимости составления прогнозов относительно будущих уровней шума
- Для сравнения альтернативных сценариев развития района и снижения уровня зашумленности
- При создании шумовых контурных диаграмм
- В случае ограниченного доступа к точке измерений.

Расчет обычно выполняется в соответствии с алгоритмом действующего стандарта. Такой алгоритм обычно разрабатывается на национальном уровне или на уровне промышленного сектора и часто зависит от типа источника.

Алгоритмы часто “завязаны” на источник, поэтому их применение ограничивается только конкретным источником шума. Исключение из этого правила составляет только международный стандарт МЭК 9613, в котором уровни шума в точках приемника определяются на основе уровней звуковой мощности идентифицированных источников. Использование для определения уровней шума уровней звуковой мощности обеспечивает независимость стандарта от типа источника шума (однако стандарт содержит ограничения относительно источников высокопрерывистых шумов и высокоскоростных источников).



000128

а. Модель источника

Шум автомобильного транспорта

Создание модели источника шума автомобильного шоссе

Тротуар

Автомобильный поток

Шум железнодорожного транспорта

Создание модели источника шума железной дороги или

Расчет индекса $L_{W/m}$

Промышленный и другие виды шумов

Список источников шума

Уровни звуковой мощности

Рабочие часы

и др.

Этап 1

б. Модель распространения шума

Этап 2

в. Уровень шума в точке приемника/на акустической решетке.

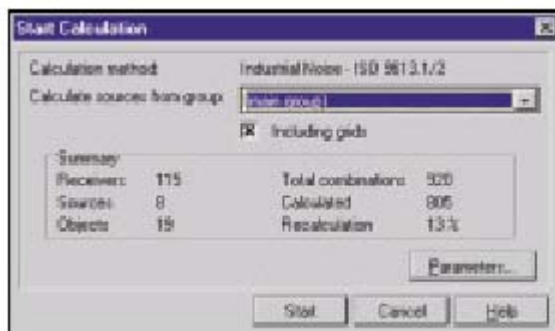
Заключительный этап

Все алгоритмы основаны на построении модели в два этапа: на первом этапе моделируется шумовой источник, а на втором этапе создается модель распространения шума (от эталонной точки к заданной точке), что позволяет рассчитать уровни шума в исследуемой точке.

Проверка алгоритмов обычно выполняется с привлечением многочисленных результатов измерений и нескольких сценариев испытаний, допустимая поправка аналогично процедуре измерений составляет 3 дБ.

Несмотря на наличие более совершенных методов, большинство находящихся в широком применении стандартизированных алгоритмов выработаны эмпирическим путем и основаны на простейших законах физики. На практике многие алгоритмы можно реализовать при помощи всего лишь ручки и листа бумаги. Однако из-за огромного количества расчетных точек и исследуемых источников шума для ускорения процедуры расчетов, анализа, представления результатов измерений и составления отчетов используются компьютеры.

Для расчетов применяется компьютерная модель окружающей среды с указанием идентифицированных шумовых источников, топографических параметров и особенностей местности, влияющих на распространение шума до исследуемых точек (приемника). В модель закладывается одна или несколько расчетных точек и в компьютер вводится задача оценки уровней шума модели. Как правило, рассчитываются долгосрочные уровни L_{Aeq} , однако могут быть рассчитаны и уровни октавного диапазона.

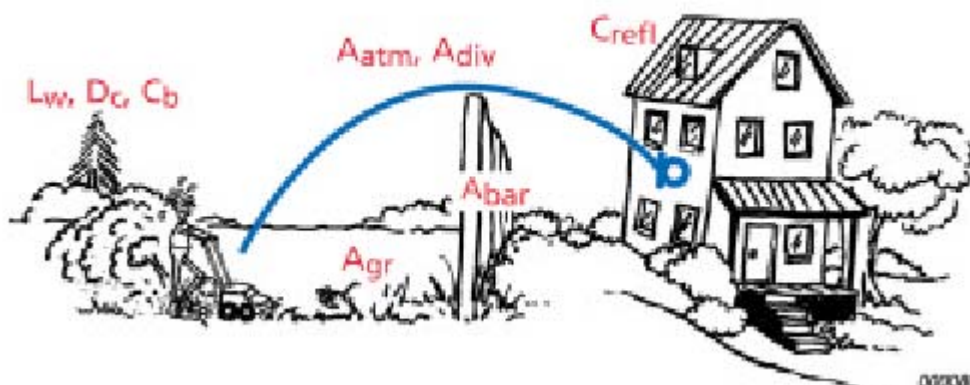


Для расчета уровня шума восьми источников в 115 принимающих точках требуется выполнение 920 расчетных операций в каждой полосе частот и для каждого значения ослабления.



Упрощенная модель перекрестка сельской автомобильной дороги с указанием источников шума автомобильного транспорта, районов с акустически жесткой почвой, топографических контуров и нескольких точек приемников шума, расположенных на фасадах зданий.

Алгоритмы



В основном, алгоритмы просты для понимания. Уровень звукового давления в заданной точке, созданный источником шума определенной силы, можно определить при помощи следующего уравнения:

$$L_P = L_W + D_c + C_b - A_{propagation}$$

где:

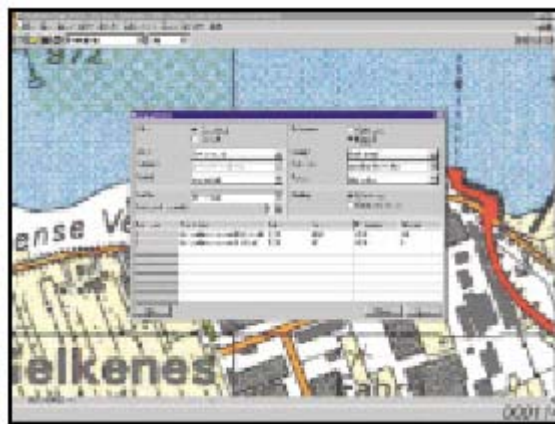
L_P - эквивалентный уровень шума в точке приемника в дБ;

L_W - уровень звуковой мощности источника шума в дБ (этал. зн. = 1 пВт);

D_c - поправка направленности в дБ, используется в том случае, если звук от источника шума распространяется в разных направлениях неравномерно;

C_b - поправка в дБ для источников с переменной активностью. Например, в том случае, если источник активен только 12 часов в день, долгосрочный уровень снижается на 3 дБ.

$A_{propagation}$ - ослабление распространения шума в дБ.



Отдельные правила алгоритма и точки, в которых их можно зарегистрировать.

Каждое правило ослабления заданного алгоритма можно подразделить на несколько чисто физических эффектов (см. ниже):

$$A_{propagation} = A_{div} + A_{atm} + A_{gr} + A_{bar} + A_{misc} + C_{refl}$$

где:

A_{div} - ослабление в результате геометрического распространения;

A_{atm} - ослабление в результате абсорбции воздуха;

A_{gr} - ослабление в результате абсорбции/отражения земной поверхности;

A_{bar} - ослабление в результате свободно-полевой дифракции препятствия;

A_{misc} - ослабление в результате воздействия различных эффектов (погодные колебания, дисперсия от сложных акустических конструкций, например, таких, как трубопроводы);

C_{refl} - коррекция с учетом фактора отражений.

Все указанные правила можно применять при расчетах широкополосных (дБ (А)) или октавных уровней, которые в дальнейшем суммируются для определения широкополосного уровня. В целом, расчеты в октавном диапазоне отличаются более высокой точностью и значительно упрощают последующий анализ данных и снижение уровня шума в заданных пределах.

Проверки на достоверность обеспечивают оптимальную точность результатов измерений

Подобно процедуре измерений расчеты также требуют калибровки. При настройке расчетов контрольные измерения выполняются в заданных точках, для которых можно сравнить измеренные и расчетные значения уровней шума.

Однако в отличие от режима измерений, настройка процедуры расчетов выполняется по окончании первого расчета и применяется для достижения оптимальной точности результатов расчетов.

Особое внимание следует обратить на соответствие активности источника, зарегистрированной в процессе измерения, и расчетной. При расчете долгосрочного усредненного уровня L_{Aeq} вносится долгосрочная погодная поправка. Однако сравнение результатов измерений и расчетов должно выполняться в стабильных погодных условиях при направлении ветра от источника к приемнику (с подветренной стороны). Использование результатов измерений, выполненных в течение лишь одного дня, как правило, приводит к появлению постоянной погрешности, связанной с нетипичностью атмосферных условий (ветра) и состояния земного покрова. Величина такой погрешности может составлять до 10 дБ. Кроме того, результаты измерений не соотнесены с одним источником шума и содержат погрешности других, не исследуемых источников. Поэтому для того, чтобы удалить “лишние” погрешности, рекомендуется проведение долгосрочного мониторинга с заключительной обработкой результатов измерений.

Иногда, например, при исследовании вариантов будущих сценариев невозможно выполнить проверку расчетов на основе сравнения с результатами измерений. В этом случае для обеспечения оптимальной точности результаты расчетов можно тщательно проанализировать или сравнить с результатами, полученными в аналогичных ситуациях.

Точность расчетов



Точность конкретной процедуры расчетов зависит от нескольких факторов. Самые важные из них: сценарий, уровни, диапазон, входные данные и квалификация пользователя.

Алгоритмы оптимизированы для использования с несколькими сценариями. Так, например, стандарты, применяемые для расчетов уровней шума автомобильного и железнодорожного транспорта, основаны на данных по шумовому излучению транспорта, заложенных в национальные базы данных. Поэтому в других странах, где, возможно, преобладают более старые автомобили других моделей и значительно отличаются традиции вождения и условия работы транспорта, применение этих стандартов может быть ограничено. Таким образом, для разных расчетных уровней точность расчетов может быть различной, а оптимальная точность зарегистрирована в пределах как узкого, так и широкого диапазона уровней шума. Важно отметить, что в большинство алгоритмов заложены специальные условия, обеспечивающие высокую точность расчетов в широком диапазоне шумовых уровней.

Еще большую проблему представляет обеспечение качества входных данных, так как именно от них во многом зависит точность конечного результата. Топографические данные, уровни

звуковой мощности механизмов и данные о транспортном потоке - это та информация, которую следует выбирать особенно тщательно.

Сравнение с результатами измерений позволило улучшить расчетную модель и получить среднюю разность менее 2 дБ, а максимальную разность 2,6 дБ.

Количество ошибочных данных можно значительно сократить, используя для создания топографических контуров файлы GIS и AutoCAD и выполняя в полевых условиях измерения уровней звуковой мощности, а в заданных проверочных точках подсчет плотности транспортного потока. И, наконец, в оптимизации результатов расчетов важную роль играют квалификация и практический опыт пользователя, заложенные в оценку шума окружающей среды и применение собственно алгоритма расчетов.

При правильном внедрении в различные сценарии, для которых они были разработаны, алгоритмы обеспечат глобальную точность в пределах 3 дБ.

Сравнение результатов расчетов и результатов измерений

Преимущества	Недостатки
• Подробная информация о критических источниках шума, многочисленных точках измерений • Независимость от метеорологических условий • Возможность оценки гипотетических ситуаций • Простота обновления данных • Низкая чувствительность к фоновому шуму	• Обработка большого объема данных (шумовых и геометрических) • Точность конечного результата в значительной степени зависит от навыков и опыта “моделирования” акустика.



Как результаты измерений, так и результаты расчетов можно использовать для оценки уровня шума окружающей среды. Дополнительные способы применения расчетов включают идентификацию выступающих шумовых источников для снижения уровня шума, управление уровнем шума окружающей среды путем проведения исследований возможного влияния, которое может оказать изменение параметров шумовых источников, а также построение шумовых карт (см. следующий раздел “Планирование”).

Планирование

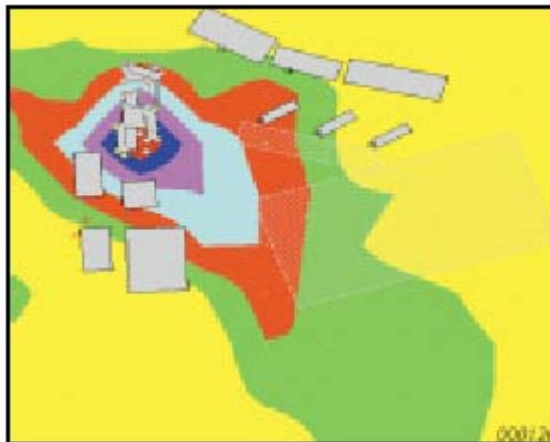
Планирование - важная составляющая управления зашумленностью городов, которую следует рассматривать на двух уровнях:

- Глобальный уровень. На этом уровне обсуждаются вопросы непрерывного контроля уровня зашумленности огромных территорий, направленного на предотвращение возникновения шумовых атак и оптимизацию использования ограниченных ресурсов.
- Локальный уровень. Выполняется оценка отдельных ситуаций перед их практическим внедрением. Такая оценка, называемая оценкой влияния окружающей среды, часто предшествует выдаче разрешения на строительство новостроек и составлению стратегических шумовых карт, необходимых для оптимизации управления городскими шумами.



000099

Локальный уровень



Во многих странах оценка влияния окружающей среды должна выполняться, например, перед тем, как может быть выдано разрешение на строительство новой фабрики или расширение автомобильного шоссе. Часто предъявляется требование выполнить оценку шумового воздействия или путем выработки мер, которые позволят избежать превышения установленного шумового ограничения, или на основе сопоставления последствий воздействия шума и других факторов окружающей среды с социально-экономическими преимуществами рассматриваемого предложения. В результате проведения оценки для того, чтобы проект был одобрен, может быть выработано решение о разработке альтернативных предложений, направленных на снижение шумового воздействия на окружающую среду.

Инструментальные средства, применяемые для оценки шумового воздействия, включают:

- Шумовые контурные диаграммы
- Расчет взвешенного шумового индекса
- Оценка стоимости затрат и эффективности мероприятий по снижению уровня шума
- Таблицы, содержащие репрезентативные данные о количестве людей, подверженных воздействию определенных уровней шума

Взвешенные шумовые индексы

Взвешенный шумовой индекс определяет количество строений, на которые воздействует фактор шумового раздражения исследуемого источника шума. Этот источник может быть спроектирован так, что взвешенный шумовой индекс, равный 0, будет указывать на приемлемые уровни шума, так как все уровни расположены ниже рекомендованных ограничений. Ниже приведены значения взвешенного шумового индекса, одобренные датским законодательством для оценки уровня шума при строительстве новых дорог.

1	2	3	4
L_{DEN}	Фактор шумовой экспозиции	Кол-во людей (1000)	Экспозиция населения (2 x 3)
<45	0,0	20	0
46 - 50	0,1	30	3
51 - 55	0,2	40	8
56 - 60	0,4	65	26
61 - 65	0,8	60	48
66 - 70	1,5	20	30
71 - 75	3,0	10	30
<76	5,0	5	25
ИТОГО:		250	170

Для расчета стандартного взвешенного шумового индекса необходимо сгруппировать реквизиты исследуемой области по принципу использования (например, жилой сектор, торговые или промышленные районы). Распределить группы реквизитов с учетом уровней шума по категориям, сформированным с шагом в 5 дБ. Умножить количество реквизитов в каждой категории на фактор слухового раздражения, определенный на основе уровня шума. Чем выше уровень шума, тем выше фактор слухового раздражения.

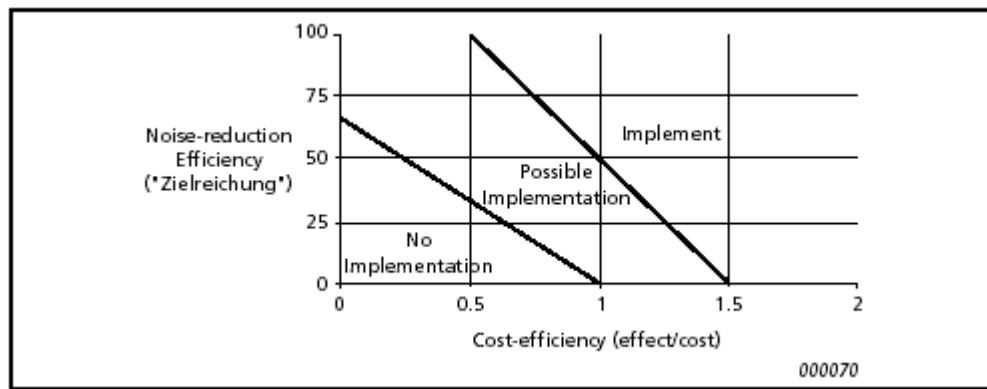
Суммирование указанных выше индексов, рассчитанных для разных классов реквизитов, дает значение суммарного взвешенного шумового индекса, который можно использовать для оценки влияния новостройки на уровень шума окружающей среды и для сравнения альтернативных вариантов. Чем ниже взвешенный шумовой индекс, тем ниже шумовое воздействие проекта.

Некоторые индексы вместо количества строений отражают количество подверженных шумовому воздействию людей и поэтому называются индексами шумовой экспозиции населения. Примером такого индекса могут служить индекс шумового воздействия, предложенный Национальной академией наук США.

Взвешенный шумовой индекс рассчитывается путем умножения количества людей на фактор шумовой экспозиции. Выше приведен пример гипотетических расчетов, в результате которых был рассчитан индекс, равный 170.

Стоимость затрат и эффективность мероприятий по снижению уровня шума

В Швейцарии оценка мероприятий по снижению уровня шума окружающей среды проводится путем сравнения эффективности мероприятия по снижению шума до требуемого уровня с затратами на это мероприятие. Если мероприятие позволяет снизить уровень шума ниже утвержденных законом пределов во всех заданных районах и требует низких затрат, то реализуется на практике. Мероприятие, которое не приводит к снижению уровня шума ниже утвержденных законом пределов во всех заданных районах и/или требует высоких материальных затрат, не утверждается. На приведенном ниже графике изображена серая область, в которой принимаемые решения будут находиться под влиянием других факторов (см. ниже).



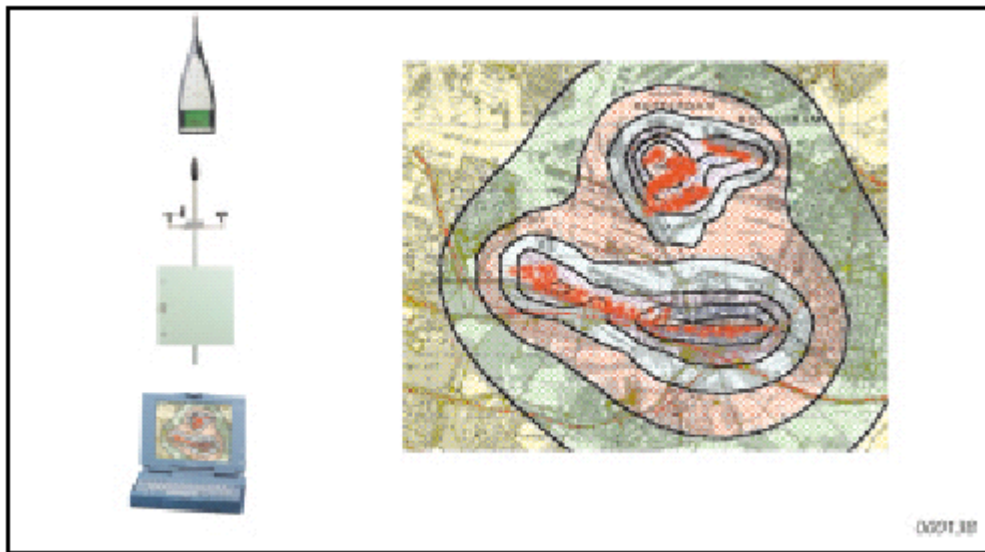
Будет ли реализовано мероприятие по снижению уровня шума зависит от стоимости затрат на это мероприятия и от способности принимаемых мер снизить уровень шума ниже установленных пределов.

а. эффективность снижения уровня шума (Zielreichung); б. стоимость затрат (эффективность/затраты); в. не утверждается; г. возможно будет реализовано; подлежит выполнению.

Глобальный уровень

Глобальное или стратегическое шумовое планирование направлено на предотвращение возникающих шумовых атак и оптимизацию использования ограниченных ресурсов путем составления шумовых диаграмм и управления уровнем шума окружающей среды таких огромных массивов, как, например, территории городов.

Построение шумовых диаграмм уже нашло широкое применение в области управления шумом аэропорта. На приведенном ниже рисунке изображены “отпечатки” аэропорта с уровнем шума 65 дБ и 55 дБ, предназначенные для оценки возможности строительства дополнительных взлетно-посадочных полос и выбора способа защиты местных жителей от новых шумовых источников.

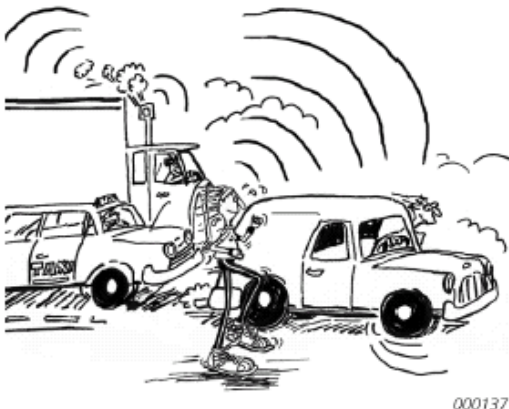


Для построения шумовых диаграмм можно использовать

- графики на основе результатов измерений, полученных в результате долгосрочных и краткосрочных наблюдений за уровнем шума;
- графики на основе результатов измерений, полученных на станциях непрерывного мониторинга;
- результаты расчетов.

В то время, как проблема шума становится все более насущной, страны Европейского Союза с 1996 года заняты разработкой Основ политики Европейского Союза в области шума, основанной на Зеленой книге о перспективной политике в области шума. Этот документ будет содержать инструкции относительно использования шумовых диаграмм, типа шумовых диаграмм, которые следует создавать, и способа их создания. Предлагается создавать шумовые диаграммы с учетом индексов L_{DEN} и L_{night} (L_{Aeq} для ночного времени) для каждого типа источника (автомобильные, железные дороги, промышленные предприятия и т.д.), расположенного на высоте 4 м над земной поверхностью. Накопление уровней шума, генерируемых разными источниками, может быть выполнено утвержденным методом. Европейский Союз работает над тем, чтобы для всех городов с населением более 250000 жителей были составлены шумовые диаграммы транспортного и промышленного уровней шума с использованием текущих моделей. В дальнейшем планируется создать для этих городов шумовые диаграммы с привлечением согласованных методов.

Снижение уровня шума



Для того, чтобы решить задачу по снижению влияния шума окружающей среды на людей, следует принимать во внимание следующие аспекты:

- Источники шума
- Барьеры
- Типы домов, в которых проживает население

Самым распространенным источником шума окружающей среды является автомобильный транспорт. На шум от автомобилей приходится более 90% недопустимых уровней шума (L_{Aeq} дневного времени > 65 дБ (А)) в странах Европы. Другие

источники транспортного шума, такие, как поезда и самолеты, отличаются локализованным распространением, но и они оказывают раздражающее действие на многих людей.

Уровень уличного шума обычно тем ниже, чем больше расстояние от источника шума, что связано с геометрическим распространением шумовой энергии по большим поверхностям и поглощением шума атмосферой и почвой. Преграды служат дополнительным способом снижения уровня шума.

И, наконец, звукоизоляция зданий, которая выполняет роль последнего барьера на пути назойливого шума окружающей среды.

Источник шума



Многие страны заставляют изготовителей автомобилей и грузовиков выпускать менее шумные модели путем установления пределов уровней шума для отдельных транспортных средств. За последние 20-30 лет ограничения на уровень шума проходящего транспорта были снижены приблизительно на 8 дБ (А) для легковых автомобилей и 15 дБ (А) для грузовиков.

Правительства некоторых стран (например, Норвегии и Италии) приняли законы, обязывающие включать тесты на измерение уровня шума автомобиля в комплекс сервисных услуг. Эти тесты обычно выполняются работниками гаражей как часть общей программы проверки состояния автомобиля; другие владельцы проверяют уровень шума своего автомобиля в специально оборудованных точках. Но, несмотря на принимаемые меры, постоянный рост числа транспортных средств приводит к тому, что суммарный уровень шума не снижается.

Снижения уровня шума можно добиться и улучшением дорожных покрытий. Применение пористого асфальта и новейших “тонких шумопоглощающих поверхностей” продемонстрировало снижение уровня шума на 2 - 6 дБ (А). Внедрение сварных рельсов, уложенных на бетонное ложе с включением эластичных/упругих подушек или матов, позволяет значительно снизить железнодорожный шум.

Барьеры

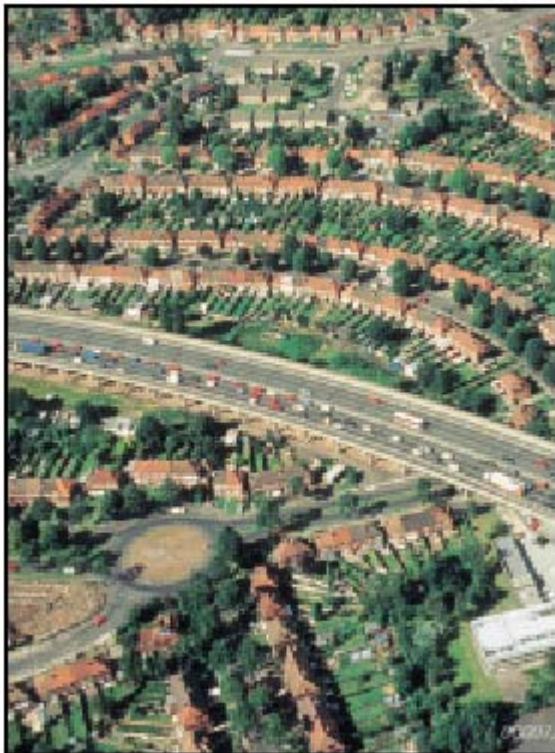
Вполне очевидно, что для снижения уровня шума достаточно переселить людей как можно дальше от источников шума окружающей среды. Однако на практике выполнить это почти невозможно, поэтому можно применить дополнительные способы ослабления шума в виде шумовых барьеров.

Высота барьера и положение источника и/или соответствующего приемника играют решающую роль в том, насколько может быть снижен уровень шума. Сообщается о высокоэффективных

барьерах, высота которых колеблется в пределах от 1,5 м (снижение шума железной дороги в Японии) до 10 м (наземные службы аэропорта в США). Для снижения уровня автомобильного шума обычно используются барьеры высотой от 3 до 7 м. Следует также отметить, что на снижение уровня шума, которого можно достичь, оказывает влияние частотный спектр источника шума. По сравнению с высокими, низкие частоты труднее подавляются барьерами. В некоторых случаях эффективность барьеров можно повысить, применяя звукопоглощающие материалы, избегая создания параллельных отражающих поверхностей и формируя или изгибая барьеры так, чтобы избежать множественных отражений.



Звукоизоляция зданий



Последний способ защиты людей от воздействия раздражающего шума окружающей среды в их собственных домах заключается в том, чтобы обеспечить хорошую звукоизоляцию жилых домов, способную задерживать внешние шумы. Такая изоляция называется звукоизоляцией фасадов и измеряется в единицах стандартизированной разности уровней $D_{nT,tr}$ или индекса снижения уровня шума R'_{tr} .

В разных странах, как видно из приведенных ниже примеров, выработаны различные подходы к решению вопроса звукоизоляции:

- В одних странах требуется соблюдения минимального уровня звукоизоляции фасадов
- В других странах (например, в Великобритании) при слишком высоком уровне шума внешних источников (аэропорты и автомобильные дороги) здания снабжаются дополнительной звукоизоляцией
- Не допускается строительства новых жилых домов в районах со слишком высоким уровнем шума окружающей среды (“Руководство по планированию и строительной политике 24”, действующее в Великобритании)
- Создана классификация суммарных уровней шума внутри помещений (выше 35 дБ (А) считается раздражающим, а ниже 20 дБ (А) классифицирован как очень благоприятный) (“Предложения скандинавских стран: Звуковая классификация жилых зданий. Проект INSTA 122:1997).

Измерения автоматизированные или с участием оператора

Стоит ли находиться на месте измерений

Современное автоматизированное оборудование настолько совершенно, что может работать в полевых условиях в отсутствие обслуживающего персонала, регистрировать уровни шума окружающей среды, а затем отправлять отчеты к оператору, свободно расположившемуся в теплом кресле своего офиса. Чаще всего это самый удобный и экономичный способ оценки уровней шума, необходимость в котором испытывается особенно остро при проведении долгосрочных или одновременных измерений.

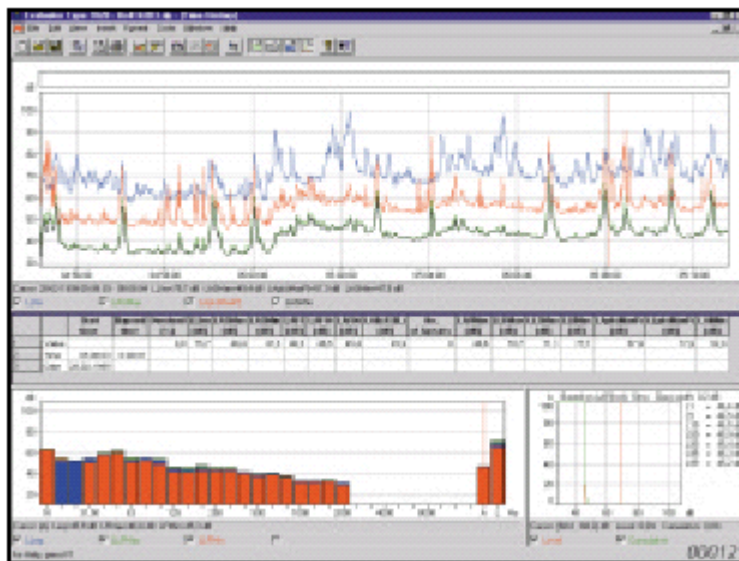
Однако в некоторых случаях присутствие оператора на месте измерений необходимо для того, чтобы:

- изменить или усовершенствовать конфигурацию режима измерений;
- обеспечить репрезентативность результатов измерений;
- идентифицировать и отметить специфические источники шума;
- идентифицировать и отметить остаточный шум;
- предупредить возникновение помех в работе оборудования или в процедуре измерений;
- дать рекомендации рабочим, использующим звукоизмерительную аппаратуру;
- выступить посредником в конфликтах по вопросам окружающей среды.

Участие оператора в процедуре измерений часто необходимо при работе оборудования в сложных условиях: ограничено время, затруднен доступ к измерительной площадке, невозможно подключить оборудование к сети или сетевое питание подается в импульсном режиме, имеет место неожиданное событие или измерение прервано и оператор не сможет выполнить повторные измерения. Поэтому оператору необходимо такое оборудование, которое

- легко транспортируется, конфигурируется и просто в управлении;
- снабжено маркерами для того, чтобы пометить события и источники шума;
- измеряет все параметры одновременно;
- проставляет временную отметку на всех зарегистрированных данных.



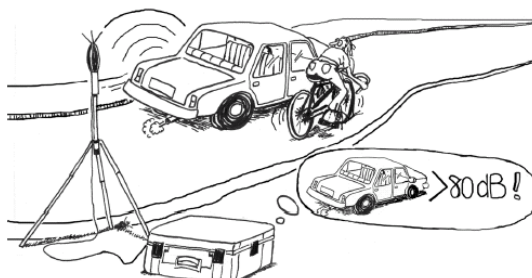


Одновременная регистрация всех параметров обеспечивает получение совместимых данных и часто устраняет необходимость повторного визита оператора на измерительную площадку (который может быть просто невозможен.)



Блок GPS (Глобальная система позиционирования) позволяет вводить в шумомер координаты местоположения измерительной площадки для последующей связи этих данных с результатами измерений уровней шума.

При проведении измерений без участия оператора подготовка аппаратуры и настройка конфигурации приборов должна быть выполнена с особой тщательностью и предусмотрительностью, так как это оборудование должно будет функционировать совершенно самостоятельно. Для нормальной работы звукоизмерительной аппаратуры в автоматическом режиме необходимо обеспечить:



- широкий динамический диапазон;
- оптимальный режим регистрации данных (например, каждую секунду или минуту);
- устройство запуска в ответ на событие для того, чтобы сфокусировать прибор на регистрацию шумовых событий.
- одновременное измерение всех параметров;
- регистрацию уровней шума для идентификации источника шума;
- регистрацию данных о погоде;
- проставление временной отметки на всех зарегистрированных данных;
- память большой емкости для хранения результатов измерений;
- автоматизированный режим калибровки;
- дистанционный доступ к результатам измерений и конфигурации (предпочтительно);
- резервный источник питания;
- всепогодный микрофон и аппаратуру;
- защиту от постороннего вмешательства и животных.

Эффективное сочетание

Наиболее эффективным часто оказывается сочетание измерений с участием оператора с измерениями в автоматическом режиме; в этом случае участие оператора незаменимо при проведении измерений в рамках экспериментальных исследований и в мгновенных проверках на измерительной площадке, а режиму автоматизированных измерений отдается предпочтение при выполнении долгосрочного или непрерывного мониторинга уровней шума.



При проведении автоматизированных измерений микрофону просто необходима защита от ветра, дождя и птиц! Кроме того, микрофон следует разместить так, чтобы к нему был обеспечен свободный доступ для проведения проверок и калибровок.



Для автоматизированных измерений можно использовать и шумомер, который в этом случае следует снабдить защитным корпусом; на фотографии изображен шумомер, укомплектованный дополнительным источником питания, магнитным регистратором DAT, предназначенным для идентификации источников шума, и модемом GSM для беспроводной передачи результатов измерений в ПК, размещенный в офисе.

Непрерывный мониторинг

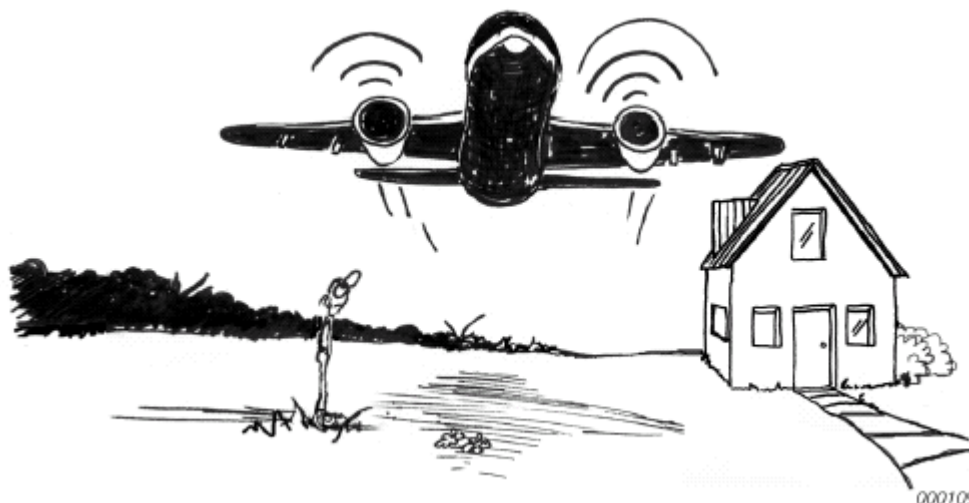
Для сохранения мира и покоя

Непрерывный, 24 часа в сутки, 365 дней в году мониторинг уровня шума обеспечивает постоянный контроль за соответствием уровней шума окружающей среды установленным ограничениям и имеет массу других преимуществ. Все больше и больше организаций становятся пользователями результатов непрерывного мониторинга уровня шума.

Аэропорты

Для большинства крупных аэропортов непрерывный мониторинг уровня шума является ключевым вопросом повседневной жизни, так как жалоба номер один, поступающая от жителей окрестных домов, связана именно с повышенным уровнем шума. Руководством аэропортов разработаны специальные инструкции, направленные на максимальное снижение шумов, возникающих в процессе работы авиационных служб. Работники администрации выражают надежду, что эти инструкции не только обеспечат выполнение всех противозумных правил пилотами и их самолетами, но и предотвратят поступления новых жалоб от местного населения.

Часто возникает потребность в одновременном получении как данных об уровне шума, так и информации о траектории прибывающих или улетающих самолетов. Обычно установленные в аэропорту радары обеспечивают требуемые сведения, и после того, как эти сведения скоррелированы с результатами измерений уровней шума, их можно использовать для определения превышения отдельными самолетами шумовых ограничений.



Города

В процессе непрерывного мониторинга уровня шума городов выполняются измерения в следующих районах:

- промышленная зона;
- строительные площадки;
- главные автомобильные дороги;
- главные железные дороги;
- концертные залы, выставки и спортивные арены.

Этот вид мониторинга обычно выполняется в том случае, если администрацией города наложены жесткие ограничения на зашумленность городских кварталов или для защиты от судебных исков, жалоб и компенсационных требований. Непрерывный мониторинг позволяет определить тенденции шумового развития района и помочь в составлении шумовых диаграмм.



Системы непрерывного мониторинга уровня шума



Станция непрерывного мониторинга в Мадриде

Эти системы выполняют автоматизированную круглосуточную регистрацию данных, обеспечивая сбор результатов измерений уровней шума и других соответствующих параметров окружающей среды.

Все результаты измерений, накапливаемые и временно хранящиеся в памяти терминала системы мониторинга, периодически сбрасываются в центральный компьютер для обработки и длительного хранения. Необходимое количество терминалов системы непрерывного мониторинга зависит от площади охвата и от конкретных потребностей мониторинга. Многие системы имеют от 10 до 30 терминалов, хотя существуют и 100-терминальные системы.

В состав терминала системы мониторинга уровня шума входит всепогодный микрофон, устройство анализа и хранения данных и система передачи информации, например, такая, как наземная телефонная линия.

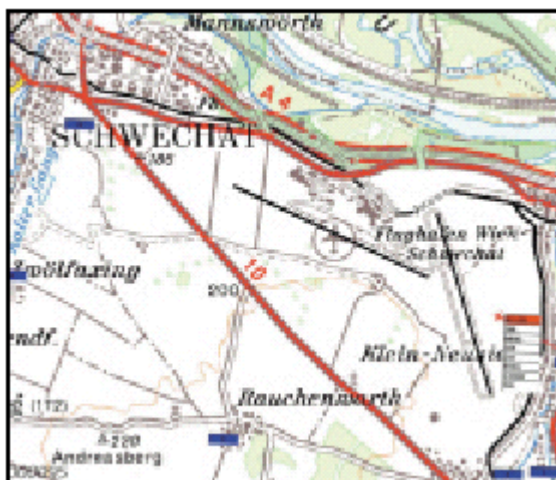
При помощи стандартных анализаторов измеряется широкий спектр шумовых параметров, включая текущие уровни L_{Aeq} и L_N , и выявляются шумовые события. Некоторые анализаторы используются для проведения частотного анализа в 1/3-октавной полосе в реальном масштабе времени, что позволяет выполнить мгновенные расчеты такого индекса, как L_{PN} , который соответствует уровню шума, зарегистрированного при каждом пролете самолета.

Часто посредством линии быстрой связи терминалы системы непрерывного мониторинга соединены с центром управления, в котором осуществляется просмотр и анализ полученных в нескольких измерительных позициях данных. Для того, чтобы помочь общественности осознать истинное положение дел в области зашумления городского пространства и сформировать позитивные общественные отношения с заинтересованной администрацией, усредненные результаты измерений шума, полученные в ходе краткосрочных и/или долгосрочных исследований, можно показать на экране общественной телесистемы.

Кроме того, в качестве мобильных терминалов можно использовать специальные вагоны. Эти модули, в комплект которых, возможно, входит автоматический позиционный идентификатор, часто снабжены устройствами передачи данных в компьютер посредством телефонных линий. В любом случае, для выполнения всех установленных законом операций по сбору данных необходимо наличие аппаратуры Типа 1 (см. раздел “Международные стандарты. Стандарт МЭК 60651”).

В связи с необходимостью непрерывного функционирования в течение длительных периодов времени станции мониторинга подвержены воздействию влаги, температурных колебаний, ветра, коррозии и животных. Самым уязвимым местом системы является микрофон, который представляет собой наиболее незащищенную часть системы. Для того, чтобы избежать повреждений, рекомендуется применять специальный всепогодный микрофон, выполненный из стойких к коррозии материалов и снабженный встроенной защитой от влажности. Дополнительным преимуществом является способность системы мониторинга уровня шума выполнять автоматические акустические верификационные тесты, а также системные проверки, например, калибровку методом инъекции заряда (CIC), направленные на подтверждение стабильности работы системы.

Системы непрерывного мониторинга обычно располагают обширными базами данных, которые незаменимы для анализа данных, исследования шумовых воздействий и оценки состояний, включая периодические просмотры результатов измерений. Функция цифровой картографии системы GIS (Система географической информации) позволяет скоррелировать и объединить данные о шумовых событиях и жалобы местных жителей для того, чтобы продемонстрировать уровень шумовой экспозиции населения и обеспечить высококачественную презентацию результатов измерений.



Станции системы непрерывного мониторинга вокруг аэропорта Вены.

Международные стандарты

Международные стандарты играют важную роль в оценке уровня шума окружающей среды как при непосредственном применении, так и в связи с тем, что оказывают неопределимое влияние и служат в качестве эталонов при подготовке национальных стандартов. В настоящем разделе рассмотрены некоторые из наиболее значимых стандартов.

Вопросами стандартизации занимаются две главных международных организации. Международная организация стандартизации (ISO) отвечает главным образом за разработку вопросов методологии, основная задача которой выработать такие требования к процедуре измерений, чтобы добиться сравнимости результатов измерений. Международная электротехническая комиссия (МЭК) занимается аппаратурой, задача этой организации состоит в том, чтобы результаты измерений всех приборов были совместимыми, а собственно приборы взаимозаменяемыми без значительного снижения точности или потери данных.

Стандарт ISO 1996 - Оценка уровня шума окружающей среды

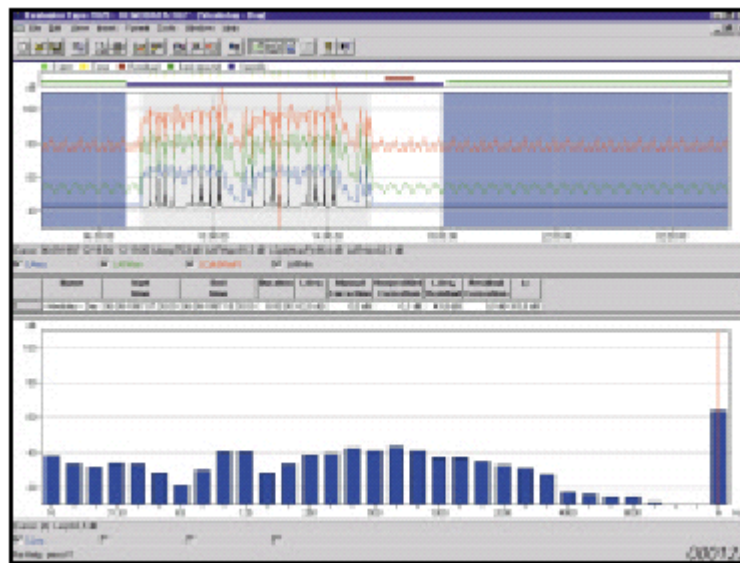
Стандарт ISO 1996 “Акустика - Описание параметров и процедуры измерения шума окружающей среды” - это основной стандарт, в котором выработаны требования к оценке

уровня шума окружающей среды, выступающий в качестве эталонного документа по данной проблеме. Стандарт разделен на три части:

- ISO 1996 Часть 1 1982: Основы количественные параметры и процедуры
- ISO 1996 Часть 2 1987: Сбор данных, относящихся к наземному использованию (уточнен в 1998 года)
- ISO 1996 Часть 3 1987: Приложение к шумовым ограничениям

Этот стандарт содержит базовые термины, включая главный параметр уровня оценки, и описание наиболее успешных примеров применения оценки уровня шума окружающей среды на практике.

Регулярно выполняются ревизии стандарта ISO 1996, которые сфокусированы на постоянном совершенствовании методов измерений на основе применения новейшей измерительной аппаратуры, а также на расширении процедуры измерений, например, за счет включения функции идентификации тонов и предоставления информации, полученной в процессе исследований влияния уровней шума разных источников.



Расчет параметра уровня оценки конкретного источника шума в течение эталонного периода времени включает поправки, например, на содержание тонов.

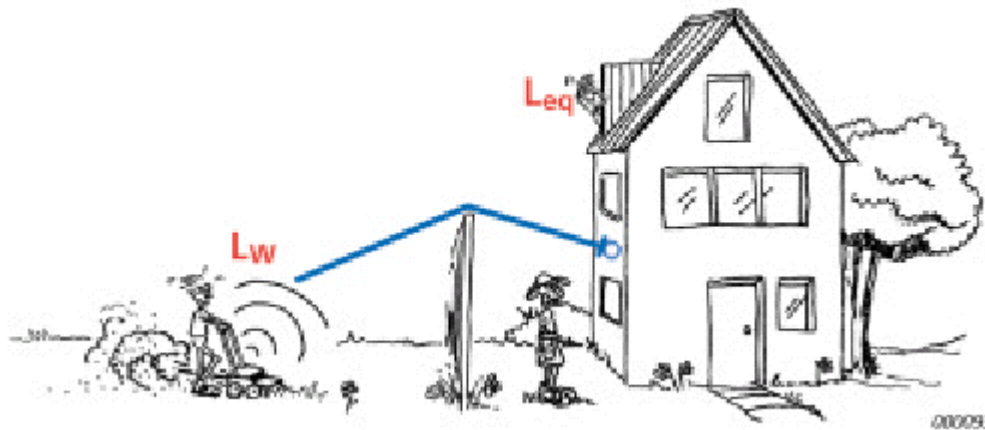
Стандарт ISO 3891 - Мониторинг уровня шума самолетов



В стандарте ISO 3891: “1978 Акустика - Процедура описания шума самолета, воздействующего на стоящего на земле человека” рассматриваются способы мониторинга шума самолетов (измерения и регистрация уровней шума, обработка данных и составление отчетов). В настоящее время этот стандарт пересматривается; предполагается, что в будущем он будет

содержать описание параметров и процедуры измерений шума самолета, воздействующего на стоящего на земле человека, автоматизированной процедуры долгосрочного и краткосрочного мониторинга шума самолета, а также управление шумом аэропорта и использование принадлежащих аэропорту территорий.

Стандарт ISO 9613 - Расчеты



Стандарт ISO 9613 “Акустика - Ослабление шума при распространении звуковых волн во внешней среде” состоит из двух частей:

- ISO 9613 Часть 1 1993: Расчеты поглощения шумов атмосферой
- ISO 9613 Часть 2 1996: Общие методы расчетов

В этом стандарте определен метод расчетов в октавном диапазоне, основанный на использовании точечных источников с заданным уровнем звуковой мощности. Линейные источники создаются на основе точечных источников.

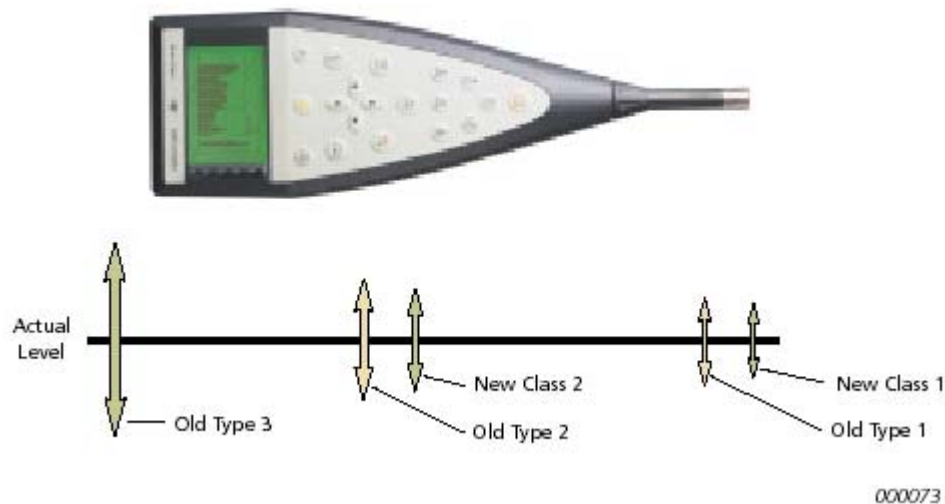
Стандарты МЭК 60651, МЭК 60804 и МЭК 61672 - Шумомеры

Эти три стандарта объединены в одну группу, так как в них идет речь об одном и том же приборе - шумомере. Международные стандарты на шумомеры приняты во всех странах мира. Особая значимость этих стандартов связана с тем, что все стандарты измерений в качестве исходных для определения комплекта необходимой аппаратуры используют стандарты шумомеров.

В большинстве стран для измерений уровня шума окружающей среды используется аппаратура Типа 1.

- МЭК 60651 - Шумомеры (1979, 1993): Классифицирует шумомеры по четырем степеням точности (Типы 0, 1, 2 и 3). Специфицирует характеристики шумомеров, включающие направленность, частоту и временное взвешивание, а также чувствительность к различным окружающим средам. Устанавливает процедуру верификационных испытаний для подтверждения соответствия характеристик шумомера специфицированным характеристикам.
- МЭК 60804 - Интегрирующие-усредняющие шумомеры (1985, 1989, 1993): Дополняет стандарт МЭК 651 описанием указанной в названии модели шумомеров (т.е. шумомеров, измеряющих индекс L_{eq}).
- МЭК 61672 - Шумомеры: Проект нового стандарта МЭК на шумомеры, который заменит стандарты МЭК 60651 и МЭК 60804. Основные изменения: Более жесткие спецификации, исключена модель шумомера Типа 3. Это означает повышение требований к процедуре

испытаний и контролю качества аппаратуры и значительное повышение точности результатов измерений.



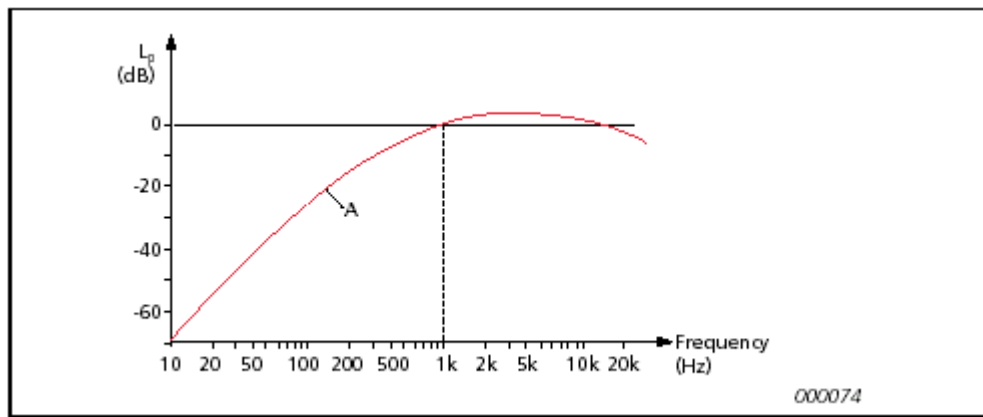
а. фактический уровень; б. старый шумомер Типа 3; в. новый шумомер Класа 2; г. старый шумомер Типа 2; д. новый шумомер Класа 1; е. старый шумомер Типа 1.

Схематическое изображение повышения точности шумомеров после принятия нового стандарта на шумомеры. Стрелками показана относительная погрешность измерений.

Параметры, используемые для измерения уровня шума окружающей среды, и соответствующая терминология

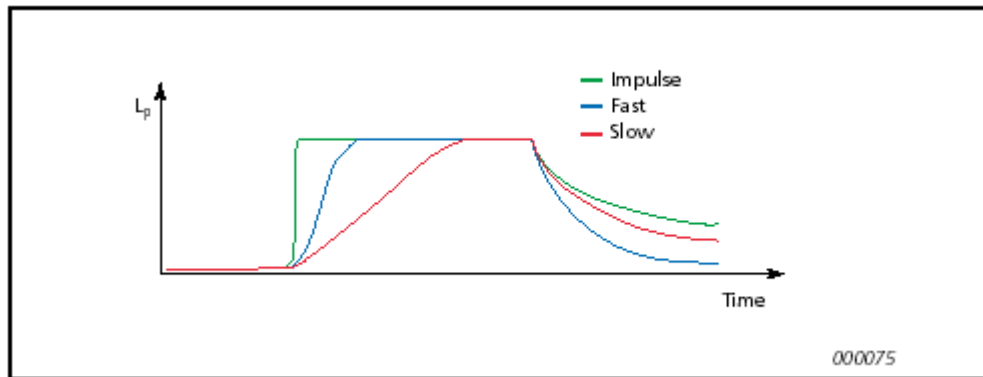
Множество параметров используется для оценки реакции населения на шум окружающей среды. Большой разброс чувствительности отдельных людей к окружающему шуму и огромное число параметров (уровень, частотное содержание, импульсность, неустойчивость и т.д.), характеризующих разные типы источников шума, привели к тому, что для выработки однозначных параметров оценки влияния шума было затрачено много усилий. В приведенном ниже списке суммировано большинство наиболее распространенных параметров.

Частотное взвешивание типа А: Метод частотного взвешивания, при котором электрический сигнал звукоизмерительного прибора имитирует восприимчивость человеческого уха к шуму. Основан на кривой эквивалентной громкости 40 дБ. Символы, обозначающие шумовые параметры, часто содержат букву “А” (например, L_{Aeq}), которая указывает на то, что процедура измерений включает частотное взвешивание.



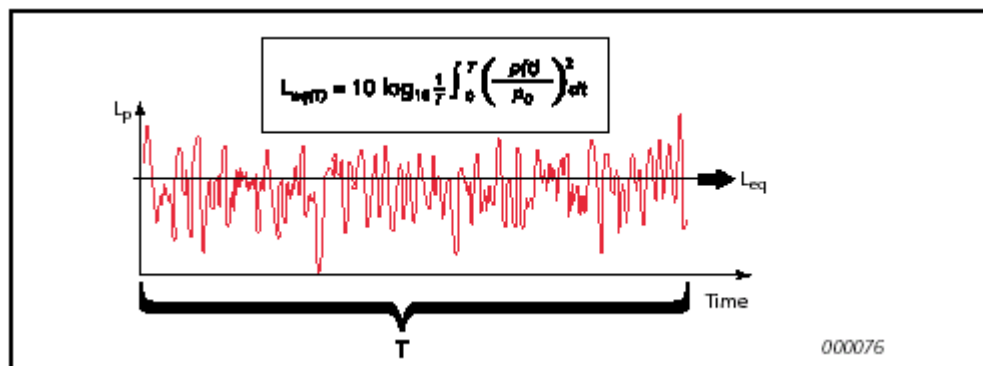
а. частота.

Функции временного взвешивания (Быстрое, медленное, импульсное взвешивание): Стандартизированные значения времени срабатывания, изначально встроенные в звукоизмерительные приборы для визуальной индикации колебаний шумовых уровней. В стандартах на оценку параметров окружающей среды обычно указано, какую функцию временного взвешивания (F(Быстрое), S (Медленное) или I (Импульсное)) следует применить.



а. время; б. импульсное; в. быстрое; г. медленное.

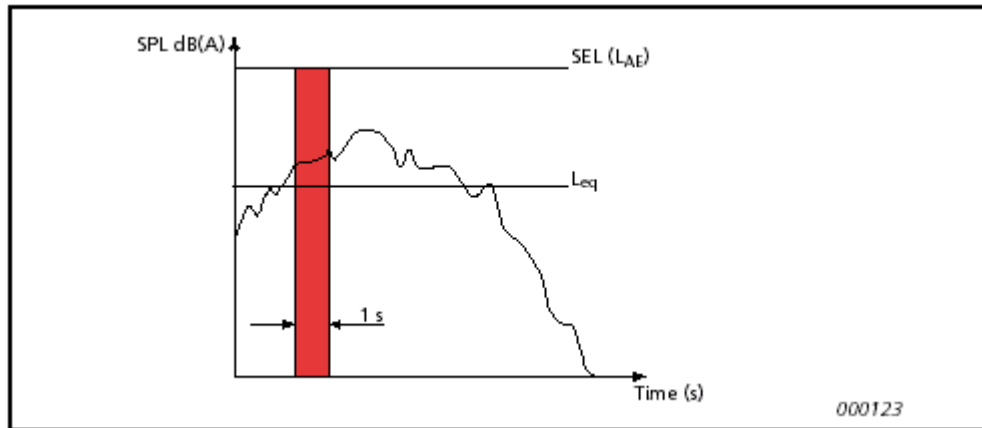
$L_{Aeq, T}$: Широко используемый параметр уровня шума, при помощи которого постоянный уровень шума с одинаковым энергетическим содержанием рассчитывается как измеряемый переменный акустический звуковой сигнал. Буква “А” обозначает, что в параметр включено А-взвешивание, а символ “eq” указывает на то, что рассчитан эквивалентный уровень. Отсюда индекс L_{Aeq} - это А-взвешенный эквивалентный непрерывный уровень шума.



а. время.

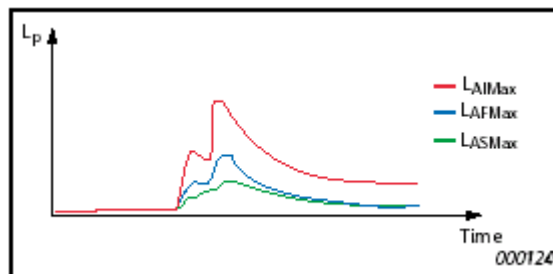
L_{AE} : Уровень шумовой экспозиции (SEL): При проведении оценки событий (шум самолета, поездов и т.д.) этот параметр тесно связан с индексом L_{Aeq} с аналогичными характеристиками,

но другой продолжительности. Значение L_{AE} содержит то же количество акустической энергии на протяжении “нормированного” периода продолжительностью 1 с, что и рассматриваемое реальное шумовое событие.

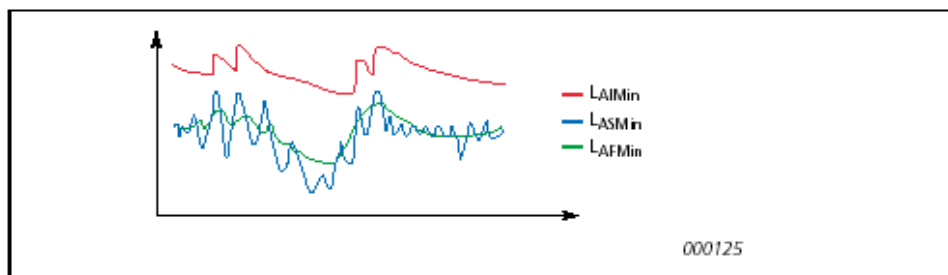


а. время.

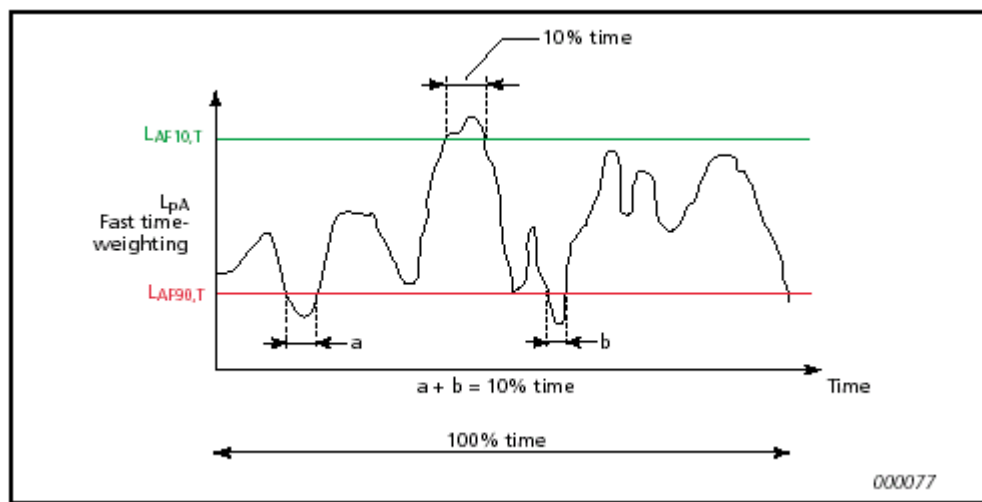
L_{AFMax} , L_{ASMax} или L_{AIMax} : Максимальный А-весовой уровень шума, измеренный с использованием Быстрого (F), Медленного (S) или Импульсного (I) временного взвешивания. Эти индексы соответствуют самому высокому уровню шума окружающей среды, зарегистрированному в процессе измерений. Для того, чтобы не допустить превышения отдельным шумовым событием предельно допустимого уровня, эти индексы часто используются в сочетании с другим шумовым параметром (например, L_{Aeq}). Необходимо задать функцию временного взвешивания (F,S или I).



L_{AFMin} , L_{ASMin} или L_{AIMin} : Минимальный А-весовой уровень шума, измеренный с использованием Быстрого (F), Медленного (S) или Импульсного (I) временного взвешивания. Эти индексы соответствуют самому низкому уровню шума окружающей среды, зарегистрированному в процессе измерений.



$L_{AFN,T}$ Процентные уровни: А-весовой уровень шума, превышенный в течение N% времени измерений. В некоторых странах индексы $L_{AF90,T}$ (уровень шума, превышаемый в течение 90% времени измерения) или $L_{AF95,T}$ используются в качестве единиц измерений уровня фонового шума. Примечание: необходимо задать функцию временного взвешивания (обычно Fast).



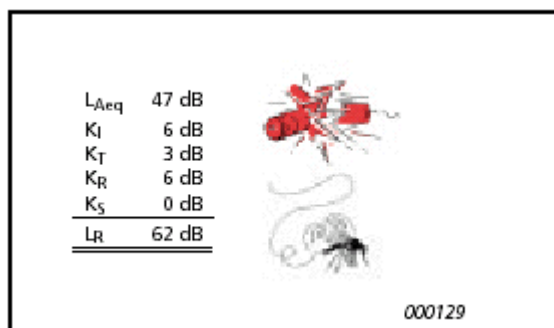
а. время; б. функция быстрого временного взвешивания.

$L_{Ar,Tr}$ Уровень оценки: А-весовой эквивалент непрерывного уровня шума ($L_{Aeq,T}$), зарегистрированный в течение заданного периода времени с использованием специальных поправок на тональный, импульсный или неустойчивый шум. Как правило, уровень оценки рассчитывается на основе следующего уравнения:

$$L_{Ar,Tr} = L_{Aeq,T} + K_I + K_T + K_R + K_S$$

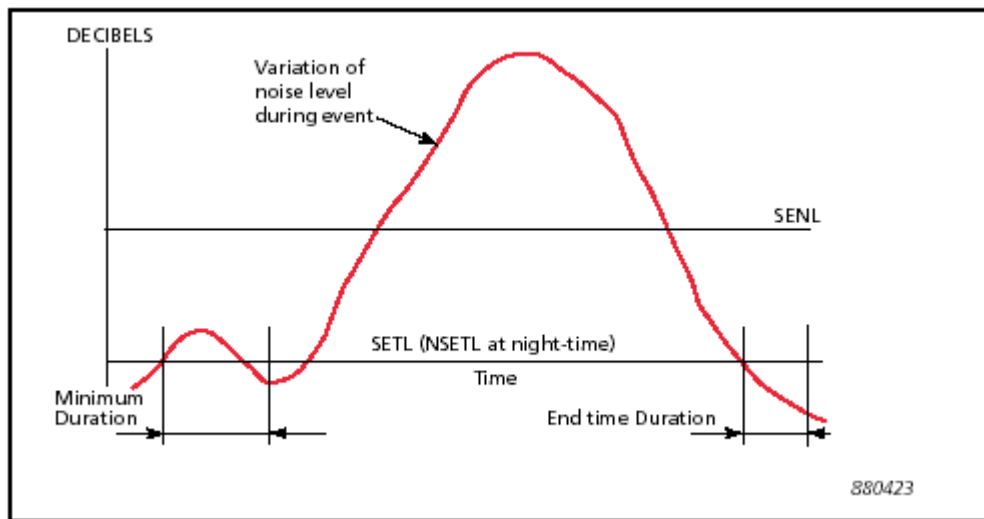
В некоторых странах используется субъективная оценка характеристик исследуемого шума. В других странах для определения того, является ли шум тональным или импульсным, применяются объективные тесты.

Например, (1) для выявления тональных шумов используется анализ шумов в 1/3-октавном частотном диапазоне, превышающем уровни смежных диапазонов на 5 дБ или более, а (2) на основе измеренной разности импульсного и А-весового индекса L_{eq} параметры ($L_{AIm,T}$) и $L_{Aeq,T}$ позволяют выявлять наличие импульсов.



Параметры шума самолета: Если шум самолета оценивается как шум любого обычного источника шума (чаще всего так и бывает), то используются стандартные параметры шума окружающей среды: L_{ASMax} и L_{AE} (эквивалентен параметру L_{AX} , принятому в некоторых устаревших стандартах) для измерений отдельных событий и $L_{Aeq,T}$ для измерений последовательности шумовых событий.

В некоторых случаях (например, при сертификации самолета) проводится более подробный анализ 1/3-октавного спектра шума самолета с интервалами 0,5 с. Уровень воспринимаемого шума L_{PN} рассчитывается в соответствии со стандартами ICAO Приложение 16 путем преобразования уровней звукового давления в значения воспринимаемого шума.



а. децибелы; б. колебания уровня шума на протяжении события; в. минимальная продолжительность; г. SETL (NSETL в ночное время); д. время; е. продолжительность времени окончания.

Если шумовой спектр самолета отличается ярко выраженным тональным содержанием, то к уровню воспринимаемого шума L_{PN} прибавляется дополнительная поправка максимум 6,7 дБ, что дает скорректированный на тональное содержание уровень воспринимаемого шума L_{TPN} . При определении результирующего субъективного воздействия при пролете самолета необходимо принимать во внимание временной архив полета. Для этого выполняется интегрирование скорректированного на тональное содержание воспринимаемого шума L_{TPN} , что позволяет получить уровень эффективного воспринимаемого шума L_{EPN} . Подробное описание метода содержится в стандарте ISO 3891.

L_{DN} : Усредненное значение звукового уровня для дневного/ночного времени. Параметр L_{Aeq} с поправкой 10 дБ (A), характеризующий шум окружающей среды от 22:00 вечера до 7:00 утра для учета повышенного раздражающего шума в ночное время.

Частотный спектр: При исследовании шума окружающей среды часто выясняется, что однозначные индексы, например, такие, как L_{Aeq} , отражают не все характеристики шума. Если генерируемый источником шум содержит резко выраженные частотные компоненты (тональный шум), то необходимо измерить частотное содержание в октавном, 1/3-октавном или более узком (Быстрое Преобразование Фурье) частотном диапазоне.

При расчете уровней шума (прогнозирование) октавные спектры используются для представления частотных характеристик источников и распространения шума.

Звуковая мощность - это акустическая мощность (W), излучаемая звуковым источником. Эта мощность по существу не зависима от окружающей среды, в то время как звуковое давление зависит от окружающей среды (отражающие поверхности) и расстояния до приемника.

Если известна величина звуковой мощности, то можно легко рассчитать звуковое давление в заданной точке, в обратном порядке правило действует только в специальных случаях (например, в безэховой или реверберационной камере). Таким образом, значение звуковой мощности можно использовать для определения характеристик шумовых источников и расчета звукового давления.

Аналогично звуковому давлению звуковая мощность также измеряется в логарифмических единицах, т.е. уровень звуковой мощности 0 дБ соответствует 1 пВт (пиковатт = 10^{-12} Вт).

Уровень звуковой мощности обозначается символом L_W и часто выражается в дБ (А), 1/1-октавным или 1/3 октавным спектром.

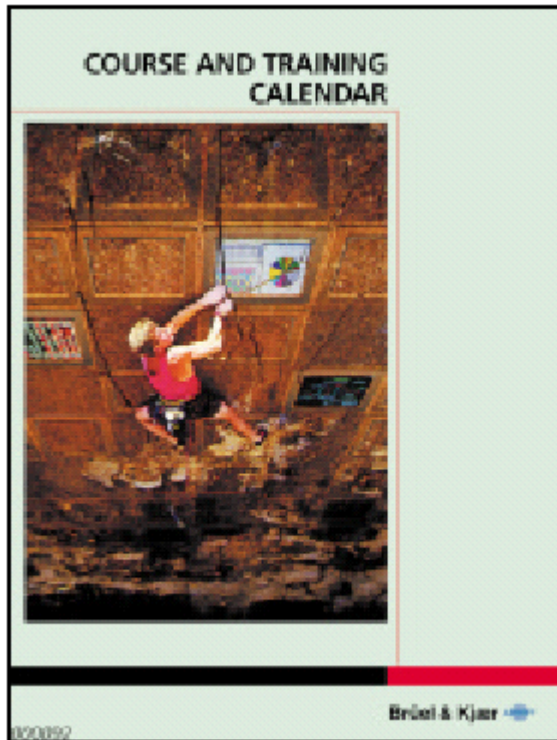


Немного информации о фирме Брюль и Кьер



Фирма «Брюль и Кьер» основана двумя датскими инженерами Пер В. Брюлем и Вигго Кьером в 1942 году. За прошедшие годы, а это более 50 лет, виброакустические измерения сформировали ядро деятельности компании. Фирма «Брюль и Кьер» - главный поставщик микрофонов, акселерометров, систем анализаторов, шумомеров и калибровочных систем во все страны мира. Портативные шумомеры стали доступны специалистам в 1961 году, и с тех пор фирма «Брюль и Кьер» постоянно остается признанным лидером на рынке измерительной аппаратуры, предназначенной для профессионалов, работающих в области измерений шума окружающей среды и зашумленности рабочего места.

Больше знаний



Фирма «Брюль и Къер» организует обучающие курсы и практические занятия в области измерений шума окружающей среды в большинстве крупнейших стран мира. В классах наряду с местными специалистами преподают специалисты-практики, работающие в штаб-квартире компании.

Калибровка и сервисные услуги

Сервисные центры фирмы «Брюль и Къер» размещены во всех регионах мира. В этих центрах выполняются калибровка и ремонт аппаратуры, а также заключаются контракты, позволяющие продлить срок гарантийного обслуживания до 6 лет.

Контакты

Фирма «Брюль и Къер» имеет представительства более чем в 90 странах мира. Для получения более подробной информации предлагаем обращаться в региональное представительство.

В случае сомнений обращаться в штаб-квартиру фирмы «Брюль и Къер» в Дании (адрес см. на задней стороне обложки). Список представительств содержится и на нашем сайте в Интернете www.bksv.com.

фирма Брюль и Къер

ШТАБ-КВАРТИРА: DK-2850 Нэрум, Дания

Телефон: +4545800500 . Факс: +4545801405

Адрес в Интернете: <http://www.bksv.com> . Электронная почта: info@bk.dk

Австралия (02)9450-2066 . Австрия 0043-1-8657400 . Бразилия (011)5182-8166 . Канада (514)695-8225 . Китай (86)1068029906 . Чешская Республика 02-67021100 . Финляндия (0)9-755 950

Франция (01)69907100 . Германия 06 103/908-756 . Гон Конг 25487486 . Венгрия (1)2158305

Ирландия (01) 450 4922 . Италия 02 57 68061 . Япония 03-3779-8671

Республика Корея (02)3473-0605 . Нидерланды (31)318559290 . Норвегия 66771155

Польша (22)858 9392 . Португалия (1)4711453 . Сингапур (65) 377-4512

Республика Словакия 421 7 544 307 01 . Испания (91)6590820 . Швеция (08)4498600

Швейцария (0)1 880 70 35 . Тайвань (02)7139303 . Великобритания (0) 1438 739 000

США 800 332 2040

Региональные представительства и центры технического обслуживания в разных странах мира.