## шум и его основные параметры

Звук – это колебательное движение в материальной среде, обладающей упругостью и инерционностью, вызванное каким-либо источником.

Распространение колебательного движения в среде называется звуковой волной.

Область среды, в которой распространяются звуковые волны, называется звуковым полем. В каждой точке звукового поля при распространении звуковой волны будет наблюдаться деформация среды, т.е. зона сжатия и разряжения.

Такая деформация приведет к изменению давления в среде. Разность между атмосферным давлением и давлением в данной точке звукового поля называется звуковым давлением (Р). Звуковое давление выражается в паскалях (Па). Сила звука может характеризоваться и количеством звуковой энергии. Средний поток звуковой энергии, проходящей в единицу времени через единицу поверхности, перпендикулярной к направлению распространения звуковой волны, называется интенсивностью звука (I). За единицу измерения интенсивности принят Вт / м2.

За единицу частоты колебаний принят герц (Гц), равный 1 колебанию в секунду.

Интенсивность звука I в свободном поле связана с звуковым давлением, Вт / м2

 (2.5.1)

где Р - среднеквадратичное значение давления (Па),

рс – удельное аккустическое сопротивление среды (для воздуха - 4,44 Нс / м3, для воды – 1,4 х 106 Нс / м3).

Скорость звука в газовой среде определяется по следующей зависимости:

 (2.5.2)

где К – показатель адиобата (К= 1,44)

Р – давление воздуха (Па)

р – плотность воздуха (кг/м3)

Скорость звука зависит от свойств среды. Звуки в изотропной среде могут распространяться в виде сферических, плоских и цилиндрических волн. Когда размеры источника звука малы по сравнению с длиной волны, звук распространяется по всем направлениям в виде сферических волн. Если размеры источника больше чем длина излучаемой звуковой волны, то звук распространяется в виде плоской волны.

Плоская волна образуется на значительных расстояниях от источника любых размеров. Скорость звука в воздухе при t= 200 С и давлении 760 мм рт. ст, V= 344 м/с; в воде – 433м/с; в стали - 5000 м/с, в бетоне - 4000 м/с.

Если на пути распространения звуковой волны встречается препятствие, то в силу явления дифракции происходит огибание волнами препятствий. Величина огибания тем больше, чем больше длина волны по сравнению с размерами препятствия.

При длине волны меньшей размера препятствия, наблюдается отражение звуковых волн и образование за препятствием «звуковой тени» (шумозащитные экраны).

Графическое изображение частотного состава шума называется спектром.

Шум представляет собой хаотическое сочетание множества различных по частоте и силе звуков. В ГОСТ 12.1.003-76 (ССБТ) дана классификация шумов. По характеру спектра шумы делятся на широкополосные (с непрерывным спектром шириной более 1-ой октавы) и тональные (в спектре которых имеются слышимые дискретные тона) с превышением уровня в одном полюсе над соседними не менее чем на 10 дБ.

По времени действия шумы подразделяются на постоянные (уровень звука которых за 8-часовой рабочий день изменяются по времени не более чем на 5 дБ при измерениях на временной характеристике «медленно» шумомера по ГОСТ 17187-71) и непостоянные, при изменении уровня звука более 5 дБ. Непостоянные шумы, в свою очередь, делятся на колеблющиеся по времени (уровень звука которых непрерывно изменяется во времени), прерывистые (уровень звука которых резко падает до уровня фонового шума, с интервалом в 1 с и более), импульсные (состоящие из 1-го или нескольких звуковых сигналов с длительностью более 1 с и уровнем звука более 10 дБ). Вибрация является одним из источников шума.

## влияние шума на организм человека

Человек способен воспринимать звуки частотой от 16 до 20000 Гц различной силы и интенсивности от еле слышимых до болевых. В ухе человека находится около 25000 клеток, которые реагируют на звук. Всего человек различает 34 тысячи звуков различной частоты. Звуки частотой меньше 16-20 Гц называют инфразвуковыми, а частотой более 20000 Гц – ультразвуковыми.

Звук, а следовательно и шум имеет 2 характеристики:

1 – физическая (объективная)

2 – физиологическая (субъективная)

Физическая – колебательное движение среды характеризуется звуковым давлением. Наименьшая сила звука, которая воспринимается слуховым аппаратом человека, называется порогом слышимости данного звука (Ро) при частоте колебаний 1000 Гц Па или I= 10-12 Вт / м.2. Порогом слышимости называется минимальный уровень звукового давления на данной частоте, вызывающий слуховое ощущение (ГОСТ 12.4.062-78).

Человеческое ухо реагирует не на абсолютный прирост силы звука, а на относительное изменение силы звука. Изменение интенсивности и звукового давления воспринимаемого звука огромно и составляет соответственно 1014 и 107 раз.

Практическое использование абсолютных значений аккустических величин, например, для графического представления распределения звукового давления и интенсивности звука по частотному спектру невозможно из-за громоздкости графиков. При этом важно реагирование органов слуха на относительное изменение Р и I по отношению к пороговым величинам.

Так как между слуховым восприятием и раздражением существует почти логарифмическая зависимость, то для измерения звукового давления, интенсивности (сила звука) и звуковой мощности принята логарифмическая шкала. Это дало возможность значительный диапазон фактических значений (по звуковому давлению –106 и по интенсивности - 1012) разместить в небольшом интервале логарифмических единиц.

Поэтому введены логарифмические величины при определении уровня интенсивности звука (дБ):

 (2.5.3)

и уровня звукового давления (дБ):

 (2.5.4)

где Iо и Ро - соответствующие значения порога слышимости;

I и Р - замеренные величины уровней интенсивности звука и звукового давления.

Значение Ро выбрано таким образом, чтобы при нормальных атмосферных условиях Li = Lp.

За единицу измерений уровней I и P принят 1 Бел (Б).

Бел – это десятичный логарифм отношения фактических значений I и Р к пороговым значениям Io и Ро: I / Io = 10 - Ly = 1 Б или I / Io = 100 - Ly = 2 Б.

Учитывая, что наши органы слуха воспринимают различия в десятичную долю уровня интенсивности звукового давления, за единицу измерения принята более мелкая единица децибел (дБ), равная 0,1 Б.

Обычно параметры шума и вибрации оцениваются в октавных или третьоктавных диапазонах, где октава – это полоса частот с отношением верхней f2 и нижней f1 граничных частот равным 2 (f1 / f2 = 2). Для третьоктавной полосы f2 / f1 = 1,26. Для характеристики полосы в целом принята среднегеометрическая частота, которая равна:

 (2.5.5)

Среднегеометрические частоты октавных полос стандартизованы.

Для звука (ГОСТ 12.1.001-89) с частотами более 11,2 кГц (ультразвук) среднегеометрические частоты третьоктавных полос равны 12500, 16000, 20000 Гц и более. Поэтому по ГОСТ 12.1.003-76 (ССБТ) характеристикой постоянного шума на рабочих местах являются уровни звуковых давлений в октавных полосах (дБ) со среднегеометрическими частотами 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц, определяемые по формуле (4.3. и 4.4).

Болевой порог восприятия звука соответствует и величинам I = 102 Вт/м2, Па.

Если подставить соответственно их в формулы 3.3. и 3.4., то получим дБ или дБ.

Разница уровней в 1 дБ соответствует минимальной величине различимой слухом, при этом интенсивность звука изменяется в 1,26 раза или на 26%. С учетом данного явления разработана шкала громкостей, воспринимаемых человеческим ухом, которая разделяется на 140 единиц. За нуль принята сила звука на пороге слышимости. Увеличение силы звука в 1,26 раза создает следующую ступень громкости. Уровень интенсивности различных звуков на расстоянии 1 м составляет: шепот 10-20 дБ, громкая речь 60-70 дБ, шум на улице 70-80 дБ, шум электропоезда 110дБ, шум реактивного двигателя 130-140дБ. Шум в 150 дБ непереносим для человека, в 180 дБ вызывает усталость металла, в 190 дБ вырывает заклепки из конструкций. Применение шкалы позволяет весь огромный диапазон интенсивности звука измерять в пределах от 0 до 140 дБ. При проверке уровня шума органами надзора или при разработке мер профилактики оценку постоянного шума на рабочем месте (LA) рассчитывают по формуле:

 (2.5.6)

где РА= замеренная по шкале А шумомера по ГОСТ 17187-71, среднеквадратичная величина звукового давления (Па).

Однако уровень силы звука в дБ еще не позволяет судить о физиологическом ощущении громкости. Восприятие громкости звука зависит не только от уровня силы звука, но и от его частот (рис.2.5.1)

Рис. 2.5.1. Изолинии равной громкости.

Чувствительность слухового анализатора не одинакова к звукам различных частот и поэтому звуки, одинаковые по своей силе, но разные по частоте, могут оказаться на слух не одинаково громкими. Второй физиологической характеристикой звука является ощущение, воспринимаемое органами слуха, характеризующиеся громкостью. Ухо человека воспринимает звуки с частотой колебаний от 16 до 20000 Гц. Области звуковых колебаний с частотой до 16 Гц (инфразвуки) и более 20000 Гц (ультразвуки) ухом не улавливаются. Поэтому для оценки уровня интенсивности используется сравнение измеряемого звука с эталонным звуком частотой в 1000 Гц. Единицей измерения громкости является фон. Если какой-либо звук окажется на слух таким же громким, как звук частотой 1000 Гц и с уровнем силы 1 дБ, то уровень громкости данного звука принимается равным 1 фону. Различие между уровнем силы звука и уровнем громкости заключается в том, что первый определяет только чистую физическую величину уровня силы звука независимо от частоты, а второй учитывает также и физиологическое, субъективное ощущение звука. Для звуковой частоты 1000 Гц децибелы и фоны численно равны. По мере увеличения интенсивности звука и при уровне более 80 фон громкость звука определяется фактически его силой независимо от частоты. Шкала уровней громкости не является натуральной шкалой, т.е., например, изменение уровня громкости в 2 раза не означает, что субъективное ощущение громкости звука изменяется во столько же раз. Для оценки субъективного восприятия громкости шума или звука введена шкала фонов. Громкость (в фонах) определяется по формуле:

 (2.5.7)

где L1 – уровень громкости (фон).

Например, требуется сравнить по громкости 2 звука с уровнем громкости 60 и 80 фон. По формуле 2.5.7. находим:

 и

Таким образом, второй звук воспринимается слуховым аппаратом человека как звук в 2 раза более громкий, чем первый(8: 4).

Шум в производстве и в быту отрицательно влияет на организм человека, приводит к снижению производительности труда.

Устойчивый постоянный шум оказывает меньшее влияние на организм человека, чем нерегулярно возникающий высокочастотный. Шум способствует быстрому наступлению у человека чувства усталости. Шум с уровнем интенсивности более 60 дБ тормозит нормальную пищеварительную деятельность желудка. При шуме 80-90 дБ число сокращений желудка в минуту уменьшается на 37%. Установлено, что при интенсивности шума более 60 дБ выделение слюны и отделение желудочного сока понижается на 44%. Временное, а иногда и постоянное повышение кровяного давления, повышенная раздражительность, понижение работоспособности, душевная депрессия и т.п. являются следствием действия шума. Неопределенные шумы, не доходящие до сознания, также вызывают истощение центральной нервной системы, в результате чего они могут служить причиной незаметных до поры нарушений в организме.

У человека, находящегося в течение 6-8 часов под воздействием шума интенсивностью 90 дБ, наступает умеренное понижение слуха, исчезающее примерно через 1 ч после его прекращения. Шум, превышающий 120 дБ, очень быстро вызывает у человека усталость и заметное понижение слуха. В каждом отдельном случае степень потери слуха и длительность периода восстановления пропорциональны уровню интенсивности и длительности воздействия.

При большой интенсивности шум не только влияет на слух, но и оказывает другое воздействие (головная боль, плохая восприимчивость речи), порой чисто психологическое воздействие на человека. Все части тела испытывают при этом постоянное давление или ощущение порыва ветра; в костях черепа и зубах точно так же, как и в мягких тканях носа и горла, возникают вибрации. При уровне шума 140 дБ (порог болевого ощущения) и выше ощущение давления усиливается и распространяется по всему телу, а грудная клетка, мышцы ног и рук начинают вибрировать. Когда уровень интенсивности шума достигнет 160 дБ, может произойти разрыв барабанной перепонки.

Продолжительный и сильный шум вредно отражается на здоровье и работоспособности человека. Продолжительное действие шума вызывает общее утомление, может постепенно привести к потере слуха и к глухоте. Под потерей слуха (ССБТ, ГОСТ 12.4.062-78) понимают постоянное смещение порога слышимости на данной частоте, т.е. необратимое (стойкое) нижение остроты слуха от воздействия шума. ГОСТ 12.4.062-78 для определения потерь слуха устанавливает 3 метода: на 8-ми частотах; на 4-х частотах; на 2-х частотах.

Оценка результатов производится по среднему арифметическому значению величин потерь слуха отдельно для правого (0) и левого (Х) уха на речевых частотах 500, 1000, 2000 Гц:

дБ дБ

Если потери слуха на речевых частотах равны 10-20 дБ, то это легкое снижение слуха (1 степень); при потере слуха – 21-30 дБ наблюдается умеренное снижение слуха (2 степень); если снижение слуха – 31 дБ и более, то наблюдается значительное снижение слуха (3 степень). Действуя на центральную нервную систему, шум оказывает влияние на деятельность всего организма человека: ухудшается зрение, деятельность органов дыхания и кровообращения, повышается кровяное давление. Шум ослабляет внимание и затормаживает психологические реакции. По этим причинам шум способствует возникновению несчастных случаев и ведет к снижению производительности труда.

Шум усиливает действие профессиональных вредностей: на 10-15% повышает общую заболеваемость работающих, снижает производительность труда, особенно сложного (умственного). Для сохранения производительности при повышении шума с 70 до 90 дБ рабочий должен затратить на 10-20% больше физических и нервных усилий. Действие шума на организм возрастает при повышении напряженности и тяжести труда.

При систематическом воздействии сильного шума и при недостаточном времени отдыха, когда за время отдыха слух не успевает полностью восстановиться, наступает стойкое ослабление слуха. Шумы со сплошными спектрами являются менее раздражающими, чем шумы, содержащие тональные составляющие. Если источники шума одинаковые по интенсивности (когда L1 = L2 = Ln), то:

 (2.5.8)

где Lm – уровень интенсивности шума 1-го источника, дБ;

N – количество одинаковых источников шума.

Если они разные, то:

 (2.5.9)

где L1, L2, Ln – уровни звукового давления, создаваемые в расчетной точке, а 1, 2 … n – источники шума.

Следует учитывать:

Если один источник шума создает уровень звукового давления 90 дБ, а другой – 84 дБ, то их суммарный уровень не равен 174 дБ, а всего примерно 91 дБ (добавим к уровню 90 дБ – 1 дБ). Из этого следует, что для успешного снижения шума необходимо, в первую очередь, выявить и заглушить наиболее интенсивный источник шума, так как добавка шумов меньшей интенсивности незначительны.

При наличии множества примерно одинаковых источников шума устранение одного или двух из них, практически не снижает общего шума.

Так, например, если вместо 10 одинаковых источников оставить 6, то уровень шума снизится всего на 2 дБ.

Снижение уровня звукового давления на каждые 10 дБ соответствует уменьшению физиологически воспринимаемой человеком громкости звука в 2 раза: например, шум в 60 дБ вдвое тише, чем шум в 70 дБ.

Звуковые волны в помещении, многократно отражаясь от стен, потолка, производственного оборудования, увеличивают общий шум на 5-15 дБ.