# Защита от производственного шума

## Определение

Шум - это любой звук, который человеко не воспринимается как информация или не является информацией.

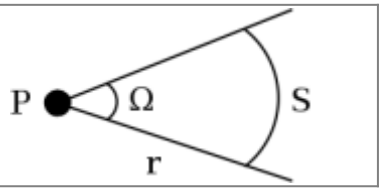
## Воздействие на человека

Шум - сильнейший стрессор, оказывающий влияние на центральную нервную систему (ЦНС). К основным последствиям воздействия шума можно отнести:

- Ускорение утомляемости при выполнении работ, требующих сосредоточенности, увеличение ошибок оператора, ухудшение памяти.
- Повышение артериального давления, как следствие ответной реакции организма на стресс.
- Развитие тугоухости.
- При очень высоком уровне звука, порядка 120 дБА оказывает непосредственное влияние на клетки головного мозга, нарушая его работу.

## Количественные характеристики звуковой волны

- Звуковое давление или избыточное давление звуковой волны $\mathrm{P},\ \mathrm{Па}$.
  Приблизительный диапазон изменения звукового давления лежит в диапазоне от $2 \cdot 10^{-5}\ \mathrm{Па}$ до нескольких десятков Паскалей. При давлении порядка 150..200 Па происходит необратимое поражение органов слуха.
- Интенсивность звука $\mathrm{I},\ \mathrm{Вт/м}^2$ или плотность потока энергии в звуковой волне:

| | |
|---|---|
| $I = \frac{P}{S} = \frac{P\Phi_\alpha}{\Omega r^2}$ |   |

Характерные значения $\Omega$ :

- $4\pi$ - распространение звука в сферу;
- $2\pi$ - в полусферу;
- $\pi$ - в двугранный угол;
- $\pi/2$ - в угол, образованный пересечениями трёх плоскостей.

## Особенности количественных характеристик

- Изменяются в очень широком диапазоне. Например, интенсивность звука лежит в диапазоне от $10^{-12}\ \mathrm{Вт/м}^2$ до $\sim 10\ \mathrm{Вт/м}^2$.
- Звук характеризуется логарифмическими уровнями звукового давления и интенсивности:

$$L = 10\lg\frac{I}{I_0},\ \text{дБ};\ L = 20\lg\frac{P}{P_0},\ \text{дБ},$$

где $I_0 = 10^{-12}\ \text{Вт/м}^2$, $P_0 = 2\cdot 10^{-5}\ \text{Па}$ - пороги слышимости по интенсивности звука и звуковому давлению на частоте 1000 Гц.

- Снижение слуха на 10 дБ практически неощутимо, на 20 дБ - начинает серьезно мешать человеку, так как нарушается способность слышать важные звуковые сигналы, наступает ослабление разборчивости речи.

## Особенности восприятия звука человеком

- Воздействие на человека подчиняется *закону Вебера-Фехнера*, согласно которому, интенсивность ощущения пропорциональна логарифму интенсивности раздражителя. Иными словами геометрическое изменение звукового давления или интенсивности звука приводит к арифметическому увеличению воспринимаемой громкости.
- Человек воспринимает звук в частотном диапазоне от 20 Гц до 20 000 Гц, при этом существует зависимость величины субъективно воспринимаемого звука от частоты.

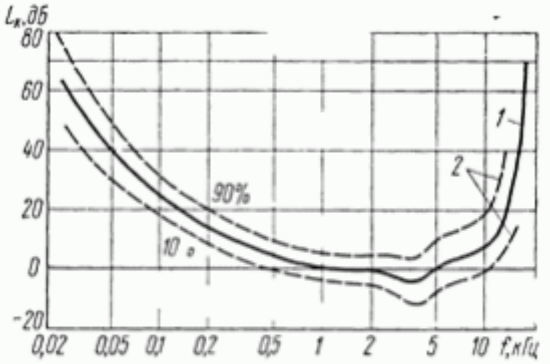



Рис. 1.2. Кривая порога слышимости:
——— — стандартный порог, — — — — границы порогов слышимости для 10% и 90% всех испытуемых

- *Порог слышимости* — минимальная величина звукового давления, при которой звук данной частоты может быть ещё воспринят ухом человека. За нулевой уровень звукового давления принимается давление звуа $2\cdot 10^{-5}\ \text{Н/м}^2$ при частоте 1 кГц, что соответствует интенсивности звука $10^{-12}\ \text{Вт/м}^2$.

## Характеристика звуковой обстановки на РМ

### Спектр звука в октавных полосах

Согласно ГОСТ 12.1.003-2014 допустимые уровни звука устанавливаются независимо в различных октавных полосах т.е., полосах частот для которых справедливо выражение $f_{\text{в},i} = 2\cdot f_{\text{н},i}$, где $f_{\text{н},i}$, $f_{\text{в},i}$ - соответственно нижняя и верхняя граничные частоты $i$-й октавы, Гц.

Выделяют девять стандартных октавных полос со следующими среднегеометрическими частотами $f_i^*$, где $f_i^* = \sqrt{f_{\text{н},i}\cdot f_{\text{в},i}}$, Гц, в которых устанавливают допустимые уровни звука $L_i$, дБ.

| № | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $f^*$, Гц | 31,5 | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |

| $L_{доп}$ | $L_1$ | $L_2$ | $L_3$ | $L_4$ | $L_5$ | $L_6$ | $L_7$ | $L_8$ | $L_9$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

Нормирование шума данным методом предполагает использование приборов, производящих частотный анализ шума в октавных полосах.

Дополнительная информация про измерение уровня звука по ссылке.

## Уровень звука по шкале "А"

Как было показано ранее, восприятие звука человеком существенно зависит от частоты звука. Так чистый тон частотой 100 Гц и уровнем звукового давления 29 дБ ощущается человеком аналогично звуку с уровнем звукового давления 10 дБ и с частотой 1000 Гц.

Поэтому иным способом характеризовать звуковую обстановку на рабочем месте, согласно СанПиН 2.2.4.3359-16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах», является использование частотной коррекции по шкале «А», которая совпадает с частотной характеристикой слухового анализатора человека. В этом случае, уровень звука, измеренный по характеристике «А», имеет специальное обозначение «дБА».

Корректированный по шкале «А» уровень звукового давления в дБА в $i$-й октавной полосе частот вычисляется как $L_{p,A_i} = L_{p_i} - \Delta L_i$, где коррекция $\Delta L_i$ представлена в таблице:

| $f^*$, Гц | 16 | 31,5 | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\Delta L_i$, дБА | 80 | 42 | 26,3 | 16,1 | 8,6 | 3,2 | 0 | -1,2 | -1,0 | 1,1 |

Суммарный уровень звука со сложным спектральным составом $L$ определяется по уровням звукового давления составляющих во всех октавных полосах частот по формуле:

$$L = 10 \log \sum_{i=1}^{n} 10^{0,1 \cdot L_{p,A_i}}, \text{ дБА}$$

.

Оценить величину создаваемого уровня звука различными источниками можно из таблицы.

| $L$, дБА | Характеристика | Источники звука |
|---|---|---|
| 0 | Ничего не слышно | |
| 5 | Почти не слышно | |
| 10 | Почти не слышно | Тихий шелест листьев |
| 15 | Едва слышно | Шелест листвы |
| 20 | Едва слышно | Шепот человека (1м) |
| 25 | Тихо | Шепот человека (1м) |
| 30 | Тихо | Шепот, тиканье настенных часов. Норма для жилых помещений ночью, с 23 до 7 ч, согласно СН 2.2.4/2.1.8.562-96 |
| 35 | Довольно слышно | Приглушенный разговор |
| 40 | Довольно слышно | Обычная речь. Норма для жилых помещений днём, с 7 до 23 ч, согласно СН 2.2.4/2.1.8.562-96. |
| 45 | Довольно слышно | Обычный разговор |
| 50 | Отчётливо слышно | Разговор, пишущая машинка |

| | | |
|---|---|---|
| 55 | Отчётливо слышно | Норма для офисных помещений класса А (по европейским нормам) |
| 60 | Шумно | Норма для контор |
| 65 | Шумно | Громкий разговор (1м) |
| 70 | Шумно | Громкие разговоры (1м) |
| 75 | Шумно | Крик, смех (1м) |
| 80 | Очень шумно | Крик, мотоцикл с глушителем |
| 85 | Очень шумно | Громкий крик, мотоцикл с глушителем |
| 90 | Очень шумно | Громкие крики, грузовой железнодорожный вагон (в семи метрах) |
| 95 | Очень шумно | Вагон метро (7м) |
| 100 | Крайне шумно | Оркестр, вагон метро (прерывисто), раскаты грома. Максимально допустимое звуковое давление для наушников плеера (по европейским нормам) |
| 105 | Крайне шумно | В самолёте (до 80-х годов XX столетия) |
| 110 | Крайне шумно | Вертолёт |
| 115 | Крайне шумно | Пескоструйный аппарат (1м) |
| 120 | Почти невыносимо | Отбойный молоток (1м) |
| 125 | Почти невыносимо | |
| 130 | Болевой порог | Самолёт на старте |
| 135 | Контузия | |
| 140 | Контузия | Звук взлетающего реактивного самолета |
| 145 | Контузия | Старт ракеты |
| 150 | Контузия, травмы | |
| 155 | Контузия, травмы | |
| 160 | Шок, травмы | Ударная волна от сверхзвукового самолёта |
| При уровнях звука свыше 160 дБА возможен разрыв барабанных перепонок и лёгких, больше 200 дБА - смерть | | |

### Эквивалентный уровень звука

### Уровень звука от нескольких источников

### Нормирование звука

СН 2.2.4/2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. http://www.vashdom.ru/sanpin/224-218562-96/

## Особенности распространения звука

### Свободное звуковое поле

### Диффузное звуковое поле

## Методы защиты от шума

### Защита от инфра- и ультразвука

From:
https://jurik-phys.net/ - **Jurik-Phys.Net**

Permanent link:
**https://jurik-phys.net/lifesafety:factory:noise**

Last update: **2024/12/20 19:28**