

# Звук (Шум)

*Когда-нибудь человеку придется ради своего существования столь же упорно бороться с шумом, как он борется сейчас с холерой и чумой.*

Роберт Кох (1843-1910)

*Нобелевский лауреат по физиологии и медицине 1905 года*

*Первооткрыватель возбудителя туберкулеза*

# Звук

- **Звук** — физическое явление, представляющее собой распространение в виде упругих волн механических колебаний в твёрдой, жидкой или газообразной среде. В узком смысле под звуком имеют в виду эти колебания, рассматриваемые в связи с тем, как они воспринимаются органами чувств животных
- Как и любая волна, звук характеризуется амплитудой и частотой. Амплитуда характеризует громкость звука. Частота определяет тон, высоту (см. высота звука).
- **Обычный человек способен слышать звуковые колебания в диапазоне частот от 16—20 Гц до 15—20 кГц.**
- Звук ниже диапазона слышимости человека называют инфразвуком; выше: до 1 ГГц, — ультразвуком, от 1 ГГц — гиперзвуком. Громкость звука сложным образом зависит от эффективного звукового давления, частоты и формы колебаний, а высота звука — не только от частоты, но и от величины звукового давления.
- Среди слышимых звуков следует особо выделить фонетические, речевые звуки и фонемы (из которых состоит устная речь) и музыкальные звуки (из которых состоит музыка). Музыкальные звуки содержат не один, а несколько тонов, а иногда и шумовые компоненты в широком диапазоне частот.
- **Шум** — беспорядочные [колебания](#) различной физической природы, отличающиеся сложностью временной и [спектральной](#) структуры. Первоначально слово *шум* относилось исключительно к [звуковым](#) колебаниям, однако в современной науке оно было распространено и на другие виды колебаний (радио-, электричество).

## Животные в качестве звука воспринимают волны иных частот



Многие животные воспринимают не только звук и ультразвук, как показано на этом слайде, но и инфразвук, который обеспечивает общение на десятки километров на суше и на сотни километров в воде

# Скорость звука в воздухе:

- При температуре  $20^{\circ}\text{C}$  она равна  $343\text{ м/с}$ , т.е.  $1235\text{ км/ч}$ .
- Скорость звука в воздухе впервые была измерена в  $1636\text{ г.}$  французским ученым М. Мерсенном.
- Скорость звука зависит от температуры среды: с увеличением температуры воздуха она возрастает, а с уменьшением — убывает.
- При  $0^{\circ}\text{C}$  скорость звука в воздухе составляет  $331\text{ м/с}$ .
- В разных газах звук распространяется с разной скоростью. Чем больше масса молекул газа, тем меньше скорость звука в нем.
- Так, при температуре  $0^{\circ}\text{C}$  скорость звука в водороде  $1284\text{ м/с}$ , в гелии —  $965\text{ м/с}$ , а в кислороде —  $316\text{ м/с}$ .

- Звуковые волны могут служить примером колебательного процесса. Всякое колебание связано с нарушением равновесного состояния системы и выражается в отклонении её характеристик от равновесных значений с последующим возвращением к исходному значению. Для звуковых колебаний такой характеристикой является давление в точке среды, а её отклонение — звуковым давлением.
- Схожесть свойств звуковых волн и электромагнитных (свет)
- Скорость распространения в обоих случаях не зависит от скорости источника, а определяется только свойствами среды (воздух, вакуум)
- Скорость распространения в обоих случаях не зависит от частоты колебаний

## Вредное воздействие шума

Шум отрицательно влияет на

- - сердечно-сосудистая система
- - нервная система
- - органы слуха

# Физические параметры звука

- **Интенсивность звука ( $I$ ).** Это количество энергии, переносимое звуковой волной за 1 секунду через площадь в  $1\text{ м}^2$ , перпендикулярно распространению звуковой волны. Другими словами, это средний поток энергии в какой-либо точке среды в единицу времени, отнесённый к единице площади поверхности. Интенсивность звука измеряется в  $[\text{Вт}/\text{м}^2]$ .
- **Звуковое давление ( $P$ ).** Это разность между мгновенным значением полного давления и средним значением в невозмущённой среде. Это дополнительное давление воздуха, которое возникает при прохождении через него звуковой волны. Звуковое давление измеряется в паскалях  $[\text{Па}]$ .
- **Частота ( $f$ ).** Это число полных колебаний в единицу времени. Измеряется в герцах  $[\text{Гц}]$ .

- Однако интенсивность обычных шумов в этих единицах выражать довольно трудно. Дело в том, что ухо - уникальный аппарат, созданный природой, - улавливает звуки с разницей интенсивности в 10 триллионов раз. Оперировать числами, лежащими в таком широком диапазоне, крайне неудобно.
- Для характеристики уровня шума приняли логарифмическую шкалу величин, поскольку по ней изменение интенсивности шума на одну единицу в действительности означает изменение в 10 раз. Логарифмическую единицу интенсивности звука назвали "бел" (Б) в честь изобретателя телефона Александра Грейама Белла (1847-1922).
- На практике оказалось удобнее пользоваться десятыми долями бела - децибелами (дБ).

# Децибел

- **Децибел** (русское обозначение: **дБ**; международное: **dB**) — дольная единица [бела](#), равная одной десятой этой единицы. Бел выражает отношение двух значений энергетической величины десятичным [логарифмом](#) этого отношения.
- Отношение двух значений *энергетической величины*, такой как [мощность](#), [энергия](#), плотность энергии и т. п., выраженное в децибелах, определяется по формуле:

$$D_J = 10 \cdot \lg\left(\frac{J}{J_0}\right)$$

- 
- Отсюда следует, что увеличение энергетической величины на 1 дБ означает её увеличение в  $100,1 \approx 1,259$  раза.

- Энергетические величины пропорциональны квадратам *силовых величин* (или *величин поля*, как принято в международных документах), таких как [звуковое давление](#), [электрическое напряжение](#), [сила электрического тока](#) и т. п., поэтому отношение двух значений силовой величины, выраженное в децибелах, определяется по формуле:

$$D_F = 20 \cdot \lg\left(\frac{F}{F_0}\right)$$

- 
- Отсюда следует, что увеличение силовой величины на 1 дБ означает её увеличение в  $100,05 \approx 1,122$  раза.
- Децибел относится к единицам, не входящим в [Международную систему единиц \(СИ\)](#), но в соответствии с решением [Международного комитета мер и весов](#) допускается к применению без ограничений совместно с единицами СИ. В основном применяется в [электросвязи](#), [акустике](#), [радиотехнике](#), в [теории систем автоматического управления](#).

## Физические параметры звука (логарифмические)

- При оценке источника шума, используется логарифмический показатель, который называется *уровнем интенсивности шума*:

$$L_J = 10 \lg\left(\frac{J}{J_0}\right), [dB]$$

- где:
- $J$  – интенсивность шума в точке измерения,
- $J_0 = 10^{-12}$  Вт/м<sup>2</sup> – интенсивность шума в области порога слышимости.

- При расчетах и нормировании используется показатель — *уровень звукового давления*:
- (англ. SPL, sound pressure level)

$$L_P = 20 \lg\left(\frac{P}{P_0}\right), [dB]$$

- где:
- $P$  – фактическое звуковое давление в конкретной точке,
- $P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$  Па – звуковое давление, соответствующее порогу слышимости.

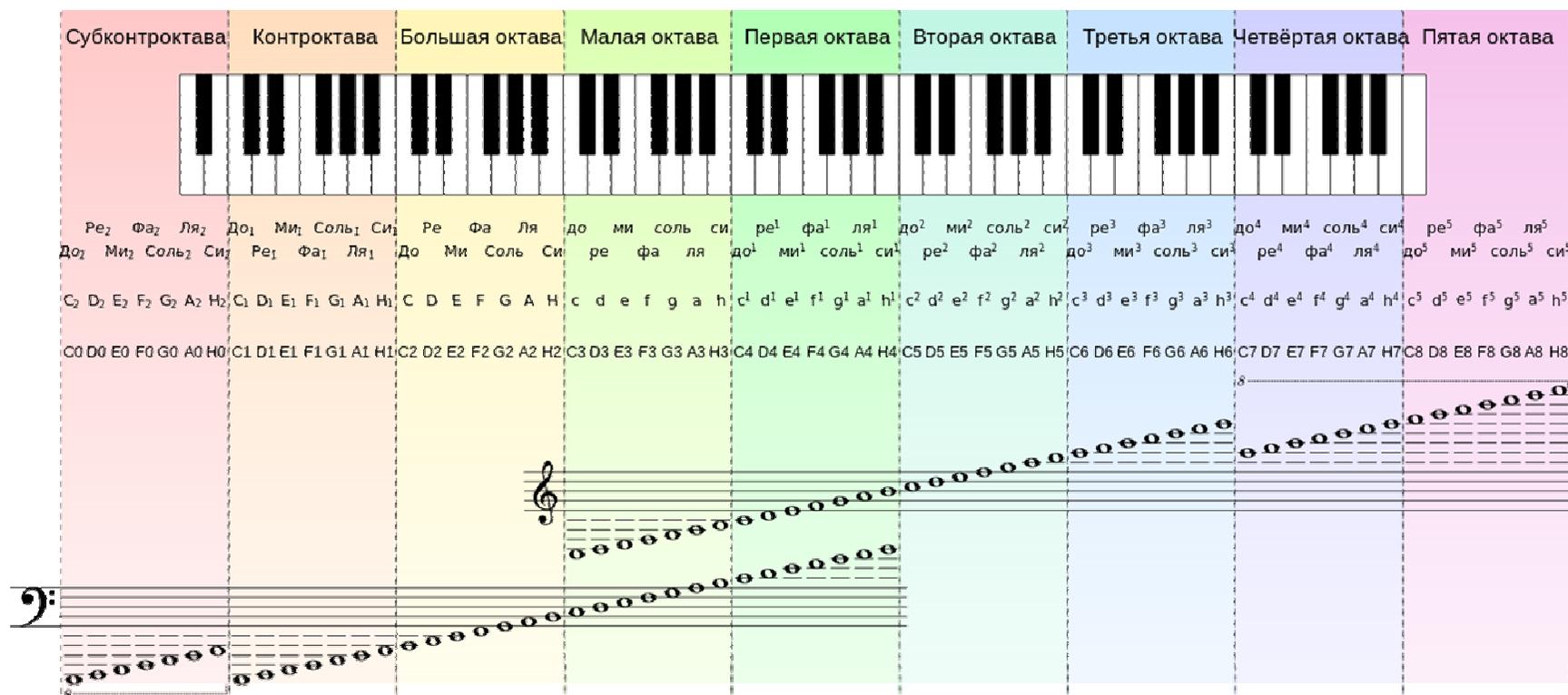
## Давление

- Для выражения звукового давления в единицах СИ используется паскаль (Па), равный давлению в один ньютон на квадратный метр ( $\text{Н/м}^2$ ).
- Звуковое давление в системе СГС измеряется в  $\text{дин/см}^2$ ;  $1 \text{ дин/см}^2 = 10^{-1} \text{ Па} = 10^{-1} \text{ Н/м}^2$ .
- Наряду с указанными единицами часто пользуются внесистемными единицами давления —
- Физическая атмосфера (атм) – 760 мм. рт. ст. (торр)=1.033 ат
- Техническая атмосфера (ат), при этом  $1 \text{ ат} = 0,98 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$ .
- Иногда применяется единица, называемая баром или микробаром (акустическим баром);
- $1 \text{ бар} = 10^5 \text{ Н/м}^2 = 1.0197 \text{ ат} = 0.96784 \text{ атм}$ .

# Октава

- **Октава** (от лат. *octava* «восьмая»;) — музыкальный интервал, в котором соотношение частот между звуками составляет один к двум (то есть частота высокого звука в два раза больше низкого). Субъективно на слух октава воспринимается как устойчивый, базисный музыкальный интервал. **Два звука, отстоящие на октаву, воспринимаются очень похожими друг на друга, хотя явно различаются по высоте.**
- Интервал октавы охватывает восемь ступеней диатонического звукоряда, например, от «до» до следующего «до» или от «ре» до следующего «ре» и т. д.
- **Октавная система** — способ группировки и обозначения музыкальных звуков на основе их октавного сходства.

$$f_2 = 2 \cdot f_1$$



16,352 Гц До<sub>2</sub> Субконтроктава  
 27,500 Гц Ля<sub>2</sub> Субконтроктава  
 4186,0 Гц до<sub>5</sub> Пятая октава

## Октавные полосы (технические)

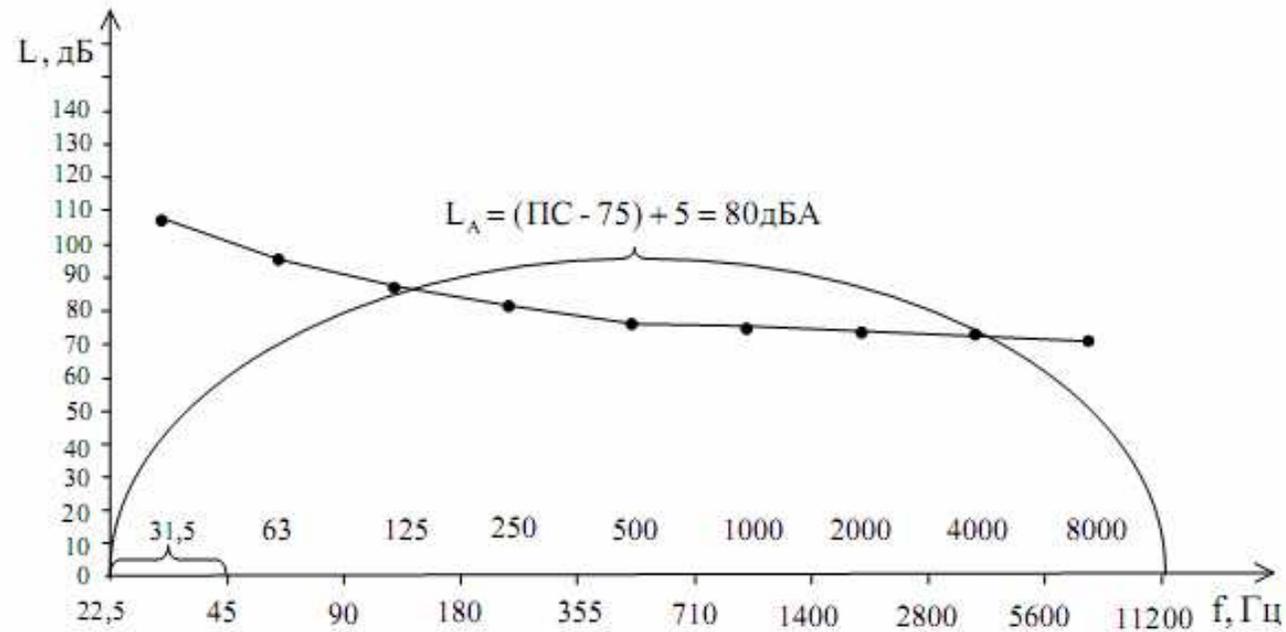


Рис. 4. Нормирование параметров постоянного шума

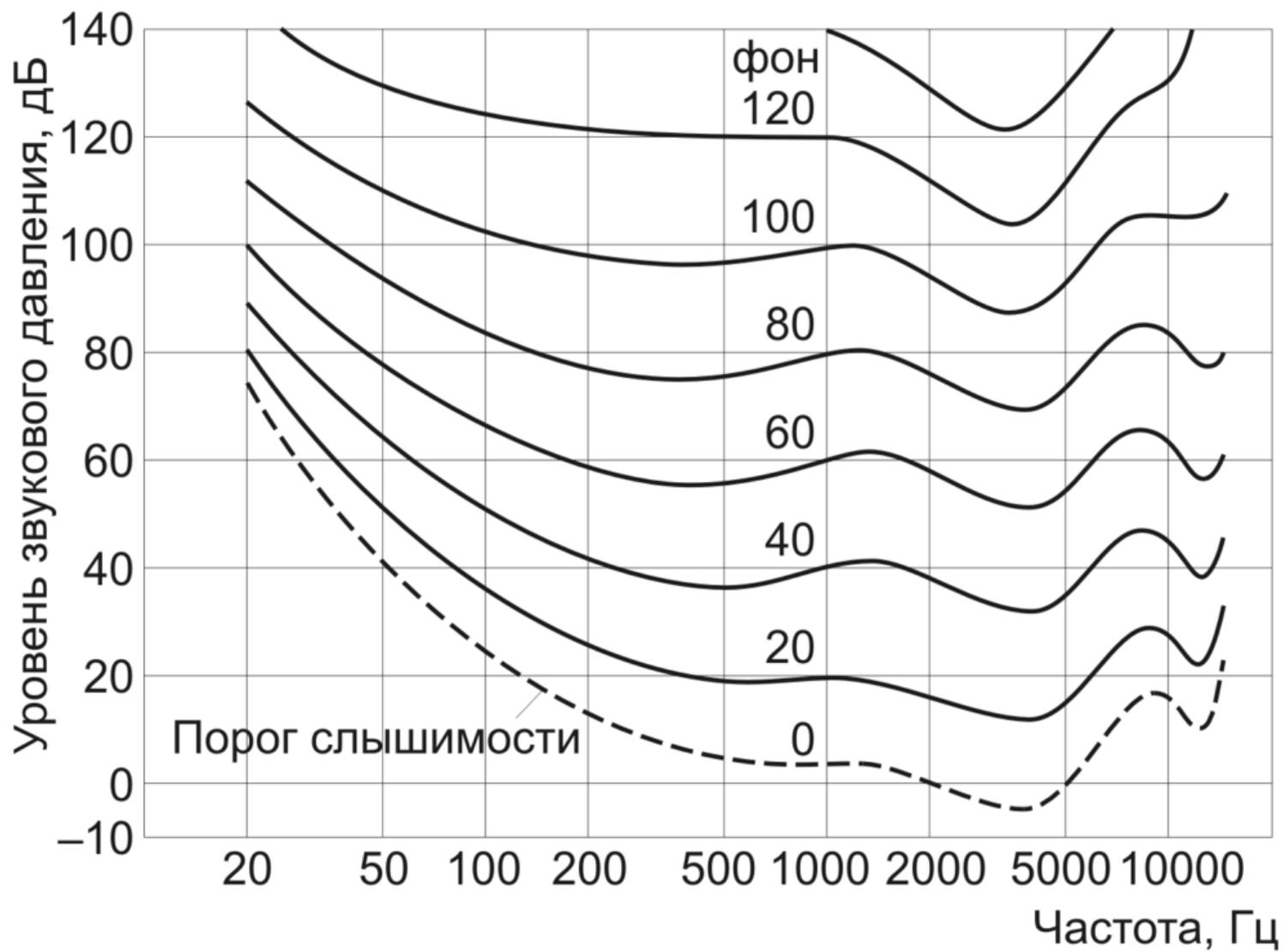
В каждой октавной полосе частот находится среднегеометрическая частота, Гц, по формуле:

$$f_{с.г.} = \sqrt{f_n \cdot f_v} , \quad (11)$$

где  $f_n$  и  $f_v$  – нижняя и верхняя граничные частоты октавной полосы.

# Громкость звука

- **Грѳмкость звѳка** — субъективное [восприятие](#) силы звука (абсолютная величина слухового ощущения).
- Громкость главным образом зависит от [звукового давления](#), [амплитуды](#) и [частоты](#) звуковых колебаний. Также на громкость звука влияют его спектральный состав, локализация в пространстве, тембр, длительность воздействия звуковых колебаний, индивидуальная чувствительность слухового анализатора человека и другие факторы
- **Грѳмкость звѳка** — субъективное [восприятие силы/интенсивности звука](#) (абсолютная величина слухового ощущения). Громкость главным образом функционально зависит от [звукового давления](#) (интенсивности звука) и [частоты](#) звуковых колебаний. Также на громкость звука влияют его [спектральный состав](#), локализация в пространстве, [тембр](#), [длительность](#) воздействия звуковых колебаний и другие факторы.
- Единицей абсолютной шкалы громкости является [сон](#). Громкость в 1 сон — это громкость непрерывного чистого синусоидального тона частотой 1 [кГц](#), создающего [звуковое давление](#) 2 [мПа](#).
- Уровень громкости звука — относительная величина. Она выражается в [фонах](#) и численно равна уровню [звукового давления](#) в 1 [дБ](#), создаваемого синусоидальным тоном частотой 1 [кГц](#) такой же громкости, как и измеряемый звук (равногромким данному звуку).



Зависимость уровня громкости от звукового давления и частоты

<b>Звук</b>	<b>Громкость, соны</b>	<b>Уровень громкости, фоны (дБ)</b>
<b>Порог слышимости</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Шелест листьев</b>	<b>~0,02</b>	<b>10</b>
<b>Шепот</b>	<b>~0,15</b>	<b>20</b>
<b>Тиканье часов</b>	<b>~0,4</b>	<b>30</b>
<b>Тихая комната</b>	<b>~1</b>	<b>40</b>
<b>Тихая улица</b>	<b>~2</b>	<b>50</b>
<b>Разговор</b>	<b>~4</b>	<b>60</b>
<b>Шумная улица</b>	<b>~8</b>	<b>70</b>
<b>Опасный для здоровья уровень</b>	<b>~11,31</b>	<b>75</b>
<b>Пневматический молоток</b>	<b>~32</b>	<b>90</b>
<b>Поезд метро</b>	<b>~64</b>	<b>100</b>
<b>Громкая музыка</b>	<b>~128</b>	<b>110</b>
<b>Болевой порог</b>	<b>~256</b>	<b>120</b>
<b>Сирена</b>	<b>~512</b>	<b>130</b>
<b>Старт ракеты</b>	<b>~2048</b>	<b>150</b>
<b>Смертельный уровень</b>	<b>~16384</b>	<b>180</b>
<b>Шумовое оружие</b>	<b>~65536</b>	<b>200</b>

## Уровни звукового давления от различных источников

- **0 дБ SPL** — специальная измерительная камера; ничего не слышно
- **5 дБ SPL** — почти ничего не слышно; ситуация возможна только за городом, безмолвие в горах;
- **10 дБ SPL** — почти не слышно — шёпот, тиканье часов, тихий шелест листьев, звук падающей иголки;
- **15 дБ SPL** — **едва слышно — шелест листьев;**
- **20 дБ SPL** — едва слышно — уровень естественного фона на открытой местности при отсутствии ветра, норма шума в жилых помещениях;
- **25 дБ SPL** – тихо- сельская местность вдали от дорог, мурлыканье кота на расстоянии 0,5 м;
- **30 дБ SPL** — тихо — настенные часы, максимально допустимый шум ночью с 21:00 до 7:00;
- **35 дБ SPL** — хорошо слышно — приглушённый разговор, тихая библиотека, шум в лифте;
- **40 дБ SPL** — хорошо слышно — тихий разговор, учреждение (офис) без источников шума, уровень звукового фона днём в городском помещении с закрытыми окнами выходящими во двор, шум телевизора в соседней комнате;
- **50 дБ SPL** — отчётливо слышно — разговор средней громкости, тихая улица, стиральная машина;
- **60 дБ SPL** — **умеренно шумно - обычный разговор, норма для контор;**
- **65 дБ SPL** — умеренно шумно - громкий разговор на расстоянии 1 м;
- **70 дБ SPL** — шумно — громкие разговоры на расстоянии 1 м, шум пишущей машинки, шумная улица, пылесос на расстоянии 3 м;

- **75 дБ SPL** — шумно — крик, смех с расстояния 1 м; шум в железнодорожном вагоне;
- **80 дБ SPL** — очень шумно — громкий будильник на расстоянии 1 м; крик; мотоцикл с глушителем; шум работающего двигателя грузового автомобиля; длительный звук вызывает ухудшение слуха;
- **85 дБ SPL** — очень шумно — громкий крик, мотоцикл с глушителем;
- **90 дБ SPL** — очень шумно — громкие крики, пневматический отбойный молоток, тяжёлый дизельный грузовик на расстоянии 7 м, грузовой вагон на расстоянии 7 м; звук почти невозможно не замечать;
- **95 дБ SPL** — очень шумно — вагон метро на расстоянии 7 м, громкая игра на фортепиано на расстоянии 1 м;
- **100 дБ SPL** — крайне шумно — громкий автомобильный сигнал на расстоянии 5-7 м, кузнечный цех, очень шумный завод;
- **110 дБ SPL** — крайне шумно — шум работающего трактора на расстоянии 1 м, громкая музыка, вертолёт;
- **115 дБ SPL** — крайне шумно — пескоструйный аппарат на расстоянии 1 м, мощный автомобильный сабвуфер, пневмосигнал для велосипеда;
- **120 дБ SPL** — почти невыносимо — болевой порог, гром (иногда до 120 дБ), отбойный молоток, вувузела на расстоянии 1 м, шум на стадионе, кислородная горелка;
- **130 дБ SPL** — боль — сирена, шум клёпки котлов, рекорд по самому громкому крику;
- **140 дБ SPL** — травма внутреннего уха — взлёт реактивного самолёта на расстоянии 25 м, максимальная громкость на рок-концерте;
- **150 дБ SPL** — контузия, травмы — взлёт лунной ракеты на расстоянии 100 м, реактивный двигатель на расстоянии 30 м, соревнования по автомобильным звуковым системам, ухудшается зрение;

- **160 дБ SPL** — шок, травмы, возможен разрыв барабанной перепонки — выстрел из ружья близко от уха; ударная волна от сверхзвукового самолёта или взрыва давлением 0.002 МПа;
- **168 дБ SPL** — шок, травмы, возможен разрыв барабанной перепонки — выстрел из винтовки M1 Garand на расстоянии 1 м;
- **170 дБ SPL** — светошумовая граната, воздушная ударная волна давлением 0.0063 МПа;
- **180 дБ SPL** — светошумовая граната, воздушная ударная волна давлением 0.02 МПа, длительный звук с таким давлением вызывает смерть, взрыв мощного вулкана;
- **182,4 дБ SPL** — рекорд по автомобильным звуковым системам, длительный звук с таким давлением вызывает смерть;
- **190 дБ дБ SPL** — воздушная ударная волна давлением 0.063 МПа;
- **194 дБ SPL** — воздушная ударная волна давлением 0.1 МПа, равным атмосферному давлению; возможен разрыв лёгких;
- **200 дБ SPL** — воздушная ударная волна давлением 0.2 МПа; возможна быстрая смерть;
- **210 дБ SPL** — воздушная ударная волна давлением 0.63 МПа;
- **220 дБ SPL** — воздушная ударная волна давлением 2 МПа;
- **230 дБ SPL** — воздушная ударная волна давлением 6.3 МПа;
- **240 дБ SPL** — воздушная ударная волна давлением 20 МПа;

## Нормирование шума

- Для определения допустимого уровня шума на рабочих местах, в жилых помещениях, общественных зданиях и территории жилой застройки используется ГОСТ 12.1.003-83. ССБТ «Шум. Общие требования безопасности», СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки».
- Нормируемыми параметрами постоянного шума являются уровни звукового давления  $L$ , дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами: 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 Гц.
- Для ориентировочной оценки допускается использовать уровни звука  $L_A$ , дБА.
- Нормируемым показателем в этом случае является эквивалентный уровень звука широкополосного постоянного шума, оказывающий на человека такое же влияние, как и реальный непостоянный шум, измеряемый по шкале А шумомера, т.е. на частоте 1000 Гц.

# Классификация шума

- **1. По источнику образования:**

- - механический (работа машин и механизмов) – создается колебаниями твердой и жидкой поверхности;
- - аэро- и гидродинамический – в результате турбулентности газовой или жидкой среды;
- - электродинамический – электрическая дуга, коронные разряды.

- **2. По частоте:**

- - низкочастотный до 300 Гц,
- - среднечастотный от 300 до 800 Гц,
- - высокочастотный свыше 800 Гц.

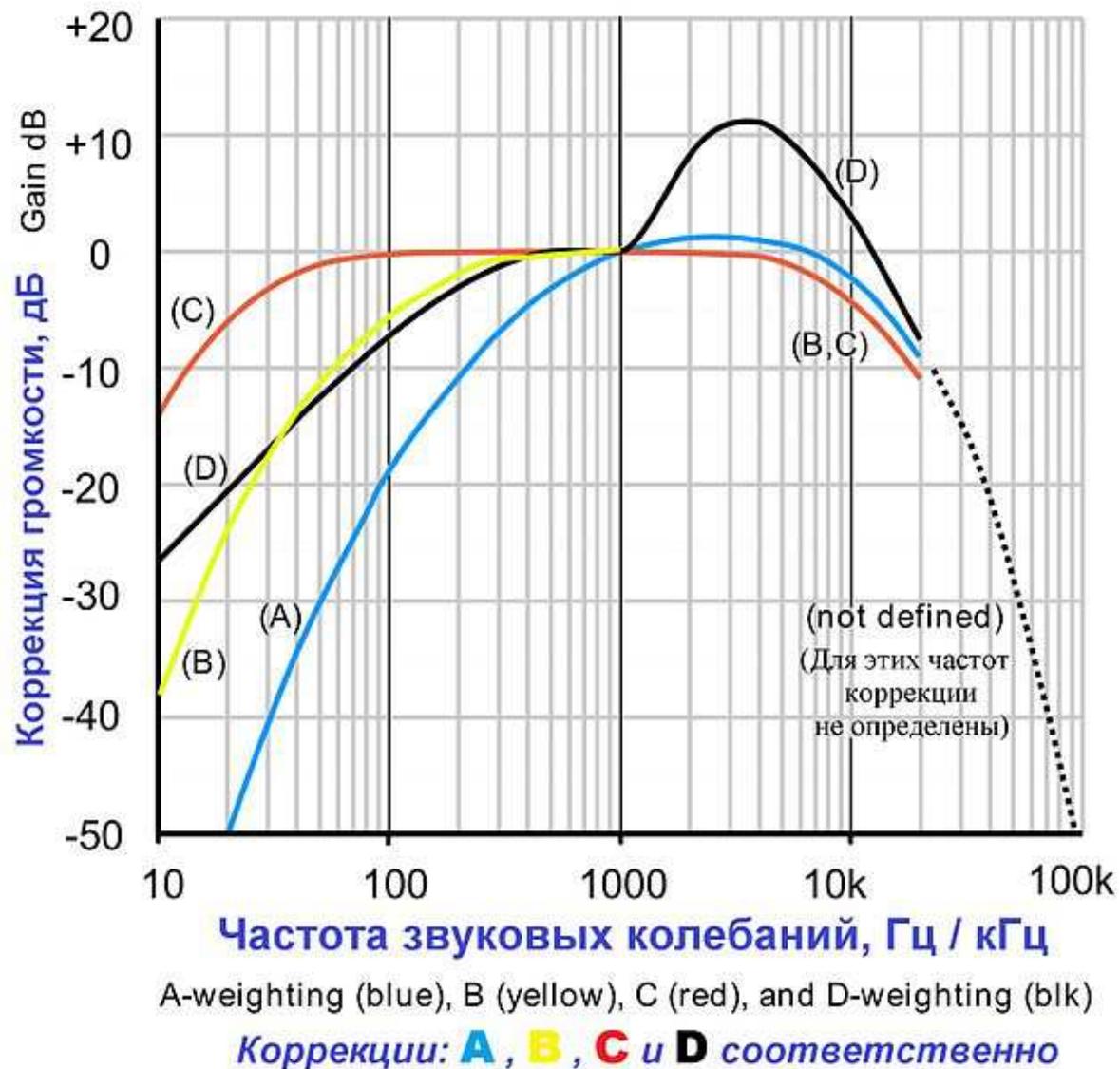
- **3. По спектру:**

- - широкополосный,
- - тональный.

- Спектром шума называется зависимость уровня звукового давления от частоты. Шум считается широкополосным, если его спектр превышает 1 октаву, и тональным, если звуковая энергия распределяется неравномерно с преобладанием большей ее части в области одной октавы.

- **4. По времени действия:**

- - постоянный – уровень звукового давления в течение рабочей смены меняется не более чем на 5 дБ,
- - непостоянный – меняется в любую сторону более чем на 5 дБ и подразделяется:
  - а) колеблющийся – уровень звуков непрерывно плавно изменяется во времени,
  - б) прерывистый – изменяется ступенчато более чем на 5 дБ, оставаясь на ступени не менее 1 сек,
  - в) импульсный – состоит из одного или нескольких звуковых сигналов продолжительностью менее 1 сек.



Звуки разной частоты, создающие одинаковое (физическое) звуковое давление, субъективно воспринимаются органом слуха человека как имеющие не одинаковую громкость. Разработаны поправки для учёта физической и субъективной громкости. **Измерение шума и ограничения максимально допустимой громкости обычно делают с коррекцией А (обозначение — дБА)**

## Нормы интенсивности шума для офисных и производственных помещений

Рабочее место	Уровень звука, дБА	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами								
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Творческая, научная деятельность, обучение	50	86	71	61	54	49	45	42	40	38
Постоянные рабочие места в производственных помещениях и на территории предприятия	80	107	95	87	82	78	75	73	71	69

Доп. уровень звука в жилой застройке  
с 700-2300 не более 40 дБА,  
с 2300-700 не более 30 дБА.

## Мероприятия по борьбе с шумом

- Техногенный шум стал опасен для здоровья только в XX веке. Но и в старое доброе время, до наступления эры технического прогресса, жизнь человеческого сообщества тишиной не отличалась.
- Даже в Древнем Риме жители жаловались, что уличный шум не дает им спать по ночам, и Юлий Цезарь в 50 году до н. э. запретил движение экипажей по ночному городу.
- Королева Англии Елизавета I (1533-1603), заботясь о ночном покое своих подданных, запретила скандалы и громкие семейные ссоры после десяти часов вечера.
- В те счастливые времена супружеский разлад был чуть ли не единственным источником шума!

## Мероприятия по борьбе с шумом

- I группа - Строительно-планировочная
- II группа - Конструктивная
- III группа - Снижение шума в источнике его возникновения
- IV группа - Организационные мероприятия

## I группа. Строительно-планировочная

- Использование определенных строительных материалов связано с этим проектированием. В ИВЦ (Информационно-вычислительный центр) – акустическая обработка помещения (облицовка пористыми акустическими панелями).
- Для защиты окружающей среды от шума используются лесные насаждения.
- Снижается уровень звука от 5-40 дБА.

## **II группа. Конструктивная**

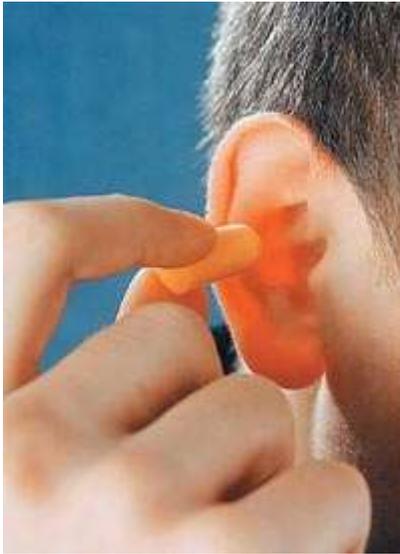


- **Установка звукоизолирующих преград (экранов). Реализация метода звукоизоляции (отражение энергии звуковой волны). Используются материалы с гладкой поверхностью (стекло, пластик, металл).**
- **Акустическая обработка помещения (звукопоглощение).  
Можно снизить уровень звука до 45 дБА.**
- **Использование объемных звукопоглотителей (звукоизолятор + звукопоглотитель). Устанавливается над значительными источниками звука.  
Можно снизить уровень звука до 30-50 дБА.**

### **III группа. Снижение шума в источнике его возникновения**

- Самый эффективный метод, возможен на этапе проектирования.  
Используются композитные материалы 2-х слойные. Снижение: 20-60 дБА.

## IV группа. Организационные мероприятия



- Определение режима труда и отдыха персонала.
- Планирование раб. времени.
- Планирование работы значительных источников шума в разных источниках.
- Снижение: 5-10 дБА.
- Если уровень шума не снижается в пределах нормы, используются индивидуальные средства защиты (наушники, шлемофоны).

*Самый простой способ защиты от шума - индивидуальные ушные протекторы беруши*

**Приборы контроля:**  
**- шумомеры;**  
**- виброакустический комплекс — RFT, ВШВ**



- Шумомер ОКТАВА-201 предназначен для измерения среднеквадратичных и эквивалентных уровней звукового давления на производстве, в жилых и общественных зданиях, определения акустических характеристик механизмов и машин, а также для контроля внешнего шума автомобилей в процессе эксплуатации по ГОСТ 52231.
- – *Рабочий диапазон 26 - 138 дБА*

# Инфразвук

- **Инфразвук** (от [лат.](#) *infra* — ниже, под) — звуковые колебания, имеющие частоты ниже воспринимаемых человеческим ухом. За верхнюю границу частотного диапазона инфразвука обычно принимают 16—25 Гц. Нижняя же граница инфразвукового диапазона условно определена как 0,001 [Гц](#). Практический интерес могут представлять колебания от десятых и даже сотых долей герц, то есть с периодами в десяток секунд.
- Поскольку природа возникновения инфразвуковых колебаний такая же, как и у слышимого звука, инфразвук подчиняется тем же закономерностям, и для его описания используется такой же математический аппарат, как и для обычного слышимого звука (кроме понятий, связанных с уровнем звука). Инфразвук слабо поглощается средой, поэтому может распространяться на значительные расстояния от источника. Из-за очень большой [длины волны](#) ярко выражена [дифракция](#).
- Инфразвук, образующийся в море, называют одной из возможных причин нахождения судов, покинутых экипажем

# Воздействие на организм человека

- Инфразвуковые волны оказывают выраженное неблагоприятное действие на организм и вызывают изменения нервной, сердечно-сосудистой, дыхательной, эндокринной и других систем.
- Инфразвук оказывает раздражающее действие, особенно на психоэмоциональную сферу, и вызывает ощущения вибрации грудной и брюшной стенок, нарушение ритма дыхания, закладывание и давление в ушах, головную боль, головокружение, тошноту, затруднение при глотании, озноб, ощущение необъяснимого страха и беспокойства, сменяющееся чувством усталости, утомления, вялости и рассеянности. Чем выше уровни инфразвука- тем больше выражены вышеперечисленные симптомы.
- В результате длительного действия инфразвука с уровнями, близкими к производственным (90-120 дБ), снижается умственная работоспособность, появляются раздражительность, тошнота, нервозность.
- Несмотря на то, что частотный диапазон инфразвука находится ниже порога слышимости, по мнению большинства ученых, инфразвуковые колебания высоких уровней воспринимаются органом слуха и могут привести к его снижению – (человек может не слышать тихую речь).
- Инфразвук оказывает влияние на вестибулярный анализатор – нарушается равновесие, возникает головокружение.
- Со стороны сердечно-сосудистой системы при воздействии инфразвука отмечается нарушение частоты сердечных сокращений, в частности, брадикардия, увеличение диастолического давления.

# ***Нормирование инфразвука***

- СН 22-74-80. Нормативным параметром являются логарифмические уровни звукового давления в октавных полосах со ср. геом. частотой:
  - 2, 4, 8, 16 Гц  $\leq 105$  дБ
  - 32 Гц  $\leq 102$  дБ

- ...Режиссер лондонского театра был озабочен. Готовилась к постановке новая пьеса. Одна из сцен переносила зрителей в далекое тревожное прошлое. Какими техническими средствами лучше всего выразить этот момент?
- На помощь пришел известный американский физик Роберт Вуд. Он предложил постановщику спектакля использовать очень низкие, рокочущие звуки: они создадут в зрительном зале, полагал ученый, обстановку ожидания чего-то необычного, пугающего.

Для получения "тревожного" звука Вуд сконструировал специальную трубу, которая была присоединена к органу. И первая же репетиция испугала всех. Труба не издавала слышимых звуков, но, когда органист нажимал на клавишу, в театре происходило необъяснимое: дребезжали оконные стекла, звенели хрустальные подвески канделябров. **Хуже того, все, кто присутствовал в этот момент на сцене и в зрительном зале, почувствовали... беспричинный страх!**

- Люди, живущие по соседству с театром, позднее подтвердили, что и они испытали в те минуты то же самое.

- В 1890 году из Новой Зеландии в Англию отплыло парусное судно "Малборо", груженное мороженой бараниной и шерстью. В порт назначения он не прибыл. Парусник был списан как погибший. Прошло 23 года, и вдруг "Малборо" обнаружили у берегов Огненной Земли. Корабль шел под всеми парусами. Капитан встречного составил подробный отчет о том, что он увидел: все члены команды "Малборо" находились на своих местах: один лежал у штурвала, трое - на палубе у люка, десять вахтенных - у своих постов, шестеро - внизу. На скелетах еще сохранились лохмотья одежды.
- Что произошло с командой парусника, осталось неизвестным.

Другая история тех же лет. Осенью 1894 года германский пароход "Пиккубен" встретился в Индийском океане с трехмачтовым парусником "Эбий Эсс Харт". На его мачте был вывешен сигнал бедствия. Немецкие моряки нашли на судне лишь одного живого человека, капитана, но узнать у него что-нибудь о трагедии было невозможно: капитан сошел с ума. Остальные 38 членов экипажа были мертвы.

В морях встречаются блуждающие корабли с мертвыми моряками на борту или по неведомой причине покинутые всей командой. Можно привести не один десяток морских трагедий, расследованных в свое время со всей возможной тщательностью. Но вопрос, что же там могло произойти, остается без ответа. Эта морская тайна не дает покоя историкам морских плаваний.

- (Из книги Владимира Мезенцева "В тупиках мистики".)

- В начале 1950-х годов французский исследователь Гавро, изучавший влияние инфразвука на организм человека, установил, что при колебаниях порядка 6 Гц у добровольцев, участвовавших в опытах возникает ощущение усталости, потом беспокойства, переходящего в безотчетный ужас.
- По мнению Гавро, при 7 Гц возможен паралич сердца и нервной системы

- Ритмы характерные для большинства систем организма человека лежат в инфразвуковом диапазоне:
- сокращения сердца 1-2 Гц
- дельта-ритм мозга (состояние сна) 0,5-3,5 Гц
- **альфа-ритм мозга (состояние покоя) 8-13 Гц**
- бета-ритм мозга (умственная работа) 14-35 Гц .
- Внутренние органы вибрируют тоже с инфразвуковыми частотами. В инфразвуковом диапазоне находится ритм кишечника.

- **"Голос моря"** - это инфразвуковые волны, возникающие над поверхностью моря при сильном ветре, в результате вихреобразования за гребнями волн. Вследствие того, что для инфразвука характерно малое поглощение, он может распространяться на большие расстояния, а поскольку скорость его распространения значительно превышает скорость перемещения области шторма, то "голос моря" может служить для заблаговременного предсказания шторма
- Своеобразными индикаторами шторма являются медузы. На краю "колокола" у медузы расположены примитивные глаза и органы равновесия - слуховые колбочки величиной с булавоочную головку. Это и есть "уши" медузы. Они слышат инфразвуки с частотой 8 - 13 герц. Шторм разыгрывается еще за сотни километров от берега, он придет в эти места примерно часов через 20, а медузы уже слышат его и уходят на глубину.
- Инфразвук, образующийся в море, называют одной из возможных причин появления «летучих голландцев» — судов, покинутых экипажем в открытом море в ситуации, когда физической опасности судну нет ([Бермудский треугольник](#), [Корабль-призрак](#)).

- Голосовые сигналы **синий кит** использует, прежде всего, для обмена сигналами с сородичами; они, очевидно, не используются для эхолокации. Звуки, издаваемые синим китом, имеют частоту, в среднем, ниже, чем у других полосатиков, в основном, в диапазоне ниже 50 Гц, а преимущественно — 8—20 Гц, то есть являются инфразвуками.
- Их интенсивность почти не бывает ниже 60 децибел, наибольшую интенсивность крики блювалов имеют на самых низких частотах, около 1 Гц, такие сигналы длятся 8—18 секунд. Инфразвуковые сигналы лучше всего подходят для общения на больших расстояниях в условиях миграций, когда киты движутся в нескольких километрах один от другого.
- Исследования американских специалистов, проведённые у Антарктиды, показали, что синие киты могут обмениваться сигналами на расстоянии до 33 км. Голос блювала, как и других крупных китов, чрезвычайно громкий. Указанное исследование приводит данные, что, в среднем, голоса синих китов имели интенсивность в 189 децибел на 1 микропаскаль на расстоянии в 1 метр (в диапазоне 25—29 Гц). Сигналы подобной громкости (интенсивностью 188 децибел в диапазоне 14—222 Гц) регистрировались и ранее. Голос синего кита интенсивностью 189 децибел регистрировался учёными на расстоянии 200 км, но другие исследователи сообщали, что им удавалось зарегистрировать крики синих китов на расстоянии 400 и даже 1600 км.

# Инфразвуковое оружие

- **Инфразвуковое оружие** — [оружие](#), использующее в качестве поражающего средства достаточно сильный [инфразвук](#) (диапазон ниже порога восприятия человеческого уха). В зависимости от силы инфразвукового воздействия результаты могут быть от возникновения у объекта чувства [страха](#), ужаса или паники и [психозов](#) на их почве до [соматических расстройств](#) (от расстройств [зрения](#) до повреждения внутренних органов).
- Оружием, работающем именно в инфразвуковом частотном диапазоне, являются устройства акустического воздействия на биологические объекты «[Шепот](#)», смонтированные в щиты полицейских и бойцов Росгвардии, предназначенные для разгона демонстраций «путем дистанционного формирования инфранизкочастотных колебаний»

- А с 2017 года систему "нелетального нелинейно-параметрического акустического воздействия на биологические объекты "Шепот", предназначенную "для создания останавливающего эффекта" и воздействующую "на нарушителей правопорядка путем дистанционного формирования инфранизкочастотных колебаний" активно заказывает уже командование войск Национальной гвардии. В мае 2017 года Нацгвардия заказала 50 единиц "Шепота" на **86,712 млн рублей**, причем в [лоте](#) на сайте госзакупок обозначено, что это ежегодная закупка – то есть раз в год нацгвардейцы будут покупать не менее 50 единиц "Шепота"?
- О самой системе для создания "определенных поведенческих реакций у нарушителей правопорядка" [известно](#), что это излучатель, воздействующий на центральную нервную систему, способный поражать на дистанции около 60 метров и непрерывно работать до 4 часов. **Излучаемый низкочастотный заряд еще называют инфразвуком, под его воздействием человек впадает в угнетенное состояние, у него начинается паника, а в результате воздействия инфразвука у человека может возникнуть болевой шок, травмы органов дыхания и слуха, лопаются слуховые перепонки.** Установка создает акустическое давление на человека до 120 децибел, в то время как максимальной санитарной нормой считается 107 децибел. Более того, вполне реальна опасность остановки сердца – если с частотой его биения войдет в резонанс частота излучения.

# Ультразвук

- **Ультразвук** — колебание звуковой волны больше 20 кГц.
- На производстве ультразвук применяют для дефектоскопии отливок, сварных швов, пластмасс, при измельчении твердых веществ в жидкостях, для очистки и обезжиривания деталей, гомогенизации молока, резания, сварки металла, дробления, сверления хрупких материалов, ускорения брожения при изготовлении вин, в медицине - для диагностики и лечения многих заболеваний.
- — Низкочастотные ультразвуковые колебания распространяются воздушным и контактным путем.
- — Высокочастотные - контактным путем.
- Вредное воздействие — на сердечно-сосудистую систему; нервную систему; эндокринную систему; нарушение терморегуляции и обмена веществ. Местное воздействие может привести к онемению.

## *Нормирование ультразвука*

- ГОСТ 12.1.001-89. Нормируются логарифмические уровни звукового давления в октавных полосах:
  - 12,5 кГц      не более 80 дБ
  - 20 кГц        90 дБ
  - 25 кГц        105 дБ
  - от 31-100 кГц      110 дБ

# *Меры защиты*

- Использование блокировок.
- Звукоизоляция (экранирование).
- Дистанционное управление.
- Противошумы.
  
- Приборы контроля:  
виброакустическая система типа  
RFT.

Благодарю за внимание