

**Воздействие
виброакустических факторов
на организм человека**

Воздействие виброакустических факторов на организм человека

К виброакустическим факторам относятся:

- 1) шум
- 2) инфразвук
- 3) ультразвук
- 4) вибрация (общая и локальная)

Классификация шумов по природе возникновения

ШУМ – нежелательный для человека звук

- ✓ **Механический шум**
- ✓ **Аэродинамический и гидродинамический шум**
- ✓ **Электромагнитный шум**

Основные физические характеристики шума

Звук – упругие колебания, распространяющиеся волнообразно в твердой, жидкой или газообразной среде, если эти колебания лежат в диапазоне частот от 16 Гц до 20 кГц.

Звуковое поле – область пространства, в которой распространяются звуковые волны.

Интенсивность звука в данной точке - средний поток энергии в какой-либо точке среды в единицу времени, отнесенный к единице поверхности, нормальной к направлению распространения звуковой волны:

$$I = P^2 / \rho c \text{ [Вт/м}^2\text{]},$$

где ρ - плотность среды, c – скорость распространения звуковой волны

Звуковое давление P , Па – разность между мгновенными значениями полного(при наличии источника шума) и среднего (при отсутствии источника шума) давлений.

Основные физические характеристики шума

Любой источник шума характеризуется, прежде всего, **звуковой мощностью W , Вт.**

Звуковая мощность – это общее количество звуковой энергии, излучаемой источником шума в окружающее пространство в единицу времени.

$$W = \int I \, dS$$

Источники шума часто излучают звуковую энергию неравномерно по всем направлениям, т.е. обладают определенной направленностью излучения.

Вводится понятие показателя направленности:

$$G = 10 \lg \Phi = 10 \lg I / I_{\text{ср}},$$

где Φ – фактор направленности; $I_{\text{ср}}$ – интенсивность, которую развил бы в точке ненаправленный источник; I – интенсивность звука, создаваемая направленным источником в этой же точке.

Основные физические характеристики шума

Уровень интенсивности звука:

$$L_I = 10 \lg I/I_0, \text{ дБ}$$

где I_0 – интенсивность звука, соответствующая порогу слышимости ($I_0 = 10^{-12}$ Вт/м² на частоте 1000 Гц).

Уровень звукового давления:

$$L_p = 10 \lg P^2/P_0^2, \text{ дБ}$$

где P_0 – звуковое давление, соответствующее порогу слышимости ($P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па на частоте 1000 Гц).

Уровень звуковой мощности:

$$L_w = 10 \lg W/W_0, \text{ дБ}$$

где $W_0 = 10^{-12}$ Вт.

Бел (Б) – логарифмическая единица, отражающая десятикратную степень увеличения.

Если в расчетную точку попадает шум от нескольких источников, складывают их интенсивности, но не уровни

$$I_\Sigma = I_1 + I_2 + I_3 \quad L_\Sigma = 10 \lg \left(\sum_{i=1}^n 10^{0,1 L_i} \right),$$

Производственный шум характеризуется спектром, который состоит из звуковых волн разных частот.

При исследовании шумов обычно слышимый диапазон 16 Гц - 20 кГц разбивают на полосы частот и определяют звуковое давление, интенсивность или звуковую мощность, приходящиеся на каждую полосу.

Как правило, спектр шума характеризуется уровнями названных величин, распределенными по октавным полосам частот.

Октавная полоса частот-диапазон частот, в котором верхняя граница вдвое больше нижней.

Октава характеризуется среднегеометрической частотой: $f_{cp} = \sqrt{f_1 * f_2}$

Стандартный ряд среднегеометрических частот-

$f_{cp}, \text{Гц}$	$f_1, \text{Гц}$	$f_2, \text{Гц}$
16	11	22
31,5	22	44
63	44	88
125	88	177
250	177	355
500	355	710
1000	710	1420
2000	1420	2840
4000	2840	5680
8000	5680	11360

Классификации шумов

1. По частотной характеристике:

- низкочастотные – до 350 Гц;
- среднечастотные – 350-800 Гц;
- высокочастотные – свыше 800 Гц.

2. по характеру спектра:

- широкополосные, с непрерывным спектром шириной более одной октавы;
- тональные – имеются превышения уровня шума в одной полосе над соседними не менее чем на 10 дБ;

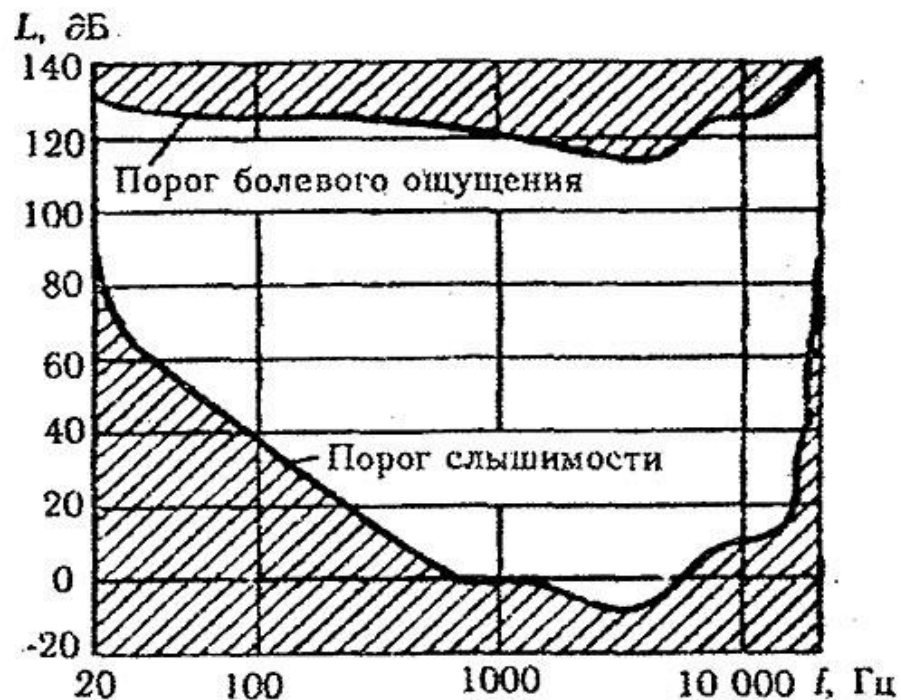
3. по временным характеристикам:

- постоянные, уровень звука которых за 8-часовой рабочий день изменяется во времени не более, чем на 5 дБ;
- непостоянные, уровень звука которых за 8-часовой рабочий день изменяется во времени не менее, чем на 5 дБ.

Непостоянные шумы в свою очередь подразделяются на:

- колеблющиеся во времени – уровень звука во времени изменяется непрерывно;
- прерывистые, уровень звука которых ступенчато изменяется (на 5 дБ и более), причем длительность интервалов, в течении которых уровень остается постоянным и превышающим уровень фонового шума, составляет 1 с и более;
- импульсные, состоящие из одного или нескольких звуковых сигналов, каждый длительностью менее 1 с.

Воздействие шума на организм человека



Частотная характеристика А - характеристика, приближающаяся к частотной характеристике чувствительности человеческого уха

Уровни различных звуков в зависимости от источника шума и расстояния

Источник шума	Расстояние, м	Уровень шума, дБА
Жилая комната		35
Речь средней громкости	1	60
Металлорежущие станки	На рабочем месте	80-96
Дизельный грузовик	7	90
Пневмоперфоратор	1	100
Реактивный двигатель	25	140
Выстрел из артиллерийского орудия	1-2	160-170

Нормирование шума

Основные нормативные документы:

- СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»)
- ГОСТ ССБТ 12.1.003 - 2014 "Шум. Общие требования безопасности"

1. Нормирование по предельному спектру

Предельный спектр – совокупность девяти допустимых уровней звукового давления

2. Нормирование звука в дБА

Частотная коррекция - разность между уровнем сигнала, показываемым на устройстве отображения шумомера, и соответствующим уровнем установившегося синусоидального (далее - синусоидального) входного сигнала с постоянной амплитудой как функция частоты

Стандартные значения поправок для частотной коррекции по шкале А

Частота, Гц	16	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Коррекция ΔL_A , дБА	80	42	26,3	16,1	8,6	3,2	0	-1,2	-1,0	1,1

Нормирование шума

Корректированный по шкале А уровень звукового давления в дБА в i -й октавной полосе частот:

$$L_{pAi} = L_{pi} - DL_{Ai}.$$

Акустический уровень шума (уровень звука), дБА - суммарный уровень шума (уровень громкости) со сложным спектральным составом L определяется по уровням звукового давления составляющих во всех октавных полосах частот по формуле:

$$L = 10 \lg \left(\sum_{i=1}^n 10^{0,1 L_{pAi}} \right)$$

Эквивалентный /по энергии/ уровень звука, $L_{AэквT}$, дБА, непостоянного шума - уровень звука постоянного широкополосного шума, который в пределах установленного интервала времени T имеет такое же среднеквадратичное звуковое давление, что и данный непостоянный шум в течение определенного интервала времени:

$$L_{AэквT} = 10 \cdot \lg \left[\frac{1}{t_2 - t_1} \cdot \int_{t_1}^{t_2} \frac{p(t)_A^2}{p_0^2} dt \right]$$

где t_1 и t_2 - начальный и конечный момент времени соответственно для временного интервала T ; $p_A(t)$ - мгновенное значение звукового давления, скорректированного по шкале «А», Па.

Нормирование шума

Максимальный уровень звука, L_{pAmax} дБА - это наибольшая величина уровня звука, измеренная на заданном интервале времени со стандартной временной коррекцией

Пиковый скорректированный по С уровень звука (уровень звука С), L_{pCpeak} , дБС - это десять десятичных логарифмов отношения квадрата пикового звукового давления, измеренного с использованием стандартизированной частотной коррекции, к квадрату опорного звукового давления

Нормируемыми показателями шума на рабочих местах являются:

- эквивалентный уровень звука А за рабочую смену
- максимальные уровни звука А, измеренные с временными коррекциями S (1 с) и I (40 мс)
- пиковый уровень звука

Нормирование шума

Эквивалентные уровни звука на рабочих местах с учетом напряженности и тяжести трудового процесса

Категории напряженности трудового процесса	Категории тяжести трудового процесса		
	Легкая и средняя физическая нагрузка	Тяжелый труд I степени	Тяжелый труд 2 степени
Напряженность легкой и средней степени	80	75	75
Напряженный труд 1 степени	70	65	65
Напряженный труд 2 степени	60	-	-
Напряженный труд 3 степени	50	-	-

Максимальные уровни звука А, измеренные с временными коррекциями S и I, не должны превышать 110 дБА и 125 дБА соответственно.

Пиковый уровень звука С не должен превышать 137 дБС.

Акустический расчет

Акустический расчет включает:

- выявление источников шума и определение их шумовых характеристик;
- выбор расчетных точек и определение допустимых уровней звукового давления $L_{доп}$ для этих точек;
- расчет ожидаемых уровней звукового давления L_p в расчетных точках;
- расчет необходимого снижения шума в расчетных точках;
- разработка строительно-акустических мероприятий для обеспечения требуемого снижения шума или по защите от шума (с расчетом).

Акустический расчет выполняется в соответствии с методикой, предложенной СНиП 23-03-2003 и актуализированной СП 51.13330.2011 «Защита от шума» (введена в действие 20.05.2011 г.). Акустический расчет выполняется во всех расчетных точках для восьми октавных полос со среднегеометрическими частотами от 63 до 8000 Гц с точностью до десятых долей дБ.

Акустический расчет

Расчет ожидаемых октавных уровней звукового давления в помещении с одним источником шума:

а) в зоне прямого и отраженного звука:

$$L_p = L_w + 10 \lg \left(\frac{\chi \Phi}{S} + \frac{4\psi}{B} \right)$$

б) в зоне прямого звука:

$$L_p = L_w + 10 \lg \left(\frac{\chi \Phi}{S} \right)$$

в) в зоне отраженного звука:

$$L_w = L - 10 \lg B + 10 \lg \psi + 6$$

Акустический расчет

Расчет ожидаемых октавных уровней звукового давления в помещении с несколькими источниками шума:

а) в зоне прямого и отраженного звука:

$$L_p = 10 \lg \left(\sum_{i=1}^m \frac{10^{0,1L_W} \chi_i \Phi_i}{S_i} + \frac{4\psi}{B} \sum_{i=1}^n 10^{0,1L_{Wi}} \right)$$

б) в зоне прямого звука:

$$L_p = L_W + 10 \lg \left(\sum_{i=1}^n \frac{1}{2\pi r_i^2} + \frac{4n}{B} \right)$$

в) в зоне отраженного звука:

$$L_p = 10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{0,1L_{Wi}} - 10 \lg B + 10 \lg \psi + 6$$

Методы борьбы с шумом

- ❑ **уменьшение шума машин в источнике**
 - механические шумы: улучшение конструкций машин и механизмов, замена металлических деталей на пластмассовые, замена ударных технологических процессов на безударные, нанесение смазки на трущиеся детали и т.д.
 - аэродинамические и гидродинамические шумы: снижение скорости обтекания препятствий, снижение скорости истечения газовой струи и уменьшение диаметра отверстия, выбор оптимальных режимов работы насосов по перекачиванию жидкостей и т.д.
 - электромагнитные шумы: тщательное уравнивание вращающихся деталей электромашин (ротор, подшипники), тщательная притирка щеток электродвигателей и т.д.
- ❑ **применение технологических процессов, обеспечивающих ПДУ**
- ❑ **строительно-акустические мероприятия** (звукоизоляция строительных конструкций, установка звукоизолирующих кожухов, рациональная планировка помещений и размещения оборудования, экранирование, установка глушителей шума в системах отопления, вентиляции, кондиционирования и т.д.)
- ❑ **применение дистанционного управления шумными машинами и механизмами**
- ❑ **обязательное применение средств индивидуальной защиты при уровне шума на р.м. более 85 дБА**
- ❑ **организационные мероприятия** (рациональный режим чередования труда и отдыха, сокращенный рабочий день, неделя)

Классификация вибраций

Вибрация – движение точки или механической системы, при котором происходит поочередное возрастание и убывание во времени значений, по крайней мере, одной координаты.

Классификации вибраций:

1. По способу передачи вибрации на человеческий организм:

- общая (через опорные поверхности, вызывает сотрясение всего организма)
- локальная (вовлекает в колебательные движения отдельные части тела)

2. По источнику возникновения вибраций:

- *локальную вибрацию*, передающуюся человеку от ручного механизированного инструмента (с двигателями), органов ручного управления машинами и оборудованием;
- *локальную вибрацию*, передающуюся человеку от ручного немеханизированного инструмента (например, рихтовочных молотков), приспособлений и обрабатываемых деталей;
- *общую вибрацию 1 категории* - транспортную вибрацию, воздействующую на человека на рабочих местах подвижного состава железнодорожного транспорта, членов экипажей воздушных судов, самоходных и прицепных машин, транспортных средств при движении по местности, агрофонам и дорогам (*трактора, экскаваторы, горные комбайны, бетоноукладчики*).

Классификация вибраций

2. По источнику возникновения вибраций:

- **общую вибрацию 2 категории** - транспортно-технологическую вибрацию, воздействующую на человека на рабочих местах машин, перемещающихся по специально подготовленным поверхностям производственных помещений, промышленных площадок, горных выработок. *К источникам транспортно-технологической вибрации относят: экскаваторы (в том числе роторные), краны промышленные и строительные, машины для загрузки (завалочные) мартеновских печей в металлургическом производстве; горные комбайны, шахтные погрузочные машины, самоходные бурильные каретки; путевые машины, бетоноукладчики, напольный производственный транспорт*
- **общую вибрацию 3 категории** - технологическую вибрацию, воздействующую на человека на рабочих местах стационарных машин или передающуюся на рабочие места, не имеющие источников вибрации. *К источникам технологической вибрации относят: станки металло- и деревообрабатывающие, кузнечно-прессовое оборудование, литейные машины, электрические машины, стационарные электрические и энергетические установки, насосные агрегаты и вентиляторы, оборудование для бурения скважин, буровые станки, машины для животноводства, очистки и сортировки зерна (в том числе сушилки), оборудование промышленности строительных материалов (кроме бетоноукладчиков), установки химической и нефтехимической промышленности и другое оборудование.*

Классификация вибраций

3. По характеру спектра:

- *узкополосные вибрации*, у которых контролируемые параметры в одной третьоктавной полосе частот более чем на 15 дБ превышает значения в соседних третьоктавных полосах
- *широкополосные вибрации* – с непрерывным спектром шириной более одной октавы

4. По частотному составу:

- *низкочастотные вибрации* – с преобладанием максимальных уровней в октавных полосах частот от 1 до 4 Гц для общих вибраций, от 8 до 16 Гц для локальных вибраций
- *среднечастотные вибрации* – с преобладанием максимальных уровней в октавных полосах частот от 8 до 16 Гц для общих вибраций, от 31.5 до 63 Гц для локальных вибраций
- *высокочастотные вибрации* – с преобладанием максимальных уровней в октавных полосах частот от 31.5 до 63 Гц для общих вибраций, от 125 до 1000 Гц для локальных вибраций

Классификация вибраций

5. По временным характеристикам:

- *постоянные вибрации*, для которых величина нормируемых параметров изменяется не более чем в 2 раза (на 6 дБ) за время наблюдения
- *непостоянные вибрации*, для которых величина нормируемых параметров изменяется не менее чем в 2 раза (на 6 дБ) за время наблюдения не менее 10 минут при измерении с постоянной времени 1 с, в том числе:
 - а) *колеблющиеся во времени вибрации*, для которых величина нормируемых параметров непрерывно изменяется во времени
 - б) *прерывистые вибрации*, когда контакт человека с вибрацией прерывается, причем длительность интервалов, в течение которых имеет место контакт, составляет более 1с
 - с) *импульсные вибрации*, состоящие из одного или нескольких вибрационных воздействий (например, ударов), каждый длительностью менее 1 с

Гигиеническое нормирование вибраций

Уровень виброускорения:

$$La = 10 \lg \frac{a^2}{a_0^2},$$

где a – среднее квадратическое значение виброускорения, $м/с^2$;
 $a_0 = 1 \cdot 10^{-6}$ – опорная величина виброускорения, $м/с^2$.

Нормируемым параметром при гигиенической оценке вибрации является:

Эквивалентный скорректированный уровень виброускорения за рабочую смену:

$$L_{A(8)} = 10 \cdot \lg \left(\frac{1}{T_0} \sum T_i \cdot 10^{0,1 \cdot La_i} \right)$$

T_i - продолжительность i -го интервала воздействия вибрации, ч;

La_i - уровни виброускорения, действующие в течение времени T_i , дБ.

Методы снижения вибраций машин и оборудования

- ❑ **снижение вибраций воздействием на источник возбуждения** (посредством снижения возбуждающих сил) (заменаковки, штамповки — прессованием; ударной правки — вальцовкой; пневматической клепки и чеканки — гидравлической клепкой и сваркой)
- ❑ **отстройка от режима резонанса** путем рационального выбора массы или жесткости колеблющейся системы
- ❑ **вибродемпфирование** — процесс уменьшения уровня вибраций защищаемого объекта путем превращения энергии механических колебаний системы в тепловую энергию (установка на защищаемый объект защитного устройства — упругодемпфирующего элемента, состоящего из элемента упругости и элемента демпфирования, соединенных параллельно)
- ❑ **динамическое гашение колебаний** — присоединение к защищаемому объекту системы, реакции которой уменьшают размах вибраций объекта в точках присоединения системы
- ❑ **изменение конструктивных элементов машин и строительных конструкций**