

## *Тема. Вибрации и акустические колебания и защита от них*

1. Основные характеристики вибрационного поля и единицы измерения вибрационных параметров. Классификация видов вибраций. Воздействие вибраций на человека. Нормирование вибраций, вибрационная болезнь.

2. Основные характеристики акустического поля и единицы измерения параметров шума. Классификация акустических колебаний и шумов. Действие акустических колебаний – шума на человека, особенности воздействия на человека акустических колебаний различных частотных диапазонов – инфразвуковых, звуковых, ультразвуковых; физиологическое и психологическое воздействие.

Заболевания, в том числе профессиональные, связанные с акустическим воздействием. Влияние шума на работоспособность человека и его производительность труда.

3. Основные принципы, методы, средства защиты от вибрации, шума, инфра- и ультразвука.

# Воздействие виброакустического фактора на организм человека

Шум

- снижение внимания;
- увеличение расхода энергии при одинаковой физической нагрузке;
- замедление скорости психических реакций и т.п.

Вибрации

При действии на организм общей вибрации страдает в первую очередь нервная система и анализаторы: вестибулярный, зрительный, тактильный.

Инфразвук

- угнетение слуховой, вестибулярной и статокINETической функций;
- появление признаков утомления;
- снижение работоспособности.

Ультразвук

- функциональные изменения центральной нервной системы;
- вегетососудистая дистония;
- головная боль, головокружения

**Виброакустические колебания** — это упругие колебания твердых тел, газов и жидкостей, возникающие в рабочей зоне при работе технологического оборудования, движении технологических транспортных средств.

**Вибрация** — это малые механические колебания, возникающие в упругих телах.

\* Это фактор производственной среды, связанный с механическими колебаниями, сотрясениями, толчками, воздействующими на тело или отдельные органы человека.

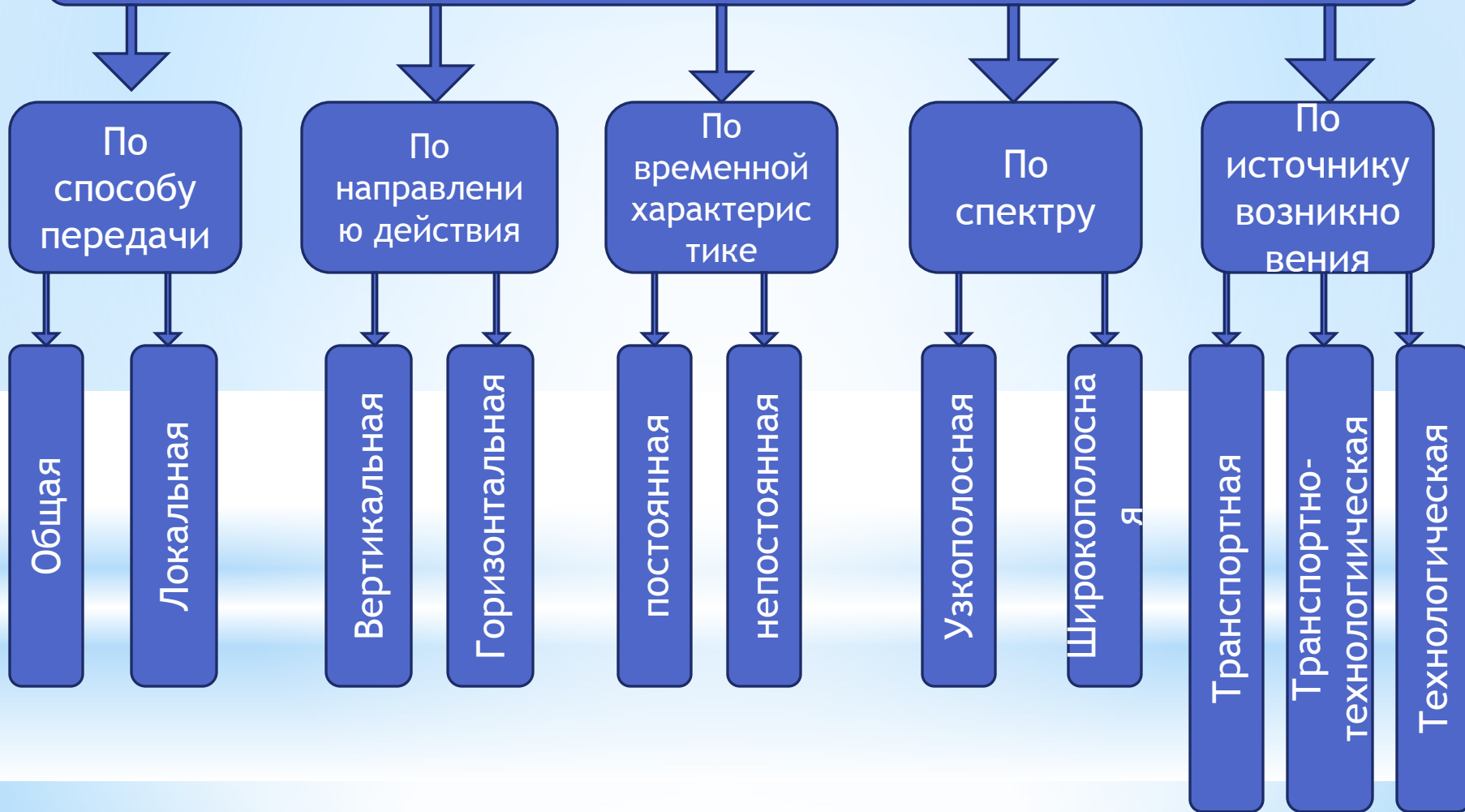
\* Причины возникновения в ГА: работа двигателей, самолета, несущей системы вертолета, аэродинамические силы в процессе полета.

## **Источники возникновения вибрации:**

- работающие электродвигатели, особенно плохо сбалансированные;
- двигатели внутреннего сгорания;
- газотурбинные двигатели транспортных средств
- работающее дерево - и металлообрабатывающее оборудование, плохое состояние дорожного покрытия
- ручной электроинструмент - дрели, отбойные молотки и др.

**Вибрация** - колебательные движения упругих тел, конструкций, сооружений около положения равновесия.

## Классификация вибрации



Воздействие вибрации на человека **классифицируют:**

- \* по способу передачи колебаний;
- \* по направлению действия вибрации;
- \* по временной характеристике вибрации.

По способу передачи колебаний различают *общую и локальную (местную)* вибрации.

- \* Общая вибрация вызывает сотрясение всего организма.
- \* Местная воздействует на отдельные части тела.
- \* Работающий может одновременно подвергаться общей и местной вибрации (комбинированная вибрация).



По направлению действия вибрация подразделяется на:

- \* вертикальную вибрацию;
- \* горизонтальную вибрацию — от спины к груди;
- \* горизонтальную вибрацию — от правого плеча к левому плечу.

**По временной характеристике различают:**

- \* постоянную вибрацию для которой контролируемый параметр за время наблюдения изменяется не более чем в 2 раза (6 дБ);
- \* непостоянную вибрацию, изменяющуюся по контролируемым параметрам более чем в 2 раза.

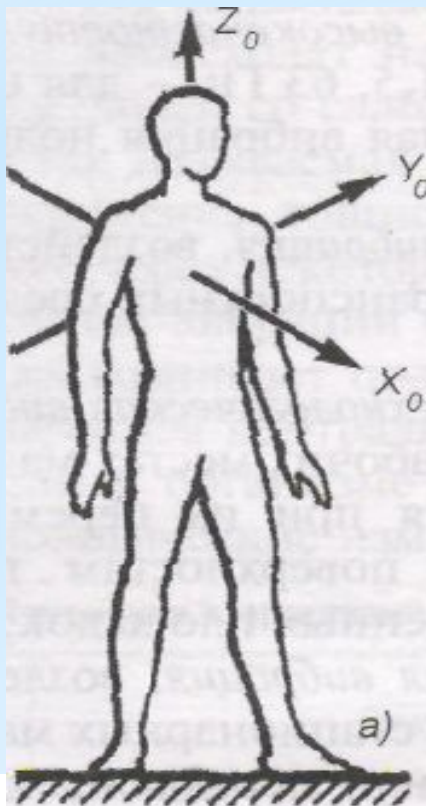


Рис.1. Направление координат осей при действии общей вибрации: *a* — положение стоя; *б* — положение сидя; ось  $Z_0$  — вертикальная, перпендикулярная опорной поверхности; ось  $X_0$  — горизонтальная от спины к груди;  $Y_0$  — горизонтальная от правого плеча к левому



## *Основные параметры, характеризующие вибрацию.*

- **частота ( $f$ )** - количество колебаний в единицу времени  $f = 1/T$ . Частота измеряется в герцах (Гц, 1/с) — количестве колебаний в секунду. Частоты производственных вибраций изменяются в широком диапазоне: от 0,5 до 8000 Гц.
- **период колебания  $T$  (с)** - время, в течение которого происходит одно колебание, называется :  $T = 1/f$ .
- **виброскорость (в м/с) или виброускорение.**
- При повышении частот колебаний более 0,7 Гц возможны резонансные колебания в органах человека. Особое значение резонанс приобретает

## **Воздействие вибрации на организм**

**Особенно опасна вибрация на резонансных или околорезонансных частотах (6–9 Гц).**

Вибрационная патология стоит на втором месте (после пылевых) среди профессиональных заболеваний.

Вибрация нарушает деятельность сердечно-сосудистой и нервной систем, вызывает вибрационную болезнь.

**Выделяют три вида виброболезни:**

от воздействия общей, локальной и толчкообразной вибраций.

При действии на организм **общей вибрации** страдает в первую очередь **нервная система и анализаторы: вестибулярный, зрительный, тактильный.**

**Признаки виброболезни: головокружения, расстройство координации движений, равновесия тела, симптомы укачивания; нарушение зрительной функции (сужение и выпадение отдельных участков полей зрения, снижение остроты зрения, иногда до 40 %; снижение болевой, тактильной чувствительности.**

**Толчкообразная вибрация** особенно опасна, так как вызывает микротравмы различных тканей с последующими реактивными изменениями.

Бич современного производства, особенно машиностроения,— **локальная вибрация**. Локальной вибрации подвергаются главным образом люди, работающие с ручным механизированным инструментом. Локальная вибрация вызывает спазмы сосудов кисти, предплечий, нарушая снабжение конечностей кровью. Одновременно колебания действуют на нервные окончания, мышечные и костные ткани, вызывают снижение кожной чувствительности, отложение солей в суставах пальцев, деформируя и уменьшая подвижность суставов.

**К факторам производственной среды, усугубляющим вредное воздействие вибраций на организм, относятся:**

- чрезмерные мышечные нагрузки**
- неблагоприятные микроклиматические условия, особенно пониженная температура**
- шум высокой интенсивности**
- психоэмоциональный стресс.**

**Охлаждение и смачивание рук значительно повышает риск развития вибрационной болезни за счет усиления сосудистых реакций.**

**\* Вибрационная болезнь - профессиональное заболевание, обусловлено длительным (не менее 3-5 лет) воздействием вибрации в условиях производства. В зависимости от частоты и длительности воздействия, его локализации и сопутствующих факторов различают 3 стадии виброболести.**

**\* Чаще всего поражаются сосуды конечностей, а также нервная система. В тяжелых случаях может нарушаться деятельность сердечно-сосудистой системы, органов пищеварения, страдают кости и суставы.**



## **Нормирование вибрационного фактора на рабочих местах**

- ГОСТ 26568-85. «Вибрация. Методы и средства защиты. Классификация» устанавливает классификацию методов и средств, предназначенных для снижения вибрации ручных, стационарных, самоходных и прицепных машин, оборудования, строительных конструкций и уменьшения вредного воздействия вибрации на человека-оператора.
- ГОСТ ИСО 8041-2006 «Вибрация. Воздействие вибрации на человека. Средства измерений» устанавливает требования к характеристикам средств измерений параметров ускорения, используемых при оценке воздействия вибрации на человека, а также к методам подтверждения этих характеристик в процессе испытаний: для целей утверждения типа, первичной и повторной поверок и проверки работоспособности на месте (в условиях применения средства измерений).
- ГОСТ 12.1.012-2004. «ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования» устанавливает общие требования к обеспечению вибрационной безопасности на производстве, транспорте, в строительстве, горных и других работах, связанных с неблагоприятным воздействием вибрации на человека.



# ЗАЩИТА ОТ ВИБРАЦИИ

- \* *Борьба с вибрацией в источнике ее возникновения* (конструирование и проектирование таких машин и технологических процессов, в которых исключены или снижены неуравновешенные силы).
- \* *Отстройка от режима резонанса* достигается либо изменением характеристик системы (массы и жесткости), либо изменением угловой скорости.
- \* *Вибродемпфирование* – снижение вибрации объекта путем превращения ее энергии в другие виды (в конечном счете – в тепловую). Хорошо демпфируют колебания смазочные масла.
- \* *Виброгашение* – способ снижения вибрации путем введения в систему дополнительных реактивных сопротивлений (например, пружин, амортизаторов).
- \* *Виброизоляция* – способ уменьшения вибрации защищенного объекта посредством введения в систему упругой связи, препятствующей передаче вибрации от источника колебаний к основанию или смежным элементам конструкций (например

\* **Акустическими колебаниями** называют колебания упругой среды. Понятие акустических колебаний охватывает как слышимые, так и неслышимые колебания воздушной среды.

\* **Источники шума на производстве:**

\* двигатели, насосы, компрессоры, турбины, пневматические и электрические инструменты, молоты, дробилки, станки, центрифуги, установки, имеющие движущиеся детали.

- \* **Акустические колебания в диапазоне частот 16..20 кГц, воспринимаемые ухом человека с нормальным слухом, называют *звуковыми*.**
- \* **Акустические колебания с частотой менее 16 Гц называют *инфразвуковыми*, выше 20 кГц - *ультразвуковыми*.**
- \* **Область распространения акустических колебаний называют *акустическим полем*. Часто акустические колебания называют *звуком*, а область их распространения — *звуковым полем*.**

- \* **Шум** – это механические колебания, распространяющиеся в твердой, жидкой или газообразной среде. Частицы среды при этом колеблются относительно положения равновесия.
- \* *Шумом* принято называть апериодические звуки различной интенсивности и частоты.
- \* С физиологической точки зрения шум -это всякий неблагоприятно воспринимаемый человеком звук.

## *Физические характеристики шума*

- \* Звук распространяется в воздухе со скоростью 344 м/с.
- \* Характеристики, определяющие распространение шума и его воздействие на человека:
- \* **Частота.**
- \* **Мощность  $P$  источника шума**
- \* **Интенсивностью звука  $I$**  - мощность, приходящаяся на единицу площади, перпендикулярной к направлению распространения звука
- \* **Акустическое давление  $P$** , возникающее в среде при прохождении звука. Оно измеряется в Н/м<sup>2</sup> или Па.
- \* **Уровень интенсивности шума** - выражаются в децибелах (дБ).

\* Введены особые показатели, называемые уровнями, которые выражаются в децибелах (дБ).

\* Уровень интенсивности шума определяется по формуле:

$$L_i = 10 \lg \frac{I}{I_0} \quad , \text{ дБ}$$

где  $I_0$  – интенсивность, соответствующая порогу слышимости,  $I_0 = 10^{-12}$  Вт/м<sup>2</sup>.



- \* В качестве пороговых значений приняты минимальные значения звукового давления и интенсивности звука, которые слышит человек при частоте звука в 1000 Гц, поэтому они получили названия **порогов слышимости**.
- \* **Область слышимых звуков ограничена двумя пороговыми кривыми:**
  - \* **нижняя — порог слышимости,**
  - \* **верхняя — порог болевого ощущения.**
- \* **Болевым порогом принято считать звук с уровнем 140 дБ, что соответствует звуковому давлению 200 Па и интенсивности 100 Вт/м<sup>2</sup>.**



\* Область слухового восприятия

**Шум** - это беспорядочные колебания различной физической природы, отличающиеся сложностью временной и спектральной структуры.



\* По *временным характеристикам* выделяют:

\* *Постоянный* шум, уровень которого в течение 8-часового рабочего дня изменяется не более чем на 5 дБ;

\* *Непостоянный* - изменение превышает 5 дБ.

\* Непостоянные шумы в свою очередь разделяются на:

\* *колеблющиеся* - уровень звука которых изменяется непрерывно во времени (например, шум транспортных потоков);

\* *прерывистые* - уровень звука которых изменяется ступенчато (на 5 дБ и более), причем длительность интервалов, в которых уровень звука остается постоянным не менее 1 с (например, шум прерывисто сбрасываемого из баллонов сжатого воздуха);

\* *импульсные* - представляющие собой звуковые импульсы, длительностью менее 1 с (например, шум агрегатов и машин работающих в импульсном режиме)

## \* Воздействие фактора на организм человека

\* Шумовое воздействие на рабочем месте приводит к:

\* снижению внимания;

\* увеличению расхода энергии при одинаковой физической нагрузке;

\* замедлению скорости психических реакций и т.п.

\* изменения скорости дыхания и пульса,

\* способствует нарушению обмена веществ, возникновению сердечно-сосудистых заболеваний, язвы желудка, гипертонической болезни,

\* Длительное воздействие шума может привести к ухудшению слуха, а в отдельных случаях – к **нейросенсорной тугоухости**



- \* Шум с уровнем звукового давления до 30...45 дБ привычен для человека и не беспокоит его.
- \* Повышение уровня звука до 40...70 дБ создает дополнительную нагрузку на нервную систему, вызывает ухудшение самочувствия и при длительном воздействии может стать причиной неврозов.
- \* Длительное воздействие шума с уровнем выше 80 дБ может привести к ухудшению слуха — профессиональной тугоухости.
- \* При действии шума выше 130 дБ возможен разрыв барабанных перепонок, контузия, а при уровнях звука выше 160 дБ вероятен смертельный исход.



**Инфразвук** - это упругие колебания и волны с частотами, лежащими ниже полосы слышимых (акустических) частот – 20 Гц.

**Источники инфразвука** - средства наземного, воздушного и водного транспорта, пульсация давления в газоздушных смесях – компрессоры, газотурбинные установки, электросталеплавильные дуговые доменные печи, вентиляционные системы и системы кондиционирования, открытые окна движущихся транспортных средств и т.п.

# Классификация инфразвука

По характеру спектра

Широкополосный

Тональный

По временной характеристике

Постоянный

Непостоянная

## **Воздействие фактора на организм человека**

- угнетение слуховой, вестибулярной и статокINETической функций;
- появление признаков утомления;
- снижение работоспособности.

При сочетанном действии высоких уровней шума и инфразвука количество жалоб работников на плохое самочувствие увеличивается в 3 раза.

\* *Инфразвук* с уровнем от 110 до 150 дБ вызывает:

\* нарушения в центральной нервной системе, сердечно-сосудистой и дыхательной системах, вестибулярном аппарате;

\* возникают головные боли, осязаемое движение барабанных перепонки, звон в ушах и голове, снижается внимание и работоспособность, появляется чувство страха, угнетенное состояние, нарушается равновесие, появляется сонливость, затруднение речи;

\* инфразвук вызывает в организме человека психофизиологические реакции - тревожное состояние, эмоциональная неустойчивость, неуверенность в себе.

**Ультразвук** - это упругие колебания и волны с частотами, лежащими выше полосы слышимых (акустических) частот – 20 кГц.

**Источники ультразвука** - это все виды ультразвукового технологического оборудования, ультразвуковые приборы и аппаратура промышленного, медицинского, бытового назначения, генерирующие ультразвуковые колебания в диапазоне частот от 18 кГц до 100 МГц и выше.

## Классификация ультразвука

*По способу распространения:*

- *контактный* ультразвук - распространяется контактным путем при соприкосновении с твердыми и жидкими средами (при соприкосновении рук или других частей тела человека с источником ультразвука, обрабатываемыми деталями, приспособлениями для их удержания, озвученными жидкостями, сканерами медицинских диагностических приборов, физиотерапевтической и хирургической ультразвуковой аппаратуры и т.д.);
- *воздушный* ультразвук - распространяется по воздуху.

*По типу источников ультразвуковых колебаний выделяют:*

- *ручные* источники;
- *стационарные* источники.

*По спектральным характеристикам ультразвуковых колебаний:*

- *низкочастотный* - 16-63 кГц (указаны среднегеометрические частоты октавных полос);
- *среднечастотный* - 125-250 кГц;
- *высокочастотный* - 1,0-31,5 МГц.

*По режиму генерирования ультразвуковых колебаний выделяют:*

- *постоянный* ультразвук;
- *импульсный* ультразвук.



# Классификация ультразвука

По способу распространения

Контактный

Воздушный

По типу источников

Ручные

Стационарные

По спектральным характеристикам

Высокочастотный

Среднечастотный

Низкочастотный

По режиму генерирования

Постоянный

Импульсный

- \* *Ультразвук* может действовать на человека как через воздушную среду, так и контактно на руки — через жидкую и твердую среды.
- \* Воздействие через воздушную среду вызывает функциональные нарушения нервной, сердечно-сосудистой и эндокринной систем, а также изменения свойств и состава крови, артериального давления.
- \* Контактное воздействие на руки приводит к нарушению капиллярного кровообращения в кистях рук, снижению болевой чувствительности, изменению костной структуры — снижению плотности костной ткани.

## *Методы борьбы с шумом*

Задачами акустического расчета являются:

- 1) определение уровня звукового давления в расчетной точке, когда известен источник шума и его шумовые характеристики;
- 2) определение величины снижения шума;
- 3) разработка мероприятия по снижению шума до допустимой величины.

**Для снижения шума могут быть применены следующие методы:**

- 1) снижение шума в источнике (повышение частоты);
- 2) изменение направленности излучения;
- 3) рациональная планировка предприятий и цехов, акустическая обработка помещений;
- 4) снижение шума на пути его распространения (экраны, кожухи, кабины);
- 5) средства индивидуальной защиты от шума.

# Защита от шума

## Коллективные способы защиты:

- \* снижение шума в источнике его возникновения;
- \* звукоизоляция;
- \* звукопоглощение;
- \* архитектурно-планировочные решения;
- \* специальные глушители.



## Средства индивидуальной защиты:

- \* - антифоны, беруши, вкладыши
- \* противозумные



## Защита от инфразвука

Основным способом защиты является снижение инфразвука в источнике его возникновения

## Защита от ультразвука

Для защиты от ультразвука передающегося через воздушную среду, широко применяют методы звукоизоляции, имеющие высокую эффективность в области высоких частот.

## Защита временем

Регламентированные перерыва для снижения эффекта шумов. Длительность устанавливается с учетом уровня шума, его спектра и средств индивид. защиты.



## **Нормирование акустических колебаний**

**ГОСТ 12.1.001-89. «ССБТ. Ультразвук. Общие требования безопасности».**

Стандарт устанавливает классификацию, характеристику, допустимые уровни ультразвука на рабочих местах и общие требования к ультразвуковым характеристикам оборудования, методам контроля и защите от воздействия ультразвука.

**СанПиН 2.2.4/2.1.8.582-96. «Гигиенические требования при работах с источниками воздушного и контактного ультразвука промышленного, медицинского и бытового назначения».**

Настоящие санитарные правила и нормы устанавливают классификацию, нормируемые параметры и нормативные значения ультразвука на рабочих местах и во внепроизводственных условиях, требования к измерению ультразвука и меры профилактики.

**СН 2.2.4/2.1.8.562-96. «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки».**

Настоящие санитарные нормы устанавливают классификацию шумов; нормируемые параметры и предельно допустимые уровни шума на рабочих местах, допустимые уровни шума в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.



## **СН 3077-84 - Санитарные нормы допустимого шума в помещениях жилых и общественных зданий и на территории жилой застройки.**

Санитарные нормы устанавливают допустимые уровни шума, проникающего в помещения жилых и общественных зданий от внешних и внутренних источников, и допустимые уровни шума на территории жилой застройки.

### **СНиП 23-03-2003. «Защита от шума».**

Настоящие нормы и правила устанавливают обязательные требования, которые должны выполняться при проектировании, строительстве и эксплуатации зданий различного назначения, планировке и застройке населенных мест с целью защиты от шума и обеспечения нормативных параметров акустической среды в производственных, жилых, общественных зданиях и на территории жилой застройки.

## **СН 2.2.4/2.1.8.583-96. «Инфразвук на рабочих местах, в жилых и общественных помещениях и на территории жилой застройки».**

Настоящие санитарные нормы устанавливают классификацию, нормируемые параметры и предельно допустимые уровни инфразвука на рабочих местах, а также допустимые уровни инфразвука в жилых и общественных помещениях и территории жилой застройки.