

# Воздействие шума и вибрации



# Виброакустические колебания

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

# Акустические колебания

- Колебания упругой среды.
- Слышимые и неслышимые колебания воздушной среды.
- **Акустические колебания в диапазоне частот 16 Гц...20 кГц, воспринимаемые ухом человека с нормальным слухом, называют звуковыми.**
- Акустические колебания с частотой менее 16 Гц называют инфразвуковыми, выше 20 кГц – ультразвуковыми

# Источники шума на производстве:

- транспорт,
- технологическое оборудование,
- системы вентиляции,
- пневмо- и гидроагрегаты,
- источники, вызывающие вибрацию, так как **колебания твердых тел** вызывают колебания воздушной среды.

# Шум - сочетание звуков различной частоты и интенсивности

## *Физические характеристики звука:*

*Частота колебаний  $f$  (Гц), - число колебаний звуковой волны в секунду;*

По частоте колебаний звуки классифицируются:

Инфразвук

20Гц

Слышимый  
звук

20000Гц

Ультразвук

# Физические характеристики звука

- **Интенсивность или сила звука  $I$  ( $\text{вт}/\text{м}^2$ )** равна потоку звуковой энергии, проходящей в единицу времени через  $1\text{м}^2$  площади, перпендикулярно распространению звуковой волны  
Интенсивность пропорциональна квадрату звукового давления.
- **Звуковое давление  $P$  (Па)** - это разность между мгновенным давлением в волне и атмосферным давлением;

## Уровень ощущения звука, L

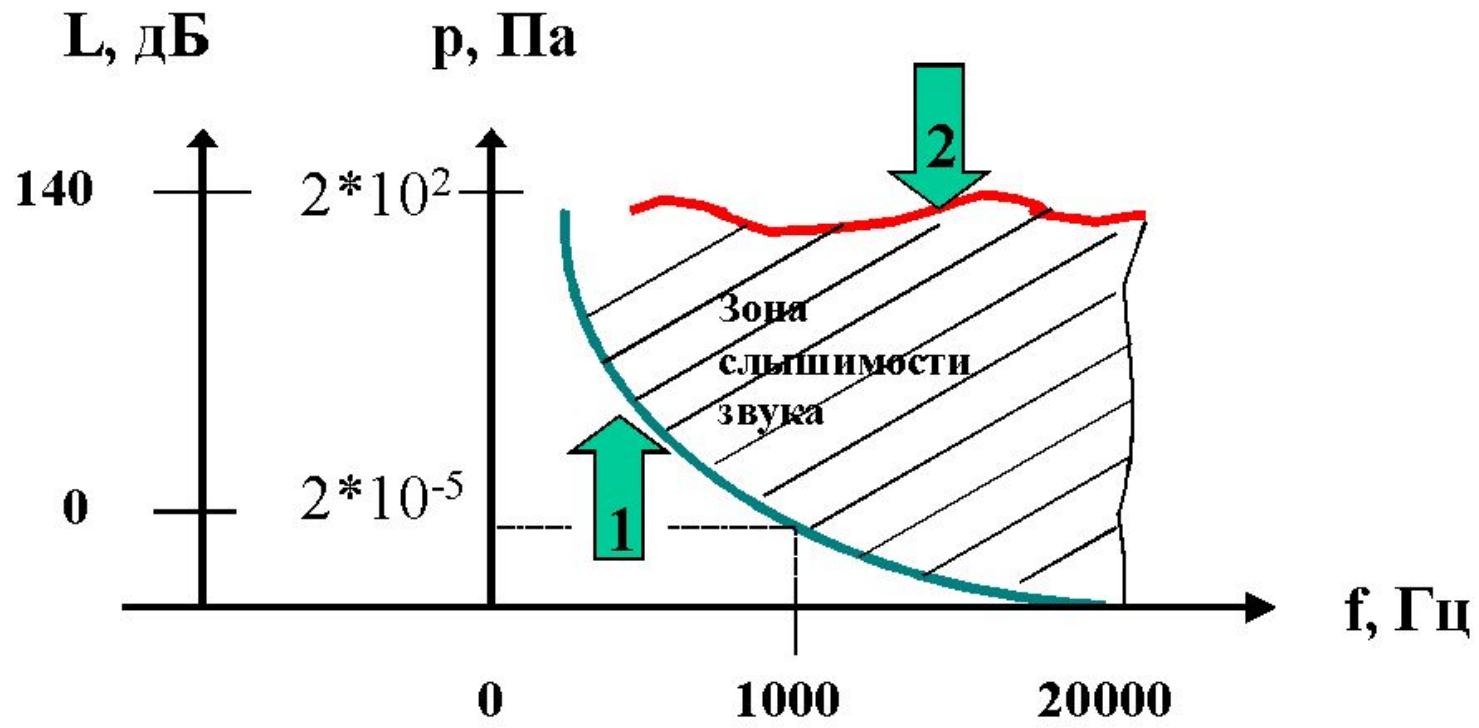
$$L = 10 \lg \frac{I}{I_0} = 10 \lg \frac{p^2}{p_0^2} = 20 \lg \frac{p}{p_0}$$

$$I_0 = 10^{-12} \text{ Вт/м}^2,$$

$$p_0 = 2 \times 10^{-5} \text{ Па}$$

интенсивность и звуковое давление на пороге слышимости.

# Зона слышимости звука



Порог слышимости (1) зависит от частоты, а порог болевого ощущения (2) имеет слабую частотную зависимость. Уровень звука на пороге слышимости равен 0дБ при звуковом давлении  $2 \cdot 10^{-5}$  Па, а на пороге болевого ощущения 140дБ при звуковом давлении  $2 \cdot 10^2$  Па. Область, расположенная между порогами, называется зоной слышимости звука.



# Суммирование уровней шума

$$90 \text{ дБ} + 90 \text{ дБ} =$$

$$93 \text{ дБ}$$

$$80 \text{ дБ} + 74 \text{ дБ} =$$

$$81 \text{ дБ}$$

$$100 \text{ дБ} + 40 \text{ дБ} =$$

$$100 \text{ дБ}$$

$$70 \text{ дБ} + 70 \text{ дБ} + 70 \text{ дБ} =$$

$$75 \text{ дБ}$$

$$L_{\text{сум}} = 10 \lg(2 \cdot I / I_0) = 10 \lg(I / I_0) + 10 \lg 2 = L + 3 \text{ дБ}.$$

Уровни шума являются логарифмическими величинами и их нельзя непосредственно складывать. Для этого применяют правило суммирования уровней:

$$L_{\text{сум.}} = L_{\delta} + \delta L$$

$L$  - больший из суммируемых уровней  
 $\delta L$  - добавка к большему уровню, определяемая по таблице в зависимости от разности уровней.

Если один из суммируемых уровней меньше другого на 10 дБ, то он не учитывается.

$L_1 - L_2$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	12
$\delta L, \text{ дБ}$	3	2,7	2,2	1,8	1,4	1,2	0,9	0,8	0,7	0,3

Для  $n$  одинаковых уровней  $L_1$

$$L_{\text{сум.}} = L_1 + 10 \lg n$$

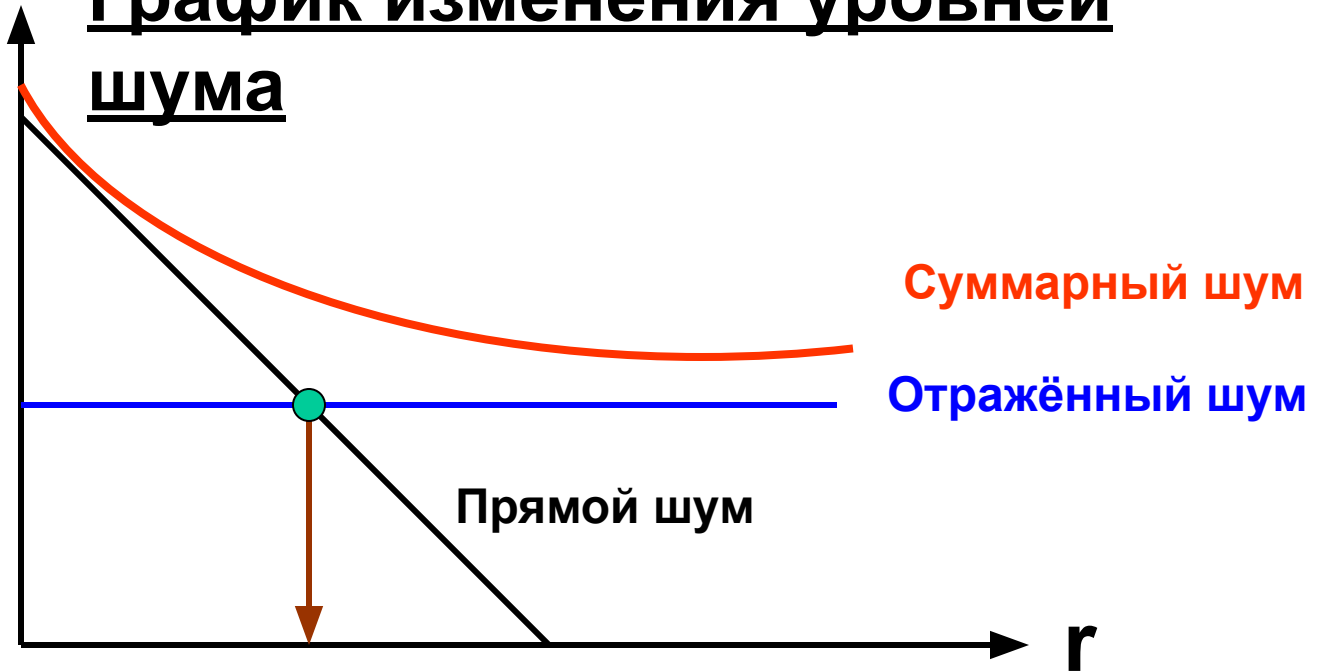
## Окружающие человека шумы имеют разную интенсивность:

- разговорная речь — 50...60дБА,
- автосирена — 100 дБА,
- шум двигателя легкового автомобиля — 80 дБА,
- громкая музыка —70 дБА,
- шум от движения трамвая —70...80 дБА,
- шум в обычной квартире —30...40 дБА.

# Распространение шума в помещении с источником шума

## График изменения уровней шума

Изменение уровней шума



**Зона прямого шума**

**Зона отражённого шума**

Логарифмическая шкала расстояний

# Шум и его характеристики

Уровень звукового давления измеряют в октавных полосах частот. Октава характеризуется среднегеометрической частотой, в октаве соотношение нижней и верхней границ частот равна 1/2.

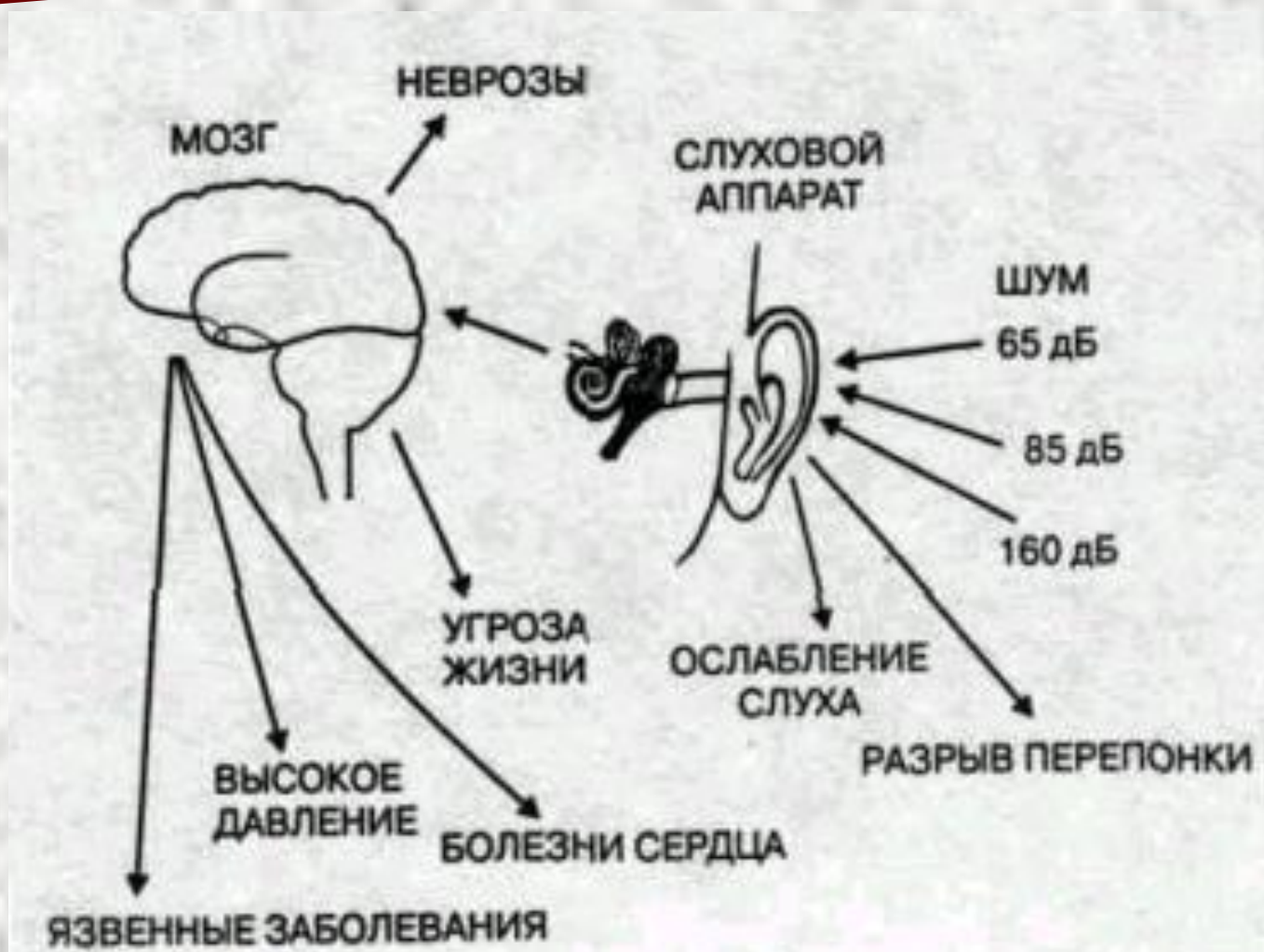
## Среднегеометрические частоты октавных полос

63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Гц
----	-----	-----	-----	------	------	------	------	----

45      90      180      355      710      1400      2800      5600      11200

## Граничные частоты октавных полос

# Воздействие шума на организм человека



# Воздействие шума на человека в производственных условиях

Интенсивный шум на производстве способствует **снижению внимания** и **увеличению числа ошибок** при выполнении работы, исключительно сильное влияние оказывает шум на **быстроту реакций, сбор информации и аналитические процессы**, из-за шума снижается производительность труда и ухудшается качество работы.

# Индивидуальная реакция организма

## ***Степень шумовой патологии зависит от***

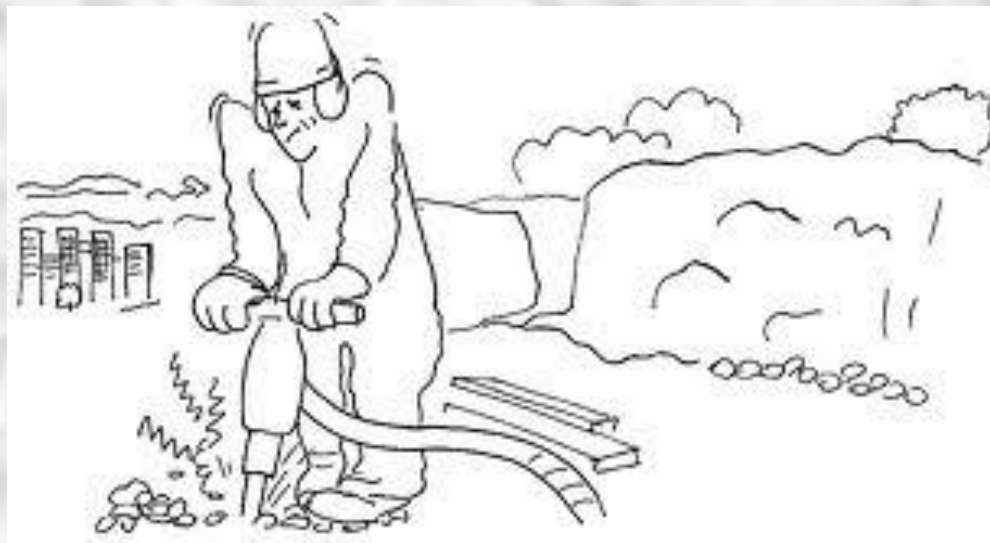
- интенсивности и продолжительности воздействия,
- функционального состояния ЦНС
- индивидуальной чувствительности организма

**Индивидуальная чувствительность к шуму составляет *4...17 %*.**

Повышенная чувствительность к шуму определяется сенсibilизированной вегетативной реактивностью, присущей 11 % населения. Женский и детский организм особенно чувствительны к шуму.

# Воздействие шума на организм человека

**Высокий уровень шума** отрицательно влияет на *ЦНС, желудок, двигательные функции, умственную работу, зрительный анализатор.*





# Воздействие шума на организм человека

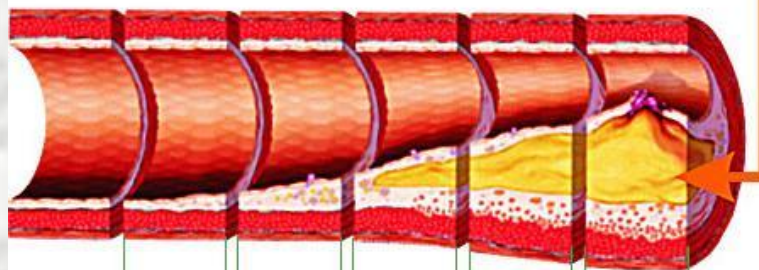
Изменяется *частота и наполнение пульса, кровяное давление*, замедляются реакции, *ослабляется внимание, ухудшается разборчивость речи*, меняется *цветоощущение*.



# Воздействие шума на организм человека

При воздействии шума было установлено **изменение белкового обмена, характера сахарных кривых, содержания холестерина и хлоридов крови.**

Накопление холестерина в сосудистой стенке — атеросклеротическая бляшка



10 лет

20 лет

30 лет

40 лет

>50

# Воздействие шума на организм человека

Под влиянием шума изменяется **объем селезенки и почек**, изменяются **функции желез внутренней секреции**

четырёхчасовое воздействие шума интенсивностью **110 дБ** вызывает **гиперфункцию щитовидной железы.**

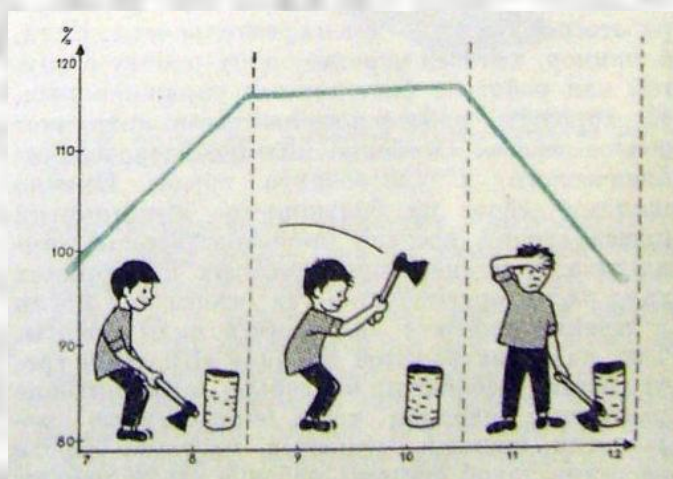
# Воздействие шума на организм человека

В условиях шума повышается *газообмен, изменяются частота и глубина дыхания,* увеличивается вентиляция легких, повышается расход энергии **на 20–25 %.**



# Влияние шума на умственную работоспособность

Действие шума интенсивностью **70 дБ** вызывает у подростков (до 19 лет) повышенную реактивность и **утомляемость**, которые проявлялись в **затруднении мышления, понижении скорости и точности работы.**



# Длительное воздействие шума

- **Снижается чувствительность** органа слуха, что приводит к временному повышению порога слышимости.
- **При длительном воздействии шума** высокого уровня возникают необратимые потери слуха и развивается **профессиональное заболевание - тугоухость.**

# Инфразвук — колебание звуковой волны $< 20$ Гц

- **Особенности:** малое поглощение его энергии в среде, поэтому он распространяется на значительные расстояния.
- **Источники инфразвука:** оборудование, которое работает с частотой циклов менее 20 в секунду (вентиляторы, поршневые компрессоры, машины и т.д.)

# Опасность для здоровья человека

Диапазон инфразвуковых колебаний совпадает с внутренней частотой отдельных органов человека (6 - 8 Гц), из-за резонанса могут возникнуть тяжелые последствия.





# Опасность для здоровья человека

**Вредное воздействие инфразвука:** действует на ЦНС (страх, тревога, покачивание, т.д.).

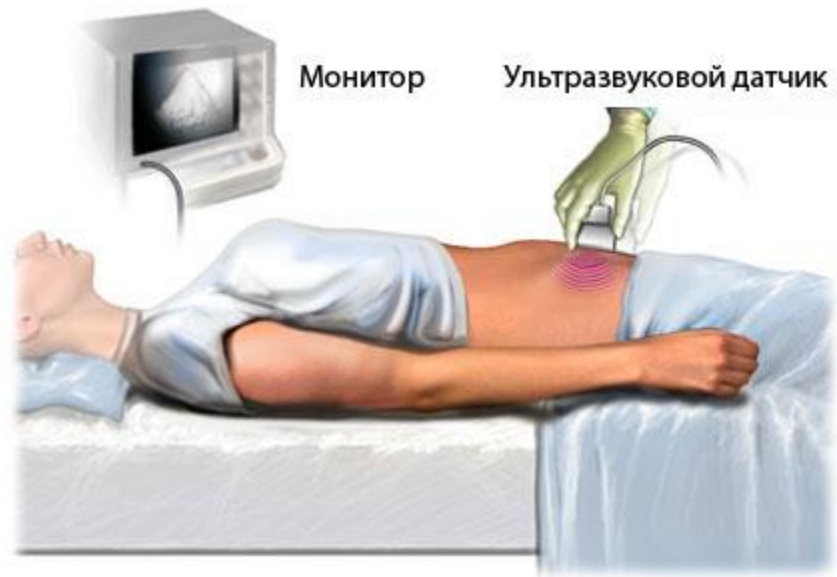
**Увеличение звукового давления до 150 дБА** приводит к изменению пищеварительных функций и сердечного ритма. Возможна потеря слуха и зрения.

**Инфразвук** с уровнем от 110 дБ до 150дБ вызывает неприятные субъективные ощущения и **различные функциональные изменения** в организме человека: нарушения в ЦНС, сердечно-сосудистой и дыхательной системах, вестибулярном аппарате.

# Ультразвук

Колебания звуковой волны в диапазоне частот **выше 20 кГц**, обычно не воспринимаемые человеческим ухом.

Используется в оптике (ультразвуковые мойки, для очистки и для обезжиривания деталей, сварке, сушки и т.д.)



# Ультразвук

- **Низкочастотные** (от  $1,12 \cdot 10^4$ - $10^5$ ) ультразвуковые колебания распространяются воздушным и контактным путем.
- **Высокочастотные** (от  $10^5$ - $10^9$  Гц) распространяются только! контактным путем.

**Контактное воздействие** ультразвука чаще всего бывает на руки в момент загрузки и выгрузки деталей из ультразвуковых ванн.

# Вредное воздействие ультразвука

## *Воздействие через воздушную среду*

проявляется в воздействии на сердечно-сосудистую систему; нервную систему; эндокринную систему; нарушение терморегуляции и обмена веществ.

# Вредное воздействие ультразвука

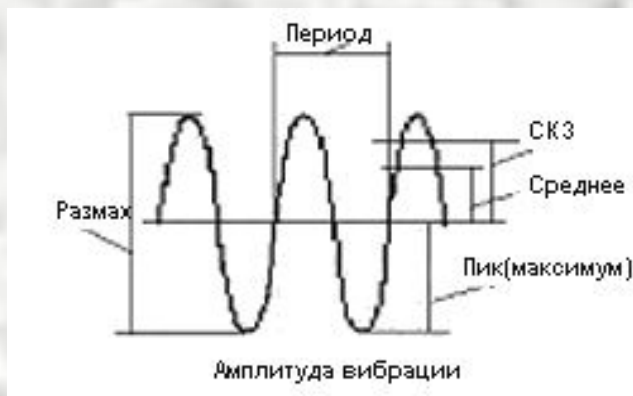
## ***Контактное воздействие на руки (высокочастотные колебания)***

приводит к нарушению ***капиллярного кровообращения*** в кистях рук, снижению ***болевого чувствительности***, изменению костной структуры – снижению ***плотности костной*** ткани.

# Вибрация

## Физические характеристики вибрации

Вибрация - это механические колебания в твёрдых телах.



Вибрацию оценивают  
частотой **f** (Гц) или  
периодом колебаний **T**

Амплитудой вибросмещения

Амплитудой виброскорости

Амплитудой виброускорения



Степень ощущения вибрации оценивают по закону Вебера-Фехнера относительной логарифмической величиной - уровнем виброскорости  $L_v$  в децибелах (дБ).

$$L_v = 20 \lg \frac{V}{V_0},$$

где  $V$  - действующее среднеквадратичное значение виброскорости, м/с

$V_0$  - пороговая виброскорость, равная  $5 \times 10^{-8}$  м/с.

# Виды вибрации

по способу передачи на человека:

**Общая вибрация** действует на тело сидящего или стоящего человека и оценивается в октавных полосах со среднегеометрическими частотами  $f = 2, 4, 8, 16, 31,5; 63$  Гц.

**Локальная** - передаётся через руки на частотах

$f = 8, 16, 31,5; 63, 125, 250, 500, 1000$  Гц.

# Виды вибрации

*По временной характеристике различают:*

- **Постоянную вибрацию** – контролирующий параметр (виброскорость) за время наблюдения изменяется не более, чем в 2 раза.
- **Непостоянную вибрацию** – изменяется более, чем в 2 раза.

*Вибрации могут быть:*

- **преднамеренными** – это когда вибрация используется в технологическом процессе;
- **непреднамеренными** – например, транспортная вибрация

# Классификация вибрации

## Классификация производственных вибраций

По способу передачи

Общая

Локальная

По направлению действия

Вертикальная

Горизонтальная

По временной характеристике

Постоянная

Непостоянная

По спектру

Узкополосная

Широкополосная

По источнику возникновения

Транспортно-технологическая

Технологическая

# Вибрация

**вредный фактор, обладающий высокой биологической активностью.**

Действие вибрации на человека зависит от

- частоты и уровня вибрации,
- продолжительности воздействия,
- места приложения вибрации,
- направления оси вибрационного воздействия,
- индивидуальных способностей организма человека воспринимать вибрацию,
- условий возникновения резонанса и т.д.

## Сочетанное действие вибрации

- Воздействие вибрации на организм усугубляется сочетанием ее с другими **факторами окружающей среды**.
- К ним относятся: *шум* высокой интенсивности, неблагоприятные *метеорологические условия*, значительная *запыленность воздуха*, повышенное и пониженное *атмосферное давление*.
- Работа с вибрирующим оборудованием часто требует **больших физических усилий**.

# Воздействие вибрации на человека

**Вибрация** отрицательно воздействует на **ЦНС**, возникают **головные боли, головокружение, нарушение сердечной деятельности, расстройство вестибулярного аппарата.**



# Воздействие вибрации на человека

**Общая вибрация.** Болезненные ощущения вызываются резонансом вибрации с внутренними органами, появляются боли в пояснице.

**Локальная вибрация** - спазм сосудов, онемение пальцев и кистей рук.

При длительном воздействии вибрации возможно развитие **вибрационной болезни**, тяжёлая стадия которой неизлечима.



# Стадии вибрационной болезни

**1-я стадия** – малосимптомная, жалобы на резкие боли и парестезии в руках с расстройствами **чувствительности** на кончиках пальцев, склонность к **спастическому состоянию** артериол;

**2-я стадия** – умеренно выраженная, стойкие парестезии, **снижение температуры и чувствительности** кожи, **сужение капилляров**, отклонения в функции центральной нервной системы, **явления обратимы**

# Стадии вибрационной болезни

**3-я стадия** – выраженные *трофические нарушения*, расстройство *чувствительности*, заметные сдвиги в функциональном состоянии ЦНС, изменения **стойкие и медленно поддаются лечению;**

**4-я стадия** – генерализованная, симптомы резко выражены, сосудистые нарушения на руках и ногах, состояние **стойкое, малообратимое.**

# Семь клинических синдромов

## ***Ангиодистонический синдром***

Наблюдается во всех стадиях вибрационной болезни. Характеризуется вегетативно-сосудистыми нарушениями в конечностях: похолоданием, цианозом, парестезиями, нарушением капиллярного кровообращения.

## ***Ангиоспастический синдром***

Характерно наличие сужения капиллярного русла, приступа спазма по типу «белых» пальцев со значительным снижением кожной температуры, выраженным нарушением чувствительности по сегментарному типу

# Семь клинических синдромов

## ***Синдром вегетативного полиневрита***

Отмечаются парестезии, боли в конечностях, нарушение чувствительности по периферическому типу, снижение кожной температуры, повышенная потливость ладоней, ломкость ногтей и др.

## ***Синдром вегетомиофасцита***

наличие дистрофических изменений в мышцах и тканях опорно-двигательного аппарата, болезненностью мышц, нарушением чувствительности, болезненными симптомами, нередко сочетающимися с сосудистыми нарушениями.

# Семь клинических синдромов

## ***Синдром неврита***

нарушение двигательных функций, парезы (например, парезы *локтевого нерва* у алмазчиков, шлифующих стекло на шлифовальных машинках и травмирующих *локтевой нерв* вследствие длительного упора локтем на твердую поверхность стола).

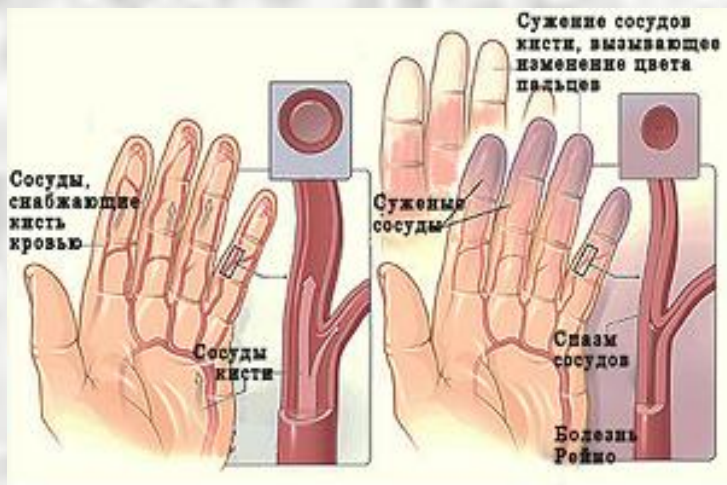
## ***Гипоталамический синдром с нейроциркуляторными нарушениями***

наличие вегетативно-сосудистых и других пароксизмов, распространяющихся как на периферические отделы, так и на коронарные и церебральные сосуды.

# Семь клинических синдромов

## *Вестибулярный синдром*

Характеризуется появлением приступов головокружений, повышением возбудимости вестибулярного аппарата.



# Профилактика

- **технические мероприятия – уменьшение вибрации** в источнике их образования, применение различных амортизаторов вибрации;
- **обеспечение нормальных микроклиматических условий** в помещениях, в которых производится работа с вибрационными инструментами и оборудованием;
- **гигиеническое нормирование** уровней вибрации;
- **организация режима труда** при минимальном контакте работающих с вибрирующим оборудованием.

# Профилактика виброболезни

- **Рекомендуется** проведение **гидропроцедур** – ванн для рук с температурой воды **37°C** в сочетании с **самомаассажем**;
- **УФ-облучение** в **субэритемных** дозах преимущественно шейной области;
- **Гимнастика**;
- **регулярные медосмотры** (для выявления на ранней стадии профессионального заболевания).