

- 
- **Действие шума, ультра- и инфразвука на организм человека**
- 

- Эксплуатация современного промышленного оборудования и средств транспорта сопровождается значительным уровнем *шума и вибрации*, негативно влияющих на состояние здоровья работающих. С точки зрения безопасности труда *шум и вибрация* — одни из **наиболее распространенных вредных производственных факторов на производстве**, которые при определенных условиях могут выступать как **опасные производственные факторы**.
- Кроме шумового и вибрационного воздействия, вредное влияние на человека в процессе труда могут оказывать *инфразвуковые и ультразвуковые колебания*.
- *Шум — это сочетание звуков различной частоты и интенсивности. С физиологической точки зрения шумом называют любой нежелательный звук, оказывающий вредное воздействие на организм человека.*
- В виде нежелательных факторов звук является постоянным побочным эффектом работы механизмов и деятельности человека, воздействующим на рецепторы органа слуха. Ухо — это не только устройство для регистрации звука, оно неразрывно связано со структурами центральной нервной системы, играет ключевую роль в последующей передаче речи, а в целом — в понимании и осмыслении окружающего мира.

- Источниками шума могут быть колебания, возникающие при соударении, трении, скольжении твердых тел, истечении жидкостей и газов. Источниками колебаний являются работающие станки, ручные механизированные инструменты (электрические и пневматические пилы, отбойные, рубильные молотки, перфораторы), электрические машины (генераторы, электродвигатели, турбины), компрессоры, кузнечно-прессовое оборудование, подъемно-транспортное, вспомогательное оборудование (вентиляционные установки, кондиционеры), лифты, транспортные средства (автомобили, поезда, самолеты), музыкальные инструменты и пр. *Интенсивный шум в результате развития утомления у работников приводит к снижению производительности труда от 2,5 до 16 %.*

- По физической сущности **шум** представляет собой волнообразно распространяющееся механическое колебательное движение частиц упругой (газовой, жидкой или твердой) среды. В жидкости и газе могут распространяться только продольные волны.
- Физическое понятие о звуке охватывает как слышимые, так и неслышимые колебания упругих сред. Акустические колебания, лежащие в зоне от **16 Гц до 20 кГц**, воспринимаемые человеком с нормальным слухом, называются звуковыми, т. е. **шумом**, с частотой ниже **16 Гц** — **инфразвуком**, а выше **20 кГц** — **ультразвуком**.
- Звуковым волнам присущи определенные закономерности распространения во времени и пространстве. При распространении звуков любых частот имеют место обычные для всех типов волн явления **отражения, преломления, дифракции и интерференции**. В помещении фронт волны накапливается на его границах. При этом часть энергии передается через преграду (преломление), часть отражается обратно в помещение. Передаваемая энергия вызывает образование звукового поля с другой стороны преграды.

- Источник звука внутри помещения образует звуковое поле, обусловленное его непосредственным звучанием и звуками, многократно отраженными от поверхностей ограждений. Звук в помещении не исчезает мгновенно с отключением источника, а продолжает отражаться от поверхностей, постепенно поглощаясь. *Время, затраченное на угасание звука, называется временем реверберации.* Оно определяется как время, необходимое для снижения уровня шума в помещении на 60 дБ, что в миллион раз выше первоначальной интенсивности звука. В производственных помещениях время реверберации должно быть предельно маленьким.
- Если на пути распространения звуковая волна встречает препятствие, она может огибать его. Это явление называется **дифракцией**. В случае низкочастотного источника звука большая часть энергии звука вследствие дифракции распространяется за пределы преграды. Высокочастотное излучение дает за преградой четкую *акустическую тень*.
- При проходе в данную точку среды двух волн их амплитуды складываются. В точках, куда обе волны приходят в фазе, они усиливают друг друга; в точках, куда они попадают в противофазе, — ослабляют. Это явление называется **интерференцией**.

- *Законы распространения звуковых волн в помещении должны учитываться акустиками и строителями при расчете технических средств защиты от шума.*
- Звуковые колебания, воспринимаемые органами слуха человека, являются **механическими колебаниями**, распространяющимися в упругой среде (твердой, жидкой или газообразной). Основным признаком механических колебаний — повторность процесса движения через определенный промежуток времени.
- Минимальный интервал времени, через который происходит повторение движения тела, называют **периодом колебаний** (T), а обратную ему величину — **частотой колебаний** (f). Эти величины связаны между собой простым соотношением:

$$f = \frac{1}{T},$$

- где f — частота колебаний в герцах (Гц); T — период колебаний в секундах, с.
-
- Таким образом, частота колебаний определяет число колебаний, произошедших за 1 секунду. Единица измерения частоты — герц (Гц), $1 \text{ Гц} = 1 \text{ с}^{-1}$.
- По современным измерениям скорость звука в воздухе при нормальных условиях равна 331 м/с.

Скорость распространения продольных
и поперечных волн для различных веществ

<i>Вещество</i>	<i>Скорость распространения волн, м/с</i>	
	<i>Продольных</i>	<i>Поперечных</i>
Алюминий	6320	3130
Свинец	2160	700
Железо	5900	3230
Медь	4730	2300
Никель	5894	3219
Цинк	4120	2350
Кварцевое стекло	5570	3520
Вода (273К)	1481	—
Воздух	331	—

- Согласно **ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация** по условиям возникновения производственные шумы могут быть **механического, аэродинамического, электромагнитного и гидродинамического** происхождения.
- По условиям распространения различают **воздушный и структурный** шумы.
- Шум **механического** происхождения - шум, возникающий вследствие вибрации поверхностей машин и оборудования, а также одиночных или периодических ударов в сочленениях деталей, сборочных единиц или конструкций в целом.
- Шум **аэродинамического** происхождения - шум, возникающий вследствие стационарных или нестационарных процессов в газах (например, истечение воздуха или газа из отверстий).
- Шум **электромагнитного** происхождения - шум, возникающий вследствие колебаний элементов электромеханических устройств под влиянием переменных магнитных сил (например, колебания ротора и статора электрических машин, сердечника трансформатора и др.).
- Шум **гидродинамического** происхождения - шум, возникающий вследствие стационарных и нестационарных процессов в жидкостях (например, гидравлические удары, турбулентность потока и др.).
- Шум, возникающий и распространяющийся в воздушной среде от источника возникновения до места наблюдения, называется **воздушным**.
- Шум, распространяющийся в твердых телах и излучаемый их колеблющимися поверхностями, называется **структурным**. В большинстве (более чем в 90%) случаев промышленный шум имеет механическое происхождение.

- Основными физическими параметрами, характеризующими звук,
- является **звуковое давление P** и **интенсивность звука I** .
Слуховой аппарат человека реагирует на величину, пропорциональную среднему квадрату звукового давления:

$$P^2 = \frac{1}{T} \int_0^T P^2(t) dt,$$

- где $p(t)$ – разность между мгновенными значениями полного давления и средним давлением в среде при отсутствии звукового поля; T – время усреднения, которое для уха человека равно 30...1000 мс.
- **Звуковое давление** — дополнительное давление, возникающее в газе или жидкости при нахождении там звуковой волны.
- *Звуковое давление* - переменная составляющая давления воздуха или газа, возникающая в результате звуковых колебаний, Па.

- Звуковые волны переносят энергию, средний поток энергии в какой-либо точке среды характеризуется **интенсивностью звука** — количеством энергии, переносимой звуковой волной за единицу времени через единицу площади поверхности, нормальной (расположенной под углом 90°) к направлению распространения волны. Интенсивность звука выражается следующим образом:

$$I = \frac{P^2}{\rho \cdot C},$$

- где I — интенсивность звука, Вт/м²;
- P — звуковое давление (разность между мгновенным значением полного давления и средним значением давления, которое наблюдается в среде при отсутствии звукового поля), Па;
- ρ — плотность среды, кг/м³;
- C — скорость звука в среде, м/с.
- Звуковое давление измеряется в паскалях ($1\text{Па} = 1\text{ Н/м}^2$), а интенсивность звука - в Вт/м²

- Сила воздействия звуковой волны на барабанную перепонку человеческого уха и вызываемое ею ощущение громкости зависят от **звукового давления**.
- Область слышимости звуков ограничивается не только определенными частотами, но и определенными значениями давления и интенсивности звука. **Максимальные и минимальные** звуковые давления и интенсивности, воспринимаемые человеком как звук, называются **пороговыми**.
- Минимальные значения (**порог слышимости**) соответствуют едва ощущаемым звукам и при частоте 1000 Гц равны $P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па, $I_0 = 10^{-12}$ Вт/м². Звуки, относящиеся к порогу слышимости, воспринимают только люди с весьма острым слухом, примерно 1% от числа испытуемых. У 50% людей кривая порога слышимости лежит на 15 дБ выше условно принятой кривой.
- Максимальные значения (**порог болевого ощущения**) соответствуют звукам, которые вызывают в органах слуха болевые ощущения и при частоте 1000 Гц равны $P_6 = 2 \cdot 10^2$ Па и $I_6 = 10^2$ Вт/м². Таким образом, величины звукового давления и интенсивность звука, которые различает человек, могут меняться в широком диапазоне: по давлению до 10^7 раз, по интенсивности до 10^{14} раз. Естественно, что оперировать такими цифрами неудобно. Кроме того, по закону Вебера-Фехнера раздражающее действие шума на человека пропорционально не квадрату звукового давления, а логарифму от него.
- Поэтому были введены логарифмические величины—**уровни звукового давления и интенсивности**, измеряемые в децибелах (дБ).

- **Уровень интенсивности звука** определяют по формуле:

$$L_I = 10 \lg \frac{I}{I_0},$$

- где L_I — уровень интенсивности в децибелах (дБ);
- I — интенсивность звука, Вт/м²;
- I_0 — интенсивность звука, соответствующая порогу слышимости человеческого уха (I_0 — постоянная величина; $I_0 = 10^{-12}$ Вт/м² на частоте 1000 Гц).
- Человеческое ухо, а также многие акустические приборы реагируют не на интенсивность звука, а на **звуковое давление**, уровень которого определяется по формуле:

$$L_P = 10 \lg \frac{P^2}{P_0^2} = 20 \lg \frac{P}{P_0},$$

- где P — звуковое давление, Па
- P_0 — пороговое звуковое давление (P_0 — постоянная величина, $P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па на частоте 1000 Гц).
- При распространении звука в нормальных атмосферных условиях $L_I = L_P$.
- **При расчетах уровня шума** используют величину **интенсивности звука**, а для **оценки воздействия шума на человека** — **уровень звукового давления**.
- Слуховой аппарат человека обладает неодинаковой чувствительностью к звукам различной частоты: наибольшей чувствительностью на средних и высоких частотах (800...4000 Гц) и наименьшей — на низких (20...100 Гц).

- **Одинаковые по интенсивности, но разные по частоте звуки воспринимаются как звуки разной громкости.** Поэтому для физиологической оценки шума используются кривые равной громкости, позволяющие судить о том, какой звук субъективно сильнее или слабее, и вводится понятие **уровня громкости звука**, единицей измерения которого является **фон**. На частоте 1000 Гц уровни громкости приняты равными уровням звукового давления, следовательно, 1 фон – уровень громкости звука, для которого уровень звукового давления равногромкого звука на этой частоте равен 1 дБ.
- **Постоянный шум может быть разложен на тональные** (гармонические, синусоидальные) составляющие с указанием интенсивности и частоты каждого тона (разложение в ряд Фурье).
- **Зависимость уровня тональных составляющих от частоты называется частотным спектром шума.** Всякий производственный шум имеет свой характерный для него **спектр**. Изучение спектра шума позволяет обнаружить неисправности в работе машин, выделить доминирующие источники шума, производить рациональный выбор средств защиты от шума (эффективность работы различных средств зависит от спектрального состава шума).

- Спектры получают, используя **анализаторы шума** – набор полосовых электрических фильтров. Для анализа и нормирования шума наибольшее распространение получили фильтры с постоянной относительной полосой пропускания, в частности, октавные полосовые фильтры, в которых верхняя граничная частота в два раза больше нижней $f_v / f_n = 2$. Любой источник шума (машина) описывается рядом шумовых характеристик, установлены методы их определения.
- При проектировании новых предприятий и цехов нужно знать ожидаемые уровни шума в расчетных точках (на рабочих местах). Определение уровня звукового давления в расчетной точке по шумовым характеристикам источника шума и необходимого его снижения являются задачами **акустического расчета**.
- **Предельно допустимый уровень (ПДУ) шума** - это уровень фактора, который при ежедневной (кроме выходных дней) работе, но не более 40 часов в неделю в течение всего рабочего стажа, не должен вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений. Соблюдение ПДУ шума не исключает нарушения здоровья у сверхчувствительных лиц.

- Согласно **ГОСТ 12.1.003-83 Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности** шум классифицируется по его спектральным и временным характеристикам.
- **По характеру спектра** шум подразделяется на:
 - • **широкополосный** с непрерывным спектром шириной более одной октавы;
 - • **тональный** шум в спектре, которого имеются выраженные тоны. Тональный характер шума для практических целей устанавливается измерением в 1/3 октавных полосах частот по превышению уровня в одной полосе над соседними не менее чем на 10 дБ.
- Например, шум **дисковой** пилы является **тональным**, а реактивного двигателя – широкополосным.
- **По временным характеристикам** шум подразделяется на :
 - • **постоянный**, уровень звука которого за 8-часовой рабочий день изменяется во времени не более чем на 5 дБА;
 - • **непостоянный**, уровень звука которого за 8-часовой рабочий день изменяется во времени более чем на 5 дБА.
- **В свою очередь непостоянный шум подразделяется на:**
 - • колеблющийся во времени, уровень звука которого непрерывно изменяется во времени;
 - • прерывистый, уровень звука которого ступенчато изменяется (на 5 дБА и более), причем длительность интервалов, в течение которых уровень остается постоянным, составляет 1 с и более;
 - • импульсный, состоящий из одного или нескольких звуковых сигналов, каждый длительностью менее 1 с.

■ **Нормирование шума**

- Нормирование может осуществляться несколькими методами:
- 1) по предельному спектру (ПС). ПС — это восемь нормативных уровней звукового давления на частотах от 31,5 до 8000 Гц (в октавных полосах);
- 2) нормирование уровня звука в дБА;
- 3) по дозе шума.
- 1. Целью санитарного нормирования является установление научно обоснованных предельно допустимых величин шума, которые при ежедневном систематическом воздействии в течение всего рабочего дня и в течение многих лет не вызывают существенных изменений в состоянии здоровья человека и не мешают его нормальной трудовой деятельности.
- Санитарные нормы — это компромисс между гигиеническими требованиями и техническими возможностями на данном этапе развития науки и техники. Характеристики и допустимые уровни шума на рабочих местах регламентируются **ГОСТ 12.1.003-83. «Шум. Общие требования безопасности.»**

- **Метод нормирования шума: по предельному спектру шума и по интегральному показателю — эквивалентному уровню шума в дБА.** Выбор метода нормирования зависит от временных характеристик шума, по которым все шумы подразделяются на **постоянные**, уровень звука которых за 8-часовой рабочий день изменяется не более чем на 5 дБА, и **непостоянные**, аналогичная характеристика которых изменяется за рабочий день более чем на 5 дБА.
- Для целей технического нормирования необходим **спектральный анализ шума.**
- **Нормирование по предельному спектру шума** — основной метод для **постоянных шумов.** *Предельный спектр шума* — это совокупность нормативных значений звукового давления в октавных полосах на следующих стандартных среднегеометрических частотах: 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 и 8000 Гц.
- Сокращенно предельные спектры шума обозначаются **ПС** (предельный спектр) с указанием допустимого уровня звукового давления на частоте 1000 Гц, например: ПС-45, ПС-55, ПС-75 и др. Значения предельно допустимых уровней звукового давления в нормируемых октавных полосах частот установлены с учетом одинакового физиологического и психологического воздействия шума на человека.

ГОСТ 12.1.003-83. «Шум. Общие требования безопасности.»

Рабочие места	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами (Гц)								Уровни звука и эквивалентные уровни звука (дБа)
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1. Помещения конструкторских бюро, расчетчиков, программистов вычислительных машин, лабораторий для теоретических работ и обработки экспериментальных данных, приема больных в здравпунктах	71	61	54	49	45	42	40	38	50
2. Помещения управления, рабочие комнаты	79	70	68	58	55	52	50	49	60
3. Помещения лабораторий для проведения экспериментальных работ, помещения для размещения шумных агрегатов вычислительных машин	94	87	82	78	75	73	71	70	80

- **Для ориентировочной оценки** (например, при проверки органами надзора, выявлении необходимости осуществления мер по шумоглушению и др.) постоянного шума на рабочих местах допускается использование **интегрального показателя** – уровня звука в дБА, который измеряется **шумомером с скорректированной частотной характеристикой А** (наряду с линейной частотной характеристикой, шумомеры имеют коррекцию А, имитирующую нелинейную амплитудно-частотную характеристику слухового аппарата человека) и определяется по формуле:

$$L_A = 20 \lg \frac{P_A}{P_0},$$

-
- Где P_A – среднеквадратическое значение звукового давления с учетом коррекции А шумомера, Па;
- P_0 – звуковое давление, соответствующее порогу слышимости (в воздухе $P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па).
- Уровень звука связан с предельным сектором зависимостью :
 - $L_A = ПС + 5дБ$.

- Метод нормирования непостоянного шума применяется в тех случаях, когда не известен спектр реального шума. Он основан на измерении шума по стандартной шкале А шумомера, которая имитирует частотную чувствительность человеческого уха. Уровень шума, измеренный по шкале А шумомера, обозначается дБА.

- Характеристикой непостоянного шума является эквивалентный (по энергии) уровень звука в дБА – уровень звука постоянного широкополосного шума, который имеет то же самое среднеквадратичное звуковое давление (оказывает на человека такое же воздействие), что и данный непостоянный шум, определяемый по формуле:

$$L_{A.экв.} = 10 \lg \frac{1}{T} \int_1^T \frac{P_A^2(t)}{P_0^2} dt$$

-
- где $P_A(t)$ – текущее среднеквадратическое значение звукового давления с учетом коррекции А шумомера, Па ;
- T – время действия шума .
-

- Эквивалентный уровень измеряется **интегрирующими шумомерами** и может быть определён расчетным методом. Суть метода в том, что диапазон, подлежащий измерению уровней звука, разбивают на интервалы, затем через равные промежутки времени в течение определенного периода производят измерения уровня звука по шкале А шумомера и подсчитывают количество отсчетов в каждом интервале. Расчет ведется по формуле :

$$L_{A.экв} = 10 \cdot \lg \frac{1}{100} \left(\sum_{i=1}^n f_i \cdot 10^{0.1L_i} \right),$$

- где f_i – доля числа отсчетов в данном интервале от общего числа отсчетов , % ;
- L_i – средний уровень звука в данном интервале .
- $i - 1, 2, 3, \dots, n$ – число интервалов .

- При измерении шума для того, чтобы приблизить результаты объективных измерений к субъективному восприятию, используют **корректированный уровень звукового давления** (уровень интенсивности). Коррекция заключается в том, что вводятся зависящие от частоты звука поправки к уровню соответствующей величины (путем коррекции частотной характеристики шумомера). Эти поправки стандартизованы в международном масштабе.
- Современные шумомеры снабжены корректирующими контурами, состоящими из отдельных цепочек, подключая которые можно **снизить чувствительность шумомера к низкочастотным и очень высокочастотным звукам** и тем самым приблизить частотные характеристики прибора к свойствам человеческого уха. Обычно шумомер содержит три корректирующих контура, обозначаемых **A, B и C**; наиболее полезна коррекция A; коррекцию B применяют лишь изредка; коррекция C мало влияет на чувствительность в диапазоне 31,5 Гц — 8 кГц. В некоторых типах шумомеров используется еще коррекция **D**, которая позволяет считывать показания прибора прямо в единицах *PN* дБ, применяемых для измерения шума самолетов.

$$L_A = L - \Delta L_A$$

Стандартное значение коррекции приведено ниже:

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

ГОСТ 12.1.003-83. «Шум. Общие требования безопасности.»

Рабочие места	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами (Гц)								Уровни звука и эквивалентные уровни звука (дБа)
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1. Помещения конструкторских бюро, расчетчиков, программистов вычислительных машин, лабораторий для теоретических работ и обработки экспериментальных данных, приема больных в здравпунктах	71	61	54	49	45	42	40	38	50
2. Помещения управления, рабочие комнаты	79	70	68	58	55	52	50	49	60
3. Помещения лабораторий для проведения экспериментальных работ, помещения для размещения шумных агрегатов вычислительных машин	94	87	82	78	75	73	71	70	80

- **Доза шума** D в $\text{Па}^2 \cdot \text{ч}$ — интегральная величина, учитывающая акустическую энергию, воздействующую на человека, за определенный период времени, и определяемая по формуле:

$$D = \int_0^T p_A^2(t) dt.$$

- Относительную дозу шума в процентах определяют по формуле:

$$D_{\text{отн}} = \frac{D}{D_{\text{доп}}} \cdot 100,$$

- где $D_{\text{доп}}$ — допустимая доза шума, $\text{Па}^2 \cdot \text{ч}$.

- Допустимую дозу шума определяют по формуле:

$$D_{\text{доп}} = p_{A_{\text{доп}}}^2 T_{\text{р.д.}}$$

- где $D_{\text{доп}}$ — значение звукового давления, соответствующее допустимому уровню звука согласно п. 2.3 настоящего стандарта, Па (ГОСТ 12.1.003-83);

- $T_{\text{р.д.}}$ — продолжительность рабочего дня (рабочей смены), ч.

- При $p_A = 0,356$ Па (соответствует допустимому уровню звука 85 дБ А) и $T_{\text{р.д.}} = 8$ ч

■ ГОСТ 12.1.003-83. «Шум. Общие требования безопасности»

Соотношение между эквивалентным уровнем звука и относительной дозой шума (при допустимом уровне звука 80 дБ А) в зависимости от времени действия шума приведено в таблице.

Относительная доза шума, %	Эквивалентный уровень звука, дБ А						
	за время действия шума						
	8 ч	4 ч	2 ч	1 ч	30 мин	15 мин	7 мин
3,2	70	73	76	79	82	85	88
6,3	73	76	79	82	85	88	91
12,5	76	79	82	85	88	91	94
25	79	82	85	88	91	94	97
50	82	85	88	91	94	97	100
100	85	88	91	94	97	100	103
200	88	91	94	97	100	103	106
400	91	94	97	100	103	106	109
800	94	97	100	103	106	109	112
1600	97	100	103	106	109	112	115
3200	100	103	106	109	112	115	118

УРОВНИ ШУМА ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ТРУДОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ С УЧЕТОМ СТЕПЕНИ НАПРЯЖЕННОСТИ ТРУДА

Вид трудовой деятельности	Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБ А
Работа по выработке концепций, новых программ; творчество; преподавание	40
Труд высших производственных руководителей, связанных с контролем группы людей, выполняющих преимущественно умственную работу	50
Высококвалифицированная умственная работа, требующая сосредоточенности; труд, связанный исключительно с разговорами по средствам связи	55
Умственная работа, выполняемая с часто получаемыми указаниями и акустическими сигналами; работа, требующая постоянного* слухового контроля; высокоточная категория зрительных работ**	60
Умственная работа, по точному графику с инструкцией (операторская), точная категория зрительных работ	65
Физическая работа, связанная с точностью, сосредоточенностью или периодическим слуховым контролем	80

* Более 50% рабочего времени.

- Для оценки источника шума одинаковых по своему уровню:

$$L_{\Sigma} = L_i + 10 \lg n$$

- L_i - уровень звукового давления одного из источников [дБ];

- n - кол-во источников шума

- Если кол-во источников меняется от 1-100, а $L_i = 80$ дБ

- $n = 1 \quad L = 80$ дБ

- $n = 10 \quad L = 90$ дБ

- $n = 100 \quad L = 100$ дБ

- Для оценки источников шума различных по своему уровню:

$$L_{\Sigma} = L_{max} + \Delta L$$

- L_{max} - максимальный уровень звукового давления одного из 2-х источников;

- ΔL - поправка, зависящая от разности между max и min уровнем давл

$L_{max} - L_{min}$	1	10	20
ΔL	2,5	0,4	0

- **ГОСТ 12.1.003-83. «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**
- **Р 2.2.2006-05 РУКОВОДСТВО по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда**

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

Таблица 1

Предельно допустимые уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах для трудовой деятельности разных категорий тяжести и напряженности в дБА

Категория напряженности	Категория тяжести трудового процесса				
	легкая физическая нагрузка	средняя физическая нагрузка	тяжелый труд 1 степени	тяжелый труд 2 степени	тяжелый труд 3 степени
Напряженность легкой степени	80	80	75	75	75
Напряженность средней степени	70	70	65	65	65
Напряженный труд 1 степени	60	60	-	-	-
Напряженный труд 2 степени	50	50	-	-	-

Примечания:

- для тонального и импульсного шума ПДУ на 5 дБА меньше значений, указанных в табл. 1;
- для шума, создаваемого в помещениях установками кондиционирования воздуха, вентиляции и воздушного отопления, - на 5 дБА меньше фактических уровней шума в помещениях (измеренных или рассчитанных), если последние не превышают значений табл. 1 (поправка для тонального и импульсного шума при этом не учитывается), в противном случае - на 5 дБА меньше значений, указанных в табл. 1;
- дополнительно для колеблющегося во времени и прерывистого шума максимальный уровень звука не должен превышать 110 дБА, а для импульсного шума - 125 дБА.

Предельно допустимые уровни звукового давления, уровни звука и эквивалентные уровни звука для основных наиболее типичных видов трудовой деятельности и рабочих мест



№ ДД	Вид трудовой деятельности, рабочее место	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	звукa (в дБА)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Творческая деятельность, руководящая работа с повышенными требованиями, научная деятельность, конструирование и проектирование, программирование, преподавание и обучение, врачебная деятельность. Рабочие места в помещениях дирекции, проектно-конструкторских бюро, расчетчиков, программистов вычислительных машин, в лабораториях для теоретических работ и обработки данных, приема больных в здравпунктах	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50
2	Высококвалифицированная работа, требующая сосредоточенности, административно-управленческая деятельность, измерительные и аналитические работы в лаборатории; рабочие места в помещениях цехового управленческого аппарата, в рабочих комнатах конторских помещений, в лабораториях	93	79	70	68	58	55	52	52	49	60
3	Работа, выполняемая с часто получаемыми указаниями и акустическими сигналами; работа, требующая постоянного слухового контроля; операторская работа по точному графику с инструкцией; диспетчерская работа. Рабочие места в помещениях диспетчерской службы, кабинетах и помещениях наблюдения и дистанционного управления с речевой связью по телефону; машинописных бюро, на участках точной сборки, на телефонных и телеграфных станциях, в помещениях мастеров, в залах обработки информации на вычислительных машинах	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65



-
- Количественную оценку тяжести и напряженности трудового процесса следует проводить в соответствии с Руководством Р **2.2.2006-05** **РУКОВОДСТВО** по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда.

**Классы условий труда в зависимости от уровней шума,
локальной, общей вибрации, инфра- и ультразвука на рабочем месте**

Название фактора, показатель, единица измерения	Класс условий труда					
	допустимый	вредный				опасный
	2	3.1	3.2	3.3	3.4	4
1	Превышение ПДУ, раз					
1	2	3	4	5	6	7
Шум, эквивалентный уровень звука, дБА	≤ПДУ ¹⁾	5	15	25	35	>35
Вибрация локальная, эквивалентный скорректированный уровень (значение) <u>виброскорости</u> , <u>виброускорения</u> (дБ/раз)	≤ПДУ ²⁾	3/1,4	6/2	9/2,8	12/4	>12/4
Вибрация общая, эквивалентный скорректированный уровень <u>виброскорости</u> , <u>виброускорения</u> (дБ/раз)	≤ПДУ ²⁾	6/2	12/4	18/6	24/8	>24/8
Инфразвук, общий уровень звукового давления, дБ/Лин	≤ПДУ ³⁾	5	10	15	20	>20
Ультразвук воздушный, уровни звукового давления в 1/3 октавных полосах частот, дБ	≤ПДУ ⁴⁾	10	20	30	40	>40
Ультразвук контактный, уровень <u>виброскорости</u> , дБ	≤ПДУ ⁴⁾	5	10	15	20	>20

¹⁾ В соответствии с санитарными нормами СН 2.2.4/2.1.8.562–96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки».

²⁾ В соответствии с санитарными нормами СН 2.2.4/2.1.8.566–96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий».

³⁾ В соответствии с санитарными нормами СН 2.2.4./2.1.8.583–96 «Инфразвук на рабочих местах, в жилых и общественных помещениях и на территории жилой застройки».

⁴⁾ В соответствии с санитарными правилами и нормами СанПиН 2.2.4/2.1.8.582–96 «Гигиенические требования при работах с источниками воздушного и контактного ультразвука промышленного, медицинского и бытового назначения».

- **Децибел** — Логарифмическая единица уровней, затуханий и усилений (единица измерения, названная в честь Александра Белла).
- Децибел — десятая часть **бела**, то есть десятая часть логарифма безразмерного отношения физической величины к одноименной физической величине, принимаемой за исходную.
- Децибел — это безразмерная единица, применяемая для измерения отношения некоторых величин — «энергетических» (мощности, энергии, плотности потока мощности и т. п.) или «силовых» (силы тока, напряжения и т. п.). **Иными словами, децибел — это относительная величина.** Не абсолютная, как, например, **ватт** или **вольт**, а такая же относительная, как кратность («трехкратное отличие») или **проценты**, предназначенная для измерения отношения («соотношения уровней») двух других величин, причем к полученному отношению применяется **логарифмический масштаб**.
- Русское обозначение единицы «децибел» — «дБ», международное — «dB» (*неправильно*: дб, Дб). Децибел аналогичен единицам **бел** (Б, В) и **непер** (Нп, Np) и прямо пропорционален им.
- Децибел не является официальной единицей в системе единиц **СИ**, хотя по решению **Генеральной конференции по мерам и весам** допускается его применение без ограничений совместно с СИ, а **Международная палата мер и весов** рекомендовала включить его в эту систему.

▪ **Переход от дБ к «разам»**

- Чтобы вычислить изменение «в разам» по известному изменению в дБ («dB» в формулах ниже), нужно:

$$\frac{P_1}{P_0} = \sqrt[10]{10^{dB}} = 10^{\left(\frac{dB}{10}\right)}$$

- для мощности: $\frac{P_1}{P_0} = \sqrt[10]{10^{dB}} = 10^{\left(\frac{dB}{10}\right)}$
- для напряжения (силы тока): $\frac{U_1}{U_0} = \sqrt[20]{10^{dB}} = 10^{\left(\frac{dB}{20}\right)} = 10^{(0.05dB)}$

▪ **Рекомендации**

- При некотором навыке операции с децибелами вполне реально выполнять в уме. Более того, нередко это очень удобно: вместо умножения, деления, возведения в степень и извлечения корня удастся обходиться сложением и вычитанием «децибельных» единиц.
- Для этого полезно помнить и научиться применять несложную таблицу:
- 1 дБ — в 1.25 раза,
- 3 дБ — в 2 раза,
- 10 дБ — в 10 раз.

- Отсюда, раскладывая «более сложные значения» на «составные», получаем:
- $6 \text{ дБ} = 3 \text{ дБ} + 3 \text{ дБ}$ — в $2 \cdot 2 =$ в 4 раза,
- $9 \text{ дБ} = 3 \text{ дБ} + 3 \text{ дБ} + 3 \text{ дБ}$ — в $2 \cdot 2 \cdot 2 =$ в 8 раз,
- $12 \text{ дБ} = 4 \cdot (3 \text{ дБ})$ — в $2^4 =$ в 16 раз
- и т. п., а также:
- $13 \text{ дБ} = 10 \text{ дБ} + 3 \text{ дБ}$ — в $10 \cdot 2 =$ в 20 раз,
- $20 \text{ дБ} = 10 \text{ дБ} + 10 \text{ дБ}$ — в $10 \cdot 10 =$ в 100 раз,
- $30 \text{ дБ} = 3 \cdot (10 \text{ дБ})$ — в $10^3 =$ в 1000 раз
- и т. п.
- Сложению (вычитанию) значений в дБ соответствует умножение (деление) самих отношений. Отрицательные значения дБ соответствуют обратным отношениям. Например:
- уменьшение мощности в 40 раз — это в $4 \cdot 10$ раз или на $-(6 \text{ дБ} + 10 \text{ дБ}) = -16 \text{ дБ}$;
- увеличение мощности в 128 раз это 2^7 или на $7 \cdot (3 \text{ дБ}) = 21 \text{ дБ}$;
- снижение напряжения в 4 раза эквивалентно снижению мощности (величины второго порядка) в $4^2 = 16$ раз; и то и другое при $R_1 = R_0$ эквивалентно снижению на $4 \cdot (-3 \text{ дБ}) = -12 \text{ дБ}$.
-

- **Воздействие шума на организм человека.** Действие шума приводит к развитию преждевременного утомления, снижению работоспособности, повышению заболеваемости и инвалидности. С физиологических позиций звук — это ощущение, возникающее в ухе человека в результате давления частиц упругой среды (воздуха).
- Человеческое ухо воспринимает, как слышимые колебания, лежащие в пределах от 20 до 20000гц. Звуковой диапазон принято подразделять на **низкочастотный** (20—400гц), **среднечастотный** (400—1000гц) и **высокочастотный** (свыше 1000гц).
- Звуковые волны с частотой менее 20 гц называются **инфразвуковыми**, а с частотами более 20000 гц — **ультразвуковыми**. Инфразвуковые и ультразвуковые колебания органами слуха человека не воспринимаются. Слуховой аппарат человека наиболее чувствителен к звукам высокой частоты.
- Ухо человека может воспринимать и анализировать звуки в широком диапазоне частот и интенсивностей.
- В зависимости от уровня и характера шума можно выделить несколько ступеней его воздействия на человека.

- 1. Шума нет - полное отсутствие шума противостоит естественно. Абсолютная тишина угнетает. Пребывание в полной тишине более нескольких суток ведет к психическим расстройствам.
- 2. Шум 20...60 дБА, - шумовой фон, постоянно действующий на человека в повседневной деятельности. Степень вредности такого шума во многом зависит от индивидуального отношения к нему. Привычный шум или шум, производимый самим человеком, не беспокоит. Шум свыше 40 дБА может создавать повышенную нагрузку на нервную систему, особенно при умственной работе. Воздействие на психику возрастает с увеличением частоты и уровня шума, а также с уменьшением ширины полосы частот шума.

- 3. Шум 60...80 дБА оказывает психологическое воздействие, создавая значительную нагрузку на нервную систему человека (особенно при умственной работе). В результате наблюдается повышенная утомляемость, раздражительность, ослабляется внимание, замедляются психические реакции, как следствие, снижается производительность и качество труда. При импульсных и нерегулярных шумах степень воздействия шума повышается.

- 4. Шум 80...110 дБА оказывает физиологическое воздействие на человека, приводя к видимым изменениям в его организме. Под влиянием шума свыше 80 дБА наблюдается ухудшение слуха (снижение слуховой чувствительности в первую очередь на высоких частотах). Однако действие сильного шума на организм человека не характеризуется только по состоянию слуха. Изменения в функциональном состоянии нервной системы и ряда органов наступают гораздо раньше, их совокупность характеризуется как **шумовая болезнь**.
- К объективным симптомам шумовой болезни относятся: **снижение слуховой чувствительности, изменение функции пищеварения, выражающееся в понижении кислотности, сердечно-сосудистая недостаточность, нейроэндокринные расстройства**. Длительное воздействие шума вызывает ряд таких серьезных заболеваний, связанных с перенапряжением нервной системы, как гипертоническая и язвенная болезни, в ряде случаев желудочно-кишечные и кожные заболевания. Работающие в условиях сильного шума испытывают головные боли, головокружения, снижение памяти, боли в ушах. Человек затрачивает в среднем на 10...20% больше физических и нервно-психических усилий, чтобы сохранить выработку, достигнутую им при уровне звуке ниже 70 дБА, **Все это снижает работоспособность человека, безопасность его труда**. Производительность труда снижается больше, чем сложнее трудовой процесс и чем больше в нем элементов умственного труда. Установлено, что при работах, требующих повышенного внимания, при увеличении уровня звука от 70 до 90 дБА имеет место снижение производительности труда на 20%. Повышенный уровень шума приводит к росту не только профессиональной, но и общей заболеваемости. Об этом говорит тот факт, что общая заболеваемость рабочих шумных производств увеличена на 15...20%.

- 5. Шум выше 110 дБА оказывает травматическое действие на органы слуха. **Болевой порог или порог переносимости.** При шуме более 140 дБА возможен разрыв барабанной перепонки. Разрыв барабанных перепонок в органах слуха человека происходит под воздействием шума, уровень звукового давления которого составляет около **186 дБ**.
- 6. Воздействие на организм человека шума, уровень которого около 196 дБ, приведет к повреждению легочной ткани (**порог легочного повреждения**).

- Однако не только **сильные шумы**, приводящие к мгновенной глухоте или повреждению органов слуха человека, вредно отражаются на здоровье и работоспособности людей. **Шумы небольшой интенсивности**, порядка 50—60 дБА, негативно воздействуют на нервную систему человека, вызывают бессонницу, неспособность сосредоточиться, что ведет к снижению производительности труда и повышает вероятность возникновения несчастных случаев на производстве. Постоянное действие шума на человека в процессе труда может вызвать различные психические нарушения, сердечно-сосудистые, желудочно-кишечные и кожные заболевания, тугоухость.
- Последствия воздействия шума небольшой интенсивности на организм человека зависят от ряда факторов, в том числе возраста и состояния здоровья работающего, вида трудовой деятельности, психологического и физического состояния человека в момент действия шума и т.д. Шум, производимый самим человеком, обычно не беспокоит его, в то время как посторонние шумы вызывают сильный раздражающий эффект. Если сравнивать шумы с одинаковым уровнем звукового давления, то **высокочастотные шумы** ($f > 1000$ Гц) более неприятны для человека, чем **низкочастотные** ($f < 400$ Гц). В ночное время шум с уровнем 30—40 дБА — серьезный беспокоящий фактор. *Наиболее неблагоприятным шумом следует считать прерывистый шум с преобладанием высокочастотного спектра.*

-
- Воздействие шума на организм нередко сопровождается одновременным влиянием других вредных факторов, которые усиливают воздействие основного фактора. Крайне неблагоприятно для человека сочетание *влияния шума и нервно-психических нагрузок*. Превышение ПДУ вибрации на 1 дБ увеличивает потерю слуха на 1 %.
- Одновременное влияние шума и нагревающего микроклимата (как минимум, температуры воздуха) приводит к более частому возникновению *гипертонической болезни и в целом к увеличению показателей общей заболеваемости с временной утратой трудоспособности, включая заболевания язвенной болезнью ЖКТ, язвенным колитом, ишемической болезнью сердца*. Если работник находится в условиях одновременного воздействия шума и некоторых химических растворителей, эффект неблагоприятных последствий от них может быть взаимно усилен.

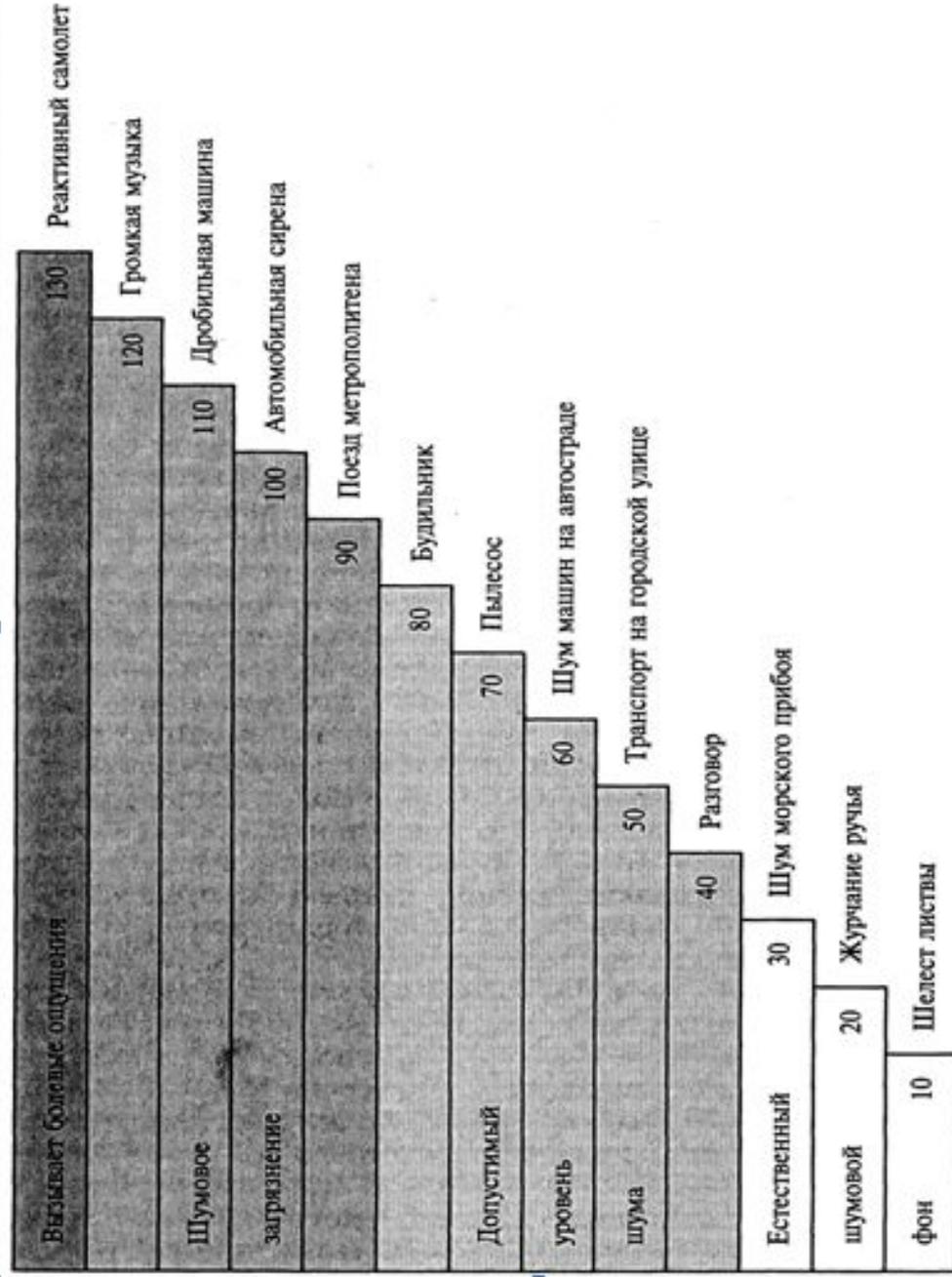
- Главным заболеванием, которое развивается у лиц, подвергающихся неблагоприятному влиянию шума, следует считать **сенсоневральную (нейросенсорную) тугоухость**. Распространенность сенсоневральной тугоухости достаточно высока. По данным ВОЗ это заболевание профессионального характера по частоте стоит на первом месте и встречается у **10—20%** работников. В нашей стране ее удельный вес среди всех профессиональных заболеваний по официальным данным составляет **12—15%** и постепенно увеличивается. Фактически численность работников с профессиональной сенсоневральной тугоухостью много больше.
- По некоторым данным, если параметры шума на рабочих местах равны **85 дБА**, то количество трудящихся, имеющих данное заболевание, составляет **2,7 %** всех работников, а при шуме в **120 дБА** — уже **40,1 %**. Воздействие звука высокой интенсивности вызывает притупление слуха. Порог слышимости — минимальный уровень звука, который еще различим. Обычно различают три вида притупления слуха в результате воздействия сильного шума:

- временное повышение порога слышимости (ВПШ) — это кратковременное повышение порога, начиная с которого ухо слышит звуки, снижающееся затем до первоначального значения;
- устойчивое повышение порога слышимости (УПШ) — долго временное следствие воздействия шума, когда потеря слуха не восстанавливается;
- акустическая травма, возникающая в результате одноразового, как правило, кратковременного воздействия чрезвычайно интенсивного шума, как, например, звука выстрела или взрыва.

▪

- *Кроме патологических изменений можно выделить следующие проявления неблагоприятного воздействия шума на организм — снижение разборчивости речи, неприятные ощущения, развитие утомления.* Снижение разборчивости (внятности) речи, профессионально значимое при многих видах деятельности, обусловлено эффектами звуковой маскировки голоса производственным шумом и тесно связано со спектральными характеристиками шума.

- Приобретает особую значимость то, что шум, являясь информационной помехой для высшей нервной деятельности в целом, оказывает неблагоприятное влияние на протекание нервных процессов и способствует развитию утомления, так как шум увеличивает напряжение физиологических функций в процессе труда и тем самым снижает работоспособность организма.



Интенсивность звука, дБ, от различных источников

- **В развитии профессиональной сенсоневральной тугоухости выделяют три стадии:**
- а) слуховую адаптацию — к концу рабочей смены слуховой порог возрастает на 10 — 15 дБ, но через 3 — 5 мин приходит к норме;
- б) слуховое утомление — к концу рабочей смены слуховой порог возрастает на 15 дБ, а время восстановления функции анализатора затягивается до 1 ч;
- в) прогрессирующая тугоухость — шум с уровнем более 80 дБА довольно быстро вызывает снижение слуха и развитие тугоухости, начальные проявления которых встречаются у работников иногда при стаже работы до 5 лет.
- **Сроки возникновения сенсоневральной тугоухости следующие: минимальный 5 — 7 лет, средний — 10—12 лет и максимальный — от 15 лет и более.**

- У лиц, систематически пребывающих в условиях воздействия интенсивного шума вначале появляются жалобы на головную боль, головокружение, шум в ушах, быструю утомляемость, раздражительность, общую слабость, ослабление памяти, понижение слуха. При медицинском осмотре наблюдаются дрожание (тремор) пальцев, век, пошатывание, снижение коленных и локтевых рефлексов, неустойчивость пульса, повышение артериального давления. Могут быть отмечены нарушения функции желудка, обменных процессов.
- **Критерием установления профессиональной потери** слуха является его потеря на оба уха: потеря слуха на 11 — 20 дБ в речевых частотах 50—2000 Гц и восприятие шепотной речи на расстоянии 4-5 м.
- Описанная картина иногда называется **«шумовой болезнью»**. В нее входят, как минимум, функциональные нарушения сердечно-сосудистой, центральной нервной и эндокринной систем организма и **обязательно сенсоневральная тугоухость**.

■ ЗАЩИТА ОТ ШУМА

-
- При разработке технологических процессов, проектировании, изготовлении и эксплуатации машин, производственных зданий и сооружений, а также при организации рабочего места следует принимать все необходимые меры по снижению шума, воздействующего на человека на рабочих местах, до значений, не превышающих допустимые:
- -разработкой шумобезопасной техники;
- -применением средств и методов коллективной защиты по ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация
- -применением средств индивидуальной защиты по ГОСТ 12.4.051-87. ССБТ. Средства индивидуальной защиты органа слуха. Общие технические требования и методы испытаний .
- Зоны с уровнем звука или эквивалентным уровнем звука выше 80 дБ А должны быть обозначены знаками безопасности по ГОСТ 12.4.026-2001. ЦВЕТА СИГНАЛЬНЫЕ, ЗНАКИ БЕЗОПАСНОСТИ
- И РАЗМЕТКА СИГНАЛЬНАЯ. НАЗНАЧЕНИЕ И ПРАВИЛА ПРИМЕНЕНИЯ.
- Работающих в этих зонах администрация обязана снабжать средствами индивидуальной защиты по ГОСТ 12.4.051-87.

- На рабочих местах и участках с повышенным уровнем шума



- Регламентированные дополнительные перерывы следует рекомендовать с учетом уровня шума, его спектра и наличия индивидуальных средств защиты. Отдыхать во время этих перерывов необходимо в специально оборудованных помещениях; в комнатах для приема пищи также должны быть оптимальные акустические условия (уровень звука не выше 50 дБА).
- Для профилактики вредного действия шума лица, подвергающиеся его воздействию, подлежат обязательным предварительным, при приеме на работу, и периодическим медицинским осмотрам. При поступлении на работу противопоказаниями к приему являются стойкое снижение слуха, хронические заболевания уха, нарушение функции вестибулярного аппарата и др.
- Периодические осмотры работников шумных цехов проводят отоларинголог, невропатолог, терапевт с обязательным исследованием слуха (аудиометрия). Частота осмотров находится в зависимости от уровней шума на рабочих местах (1 раз в год или в 2—3 года). Обнаружение сенсоневральной тугоухости со значительной степенью снижения слуха является противопоказанием для продолжения работы в шумном производстве.

■ **Инфразвук.**

- Инфразвуком называют неслышимые акустические колебания с частотой *ниже 20 Гц*. На производстве он возникает в результате тех же процессов, что и шум слышимых частот, а именно: турбулентности, резонанса, пульсации и возвратно-поступательного движения. Вследствие этого инфразвук, как правило, сопровождается слышимом шумом, причем максимум колебательной энергии в зависимости от характеристик конкретного источника может приходиться на звуковую или инфракрасную части спектра.
- *С инфразвуковыми колебаниями работники имеют контакты при управлении транспортными средствами, обслуживании оборудования по плавке металла, компрессоров, портовых кранов.*

- **Классификация инфразвука, воздействующего на человека.**
- **По характеру спектра инфразвук подразделяется на:**
 - - **широкополосный инфразвук**, с непрерывным спектром шириной более одной октавы;
 - - **тональный инфразвук**, в спектре которого имеются слышимые дискретные составляющие. Гармонический характер инфразвука устанавливается в октавных полосах частот по превышению уровня в одной полосе над соседними не менее чем на 10 дБ.
- **По временным характеристикам инфразвук подразделяется на:**
 - - **постоянный инфразвук**, уровень звукового давления которого изменяется за время наблюдения не более чем в 2 раза (на 6 дБ) при измерениях по шкале шумомера "линейная" на временной характеристике "медленно";
 - - **непостоянный инфразвук**, уровень звукового давления которого изменяется за время наблюдения не менее чем в 2 раза (на 6 дБ) при измерениях по шкале шумомера "линейная" на временной характеристике "медленно".

- **Нормируемыми характеристиками постоянного инфразвука являются:**
- Уровни звукового давления (L_p) в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 2, 4, 8 и 16 Гц, в дБ, определяемые по формуле:

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

- P - среднеквадратичное значение звукового давления, Па;
- P_0 - исходное значение звукового давления в воздухе, равное 2×10^{-5} Па.
- **Нормируемыми характеристиками непостоянного инфразвука** являются эквивалентные по энергии уровни звукового давления ($L_{\text{экв}}$), в дБ, в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами 2, 4, 8 и 16 Гц и **эквивалентный общий уровень звукового давления**, в дБ Лин (по линейной шкале), определяемые по формуле:

$$L_{\text{экв.}} = 10 \lg \left(\frac{1}{T} \sum_{i=1}^n t_i \times 10 \times 0,1 \times L_i \right)$$

- T - период
- t_i - продол
- n - общее число промежутков действия инфразвука;
- L_i - логарифмический уровень инфразвука в i -ый промежуток времени, дБ.
-

■ Биологическое действие.

- Инфразвук оказывает выраженное биологическое действие на функции внутренних органов в связи с тем, что его частота *может совпадать с частотой колебаний внутренних органов и тем самым оказывать на них влияние.*
- Инфразвук с частотой 8 Гц наиболее опасен для человека, так как при достаточной интенсивности такого шума возможно его влияние на α -ритм биотоков мозга. При частоте 1 — 3 Гц возможна кислородная недостаточность вследствие нарушения ритма дыхания, при 5 — 9 Гц появляются болезненные ощущения в грудной клетке и нижних областях живота.
- Контактирующие с инфразвуком жалуются на раздражительность, головную боль, тошноту, беспокойство, чувство страха, увеличение частоты дыхания. Инфразвук также оказывает негативное влияние на органы слуха, вызывая утомление, чувство страха, головные боли и головокружения, а также снижает остроту зрения. Особенно неблагоприятно воздействие на организм человека инфразвуковых колебаний с частотой 4—12 Гц.

- Инфразвук вызывает снижение слуха преимущественно на низких и средних частотах и может привести работников к возникновению профессиональной сенсоневральной тугоухости.
- Таким образом, инфразвук может вызывать у людей неприятные субъективные ощущения и многочисленные реактивные изменения, к числу которых следует отнести астенизацию организма, изменения в центральной нервной, сердечно-сосудистой и дыхательной системах, вестибулярном анализаторе. Выраженность этих изменений зависит от уровня интенсивности инфразвука и длительности действия фактора.

- **О наличии инфразвука** в производстве свидетельствуют:
 - а) технологические признаки: высокая единичная мощность машин, низкое число оборотов, неоднородность или цикличность технологических процессов при обработке крупногабаритных деталей или больших масс сырья (мартены, конвертеры, горнодобывающая промышленность); флюктуации мощных потоков газов или жидкостей (газодинамические или химические установки);
 - б) конструктивные признаки: большие габариты двигателей, наличие замкнутых объемов, возбуждаемых динамически (кабины наблюдения технологического оборудования); подвеска самоходных и транспортно-технологических машин;
 - в) строительные признаки: большие площади перекрытий или ограждений источников шума (смежное расположение административных помещений с производственными); наличие замкнутых звукоизолированных объемов (кабин наблюдений оператора).

- **Гигиеническое нормирование и меры защиты.**

- **Нормативный документ «Инфразвук на рабочих местах, в жилых и общественных помещениях и на территории жилой застройки» СН 2.2.4/2.18.583-96** определяет классификацию, характеристики и ПДУ инфразвука на рабочих местах, а также методы и условия его контроля.
- **Для характеристики инфразвука установлены следующие измеряемые величины:**
 - Для постоянного инфразвука — октавные уровни звукового давления 2, 4, 8, 16 дБ, — среднегеометрическая частота указана в таблице в зависимости от вида работ.
 - Для непостоянного инфразвука — общий уровень звукового давления по «линейной» шкале шумомера равен 75-100 дБ.

**Предельно допустимые уровни инфразвука на рабочих местах,
допустимые уровни инфразвука в жилых и общественных помещениях
и на территории жилой застройки**

пп	Назначение помещений	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со средне- геометрическими частотами, Гц				Общий уровень звукового давления, дБ Лин
		2	4	8	16	
1	1. Работы с различной степенью тяжести и на- пряженности трудового процесса в производст- венных помещениях и на территории предприятий: - работы различной степени тяжести - работы различной сте- пени интеллектуально- эмоциональной напря- женности	100	95	90	85	100
		95	90	85	80	95
2	Территория жилой застройки	90	85	80	75	90
3	Помещения жилых и общественных зданий	75	70	65	60	75

**ЗНАЧЕНИЯ ПОПРАВОК К ИЗМЕРЕННОМУ
ЛИНЕЙНОМУ УРОВНЮ НА ВРЕМЯ ДЕЙСТВИЯ
ФАКТОРА ДЛЯ РАСЧЕТА ЭКВИВАЛЕНТНОГО
УРОВНЯ ЗВУКОВОГО ДАВЛЕНИЯ**

Поправка, дБ	Время воздействия, в часах								
	8	7	6	5	4	3	2	1	0,5
	0	0,6	1,2	2	3	4,2	6	9	12

- Наиболее эффективным и практически единственным средством борьбы с инфразвуком является его снижение в источнике. Существующие меры борьбы с шумом, как правило, *неэффективны для инфразвуковых колебаний.*
- Наиболее эффективными являются увеличение быстроходности оборудования, глушения на путях распространения. В качестве индивидуальных средств защиты рекомендуется применение наушников, защищающих ухо от неблагоприятного действия сопутствующего шума. Работающие должны проходить предварительные и периодические медицинские осмотры в сроки и в объеме, установленных для лиц, работающих в условиях воздействия производственного шума.

▪ **Ультразвук.**

- Ультразвуком называют неслышимые механические колебания упругой среды с частотой, превышающей верхний предел слышимости. Весь ультразвуковой диапазон (20 кГц—1000 МГц) можно условно разделить на *низкочастотный* (20—100 кГц), который распространяется воздушным и контактным путем, и *высокочастотный* (100 кГц—1000 МГц), который распространяется только контактным путем.

▪ **Гигиеническая классификация ультразвука**

- *По способу распространения* ультразвуковых колебаний выделяют:
 - • **контактный способ** — ультразвук распространяется 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 способ** — ультразвук распространяется по воздуху.
- *По типу источников* ультразвуковых колебаний выделяют:
 - • **ручные источники,**
 - • **стационарные источники.**
- *По спектральным характеристикам* ультразвуковых колебаний выделяют:
 - • **низкочастотный ультразвук** — 16 — 63 кГц (указаны среднегеометрические частоты октавных полос);
 - • **среднечастотный ультразвук** — 125 — 250 кГц;
 - • **высокочастотный ультразвук** — 1,0 — 31,5 МГц.

▪ По режиму генерирования ультразвуковых колебаний выделяют:

- постоянный ультразвук,
- импульсный ультразвук.

▪ По способу излучения ультразвуковых колебаний выделяют:

- источники ультразвука с магнитострикционным генератором,
- источники ультразвука с пьезоэлектрическим генератором.

▪ Ультразвук имеет единую природу со звуком и одинаковые физико-гигиенические характеристики, т. е. оценивается по **частоте колебаний и интенсивности**. Интенсивность ультразвука (уровень звукового давления) оценивается в децибелах.

▪ Ультразвуковые колебания подчиняются тем же закономерностям, что и звуковые волны, однако *более высокая частота придает им некоторые особенности:*

- а) малая длина волны дает возможность получать направленный сфокусированный пучок большой энергии;
- б) ультразвуковые волны способны давать отчетливую акустическую тень, так как размеры экранов всегда будут соизмеримы или больше длины волны; в) проходя через границу раздела двух сред, ультразвуковые волны могут отражаться, преломляться или поглощаться;
- г) ультразвук, особенно высокочастотный, практически не распространяется в воздухе, так как звуковая волна, распространяясь в среде, теряет энергию пропорционально квадрату частоты колебаний.

- **Источниками производственного ультразвука** являются генераторы ультразвуковых колебаний, используемые для технологических целей, в медицине и научных исследованиях, а также производственное оборудование, имеющее в спектре шума высокочастотные составляющие. Генератор ультразвука состоит из источников токов высокой частоты и пьезоэлектрического (генерация высокочастотного ультразвука с частотой до 10^9 Гц) или магнитно-стрикционного преобразователя (генерация низкочастотного ультразвука).
- Ультразвуковые установки и приборы в зависимости от частотной характеристики делят на две основные группы: 1) аппаратура, генерирующая низкочастотный ультразвук с частотой колебаний 11 — 100 кГц; 2) установки, в которых используется высокочастотный ультразвук с частотой колебаний в пределах 100 кГц—100 мГц.

- Работники предприятий могут иметь контакты с ультразвуком в следующих случаях: при очистке деталей от масел и окалины для защиты судов от обрастания, котлов и теплообменных аппаратов от накипи; при стирке тканей и шерсти; очистке воздуха от пыли, копоти, химических веществ; при механической обработке сверхтвердых и хрупких материалов — алмаза, стекла, керамики, ювелирных изделий; при обработке семян и борьбе с насекомыми и гусеницами. В пищевой промышленности ультразвук используется при приготовлении сухого молока, замораживании его с целью длительного хранения, при эмульгировании жиров, извлечении вытяжки из печени; стерилизации инструментов, материалов и упаковок с пищевыми продуктами; при приготовлении вакцин и сывороток; для дефектоскопии металла, бетона, резины и других материалов и изделий из них; для исследования внутренних органов.

-

- **Влияние на организм человека.**

- **Биологическое действие ультразвука** обусловлено его механическим, тепловым и физико-химическим действием. Звуковое давление в ультразвуковой волне может меняться в пределах $\pm 303,9$ кПа (3 атм). Отрицательное давление приводит к возникновению внутри тканевой жидкости полостей и разрывов. Это приводит к деполяризации и деструкции молекул, вызывает их ионизацию, что активизирует реакции, способствует нормализации и ускорению обмена веществ.
- Он оказывает болеутоляющее, спазмолитическое, противовоспалительное и бактерицидное действие, улучшает крово- и лимфообращение, стимулирует деятельность нервной и эндокринной систем, усиливает защитные реакции организма, снижает артериальное давление, способствует сращиванию переломов, разрушает опухолевые клетки.
- **Тепловое действие ультразвука** связано в основном с поглощением акустической энергии. Тепловой эффект, производимый ультразвуком, может быть очень значительным: при интенсивности ультразвука 4 Вт/см^2 и воздействии его в течение 20 с температура тканей на глубине 2 — 5 см повышается на $5 — 6^\circ\text{C}$. Эффект действия ультразвука зависит от его интенсивности. Ультразвук малой (до $1,5 \text{ Вт/см}^2$) и средней ($1,5 — 3 \text{ Вт/см}^2$) интенсивности вызывает в тканях положительные биологические эффекты, стимулирует протекание физиологических процессов.

- **Ультразвук большой интенсивности** ($3—10 \text{ Вт/см}^2$) оказывает вредное воздействие как на отдельные органы, так и на весь организм. Профессиональное заболевание, которое развивается от воздействия ультразвука, называется **вегетативно-сенсорной полиневропатией (ангионеврозом) рук**. Оно развивается в результате контакта рук работника с оборудованием, генерирующим ультразвуковые колебания. Первые жалобы пострадавшие предъявляют на зябкость рук, боли в кистях, ползание «мурашек», которые возникают после двух—трех лет работы. На медицинском осмотре обнаруживаются синюшность кожи рук, понижение чувствительности, ломкость ногтей, уменьшение объема мышц на руках. Впоследствии возможны утолщения пальцев, помутнение ногтей на руках. Данные признаки заболевания сопровождаются головными болями, головокружениями, общей слабостью, быстрой утомляемостью, расстройством сна, раздражительностью. Ультразвук по сравнению с шумом в меньшей степени влияет на функцию слухового анализатора. Однако наблюдается функциональное расстройство слуха, которое может закончиться развитием сенсоневральной тугоухости.

- **Гигиеническое нормирование и профилактика.**
- Основу профилактики составляет гигиеническое нормирование. Гигиенические регламенты ультразвука отражены в СанПиН СанПиН 2.2.4./2.1.8.582—96 «Гигиенические требования при работе с источниками воздушного и контактного ультразвука промышленного, медицинского и бытового назначения» и ГОСТе 12.1.001 — 89 «Ультразвук. Общие требования безопасности».
- Нормируемыми параметрами воздушного ультразвука являются уровни звукового давления в децибелах в третьоктавных полосах со среднегеометрическими частотами 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100 кГц.
- Предельно допустимые уровни звукового давления на рабочих местах не должны превышать значений, указанных нормативах.

Предельно допустимые уровни воздушного ультразвука на рабочих местах

Среднегеометрические частоты <u>третьоктавных</u> полос, кГц	Уровни звукового давления, дБ
12,5	80
16,0	90
20,0	100
25,0	105
31,5 — 100,0	110

- **Нормируемыми параметрами контактного ультразвука являются пиковые значения виброскорости или ее логарифмические уровни в децибелах в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 16; 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000; 16000; 31500 кГц, определяемые по формуле:**

$$L_v = 20 \lg v/v_o,$$

- Где v — пиковое значение виброскорости, м/с;
- v_o — опорное значение виброскорости, равное $5 \cdot 10^{-8}$, м/с.
- Предельно допустимые уровни контактного ультразвука следует принимать на 5 дБ ниже значений, указанных в тех случаях, когда работающие подвергаются совместному воздействию воздушного и контактного ультразвука.
- При использовании ультразвуковых источников бытового назначения, как правило, генерирующих колебания с частотами ниже 100 кГц, допустимые уровни воздушного и контактного ультразвука не должны превышать 75 дБ на рабочей частоте источника.

-

Предельно допустимые уровни контактного ультразвука для работающих

Среднегеометрические частоты октавных полос, кГц	Пиковые значения виброскорости, м/с	Уровни виброскорости, дБ
16,0 — 63,0	$5 \cdot 10^{-3}$	100
125,0 — 500,0	$8,9 \cdot 10^{-3}$	105
$1 \cdot 10^3$ — $31,5 \cdot 10^3$	$1,6 \cdot 10^{-2}$	110

- Существенное значение для улучшений условий труда имеет **предупредительный санитарный надзор** в целях разработки безопасной ультразвуковой техники. Завод изготовитель в эксплуатационной документации производственного оборудования должен указывать ультразвуковую характеристику, в которой приведены уровни звукового давления этого оборудования, измеренные в контрольных точках вокруг него.
- Организационные мероприятия заключаются в соблюдении режима труда и отдыха (при контакте с ультразвуком более 50% рабочего времени рекомендуется делать перерывы продолжительностью 15 мин через 1,5 ч работы) и запрещении сверхурочных работ.
- Для предупреждения указанных нарушений здоровья установлены предварительные перед поступлением на работу и периодические раз в год медицинские осмотры.
- На работах при контакте с ультразвуком нельзя работать лицам, имеющим заболевания периферической нервной системы и сосудов. Заболевшим рекомендуется временное отстранение от работы на оборудовании с ультразвуковыми колебаниями и лечение, а при безуспешном исходе — перевод на работу вне контакта с ультразвуком.
- При лечении значительный положительный эффект дает комплекс физиотерапевтических процедур (массаж, УФ-излучение, водные процедуры, витаминизация).