

## **Уважаемые студенты!**

Ниже представлена лекция. Вам необходимо:

1. Прочитать внимательно лекцию.
2. Законспектировать лекцию в рабочую тетрадь не менее 3-5 страниц рукописного текста.
3. Ответить письменно на контрольные вопросы.
4. Конспект лекции предоставить в виде фото до 03.04.2023 преподавателю на e-mail ([elena.berezovskaya.2020@gmail.com](mailto:elena.berezovskaya.2020@gmail.com)).

С уважением Березовская Елена Валерьевна

!!! Если возникнут вопросы обращаться по телефону: 0721012105

### **Тема: Ультразвук и инфразвук**

**Цель:** изучить действие ультразвука и инфразвука на организм человека и меры предупреждения его вредного воздействия.

### **План**

1. Ультразвук и инфразвук.
2. Физическая и гигиеническая характеристики ультразвука и инфразвука.
3. Действие ультразвука и инфразвука на организм.
4. Гигиеническое нормирование ультразвука и инфразвука.
5. Меры предупреждения вредного действия ультразвука и инфразвука.

### **1. Ультразвук и инфразвук**

Ультразвуком называются механические колебания упругой среды с частотой, превышающей верхний предел слышимости, – 20 кГц.

Ультразвук, так же как и шум, можно характеризовать уровнем звукового давления, дБ, или интенсивностью, Вт/м<sup>2</sup>.

Ультразвук обладает главным образом локальным действием на организм, поскольку передается при непосредственном контакте с

ультразвуковым инструментом, обрабатываемыми деталями или средами, где возбуждаются ультразвуковые колебания (контактный ультразвук).

Длительное систематическое воздействие ультразвука, распространяющегося воздушным путем (воздушный ультразвук), вызывает изменения нервной, сердечно-сосудистой и эндокринной систем, слухового и вестибулярного анализаторов. Степень воздействия зависит от интенсивности и длительности воздействия ультразвука и усиливается при наличии в спектре высокочастотного шума, что может привести к снижению слуха.

Характер изменений, возникающих в организме под воздействием ультразвука, зависит от дозы воздействия.

Малые дозы – уровень звука 80 – 90 дБ – дают стимулирующий эффект – микромассаж, ускорение обменных процессов. Большие дозы – уровень звука более 120 дБ – дают поражающий эффект.

Основу профилактики неблагоприятного воздействия ультразвука на работающих составляет гигиеническое нормирование.

Нормативные документы:

- ГОСТ 12.1.01-89 ССБТ. Ультразвук. Общие требования безопасности;
- СанПиН 2.2.4/2.1.8.582-96. Гигиенические требования при работах с источниками воздушного и контактного ультразвука промышленного, медицинского и бытового назначения.

Этими нормативными документами ограничиваются уровни звукового давления в высокочастотной области слышимых звуков и ультразвуков на рабочих местах: (от 80 до 110 дБ при среднегеометрических частотах третьоктавных полос от 12,5 до 100 кГц).

Меры предупреждения неблагоприятного действия ультразвука на организм операторов технологических установок, персонала лечебно-диагностических кабинетов:

- создание автоматизированного ультразвукового оборудования с дистанционным управлением;
- использование по возможности маломощного оборудования, что способствует снижению интенсивности шума и ультразвука на рабочих местах;
- размещение оборудования в звукоизолированных помещениях или кабинетах с дистанционным управлением;
- оборудование звукоизолирующих устройств: кожухов, экранов из листовой стали или дюралюминия, покрытых резиной, противозумной мастикой и другими материалами;

- при проектировании ультразвуковых установок целесообразно использовать рабочие частоты, наиболее удаленные от слышимого диапазона, – не ниже 22 кГц.

Для того чтобы исключить воздействие ультразвука при контакте с жидкими и твердыми средами, необходимо устанавливать систему автоматического отключения ультразвуковых преобразователей при операциях, во время которых возможен такой контакт (например, загрузка и выгрузка материалов).

Если по производственным причинам невозможно снизить уровень интенсивности шума и ультразвука до допустимых значений, необходимо использование **средств индивидуальной защиты** – противошумов, резиновых перчаток с хлопчатобумажной прокладкой, специального рабочего инструмента с виброизолирующей рукояткой.

**Инфразвук** – неслышимая человеком область колебаний. Обычно верхней границей инфразвуковой области считают 16-25 Гц. Нижняя граница инфразвука не определена.

Источником инфразвука является гром, орудийные выстрелы, землетрясения. Для инфразвука характерно малое поглощение. Поэтому инфразвуковые волны в воздухе, воде и в земной коре могут распространяться на очень большие расстояния. Это свойство инфразвука используется как предвестник стихийных бедствий, для исследования свойств атмосферы и водной среды.

Производственный инфразвук возникает за счет тех же процессов, что и шум слышимых частот. Наибольшую интенсивность инфразвуковых колебаний создают машины и механизмы, совершающие низкочастотные механические колебания (инфразвук механического происхождения), или турбулентные потоки газов и жидкостей (инфразвук аэродинамического или гидродинамического происхождения).

Исследования биологического действия инфразвука на организм показали, что при уровне от 110 до 150 дБ и более он может вызывать у людей неприятные субъективные ощущения и многочисленные реактивные изменения в центральной нервной, сердечно-сосудистой и дыхательной системах, вестибулярном анализаторе. Имеются данные о том, что инфразвук вызывает снижение слуха преимущественно на низких и средних частотах.

По характеру спектра инфразвук подразделяется на **широкополосный** и **гармонический**. гармонический характер спектра 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 и **непостоянный**.

Нормируемыми характеристиками инфразвука на рабочих местах согласно СН 2.2.4/2.1.8.583-96 «Инфразвук на рабочих местах, в жилых и общественных помещениях и на территории жилой застройки» являются уровни звукового давления в децибелах в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 2, 4, 8, 16 Гц.

Допустимыми уровнями звукового давления являются 105 дБ в октавных полосах 2, 4, 8, 16 Гц и 102 дБ в октавной полосе 31,5 Гц. При этом общий уровень звукового давления не должен превышать 110 дБ. Для непостоянного инфразвука нормируемой характеристикой является общий уровень звукового давления.

Наиболее эффективным и практически единственным средством борьбы с инфразвуком является снижение его в источнике. При выборе конструкций предпочтение должно отдаваться малогабаритным машинам большой жесткости, так как в конструкциях плоскими поверхностями большой площади и малой жесткости создаются условия для генерации инфразвука. Снизить инфразвук в источнике возникновения можно путем изменения режима работы технологического оборудования. Должны приниматься меры по снижению интенсивности аэродинамических процессов – ограничение скоростей движения транспорта, снижение скоростей истечения жидкостей (авиационные и ракетные двигатели, двигатели внутреннего сгорания системы сброса пара тепловых электростанций и т.д.)

В борьбе с инфразвуком на путях распространения определенный эффект оказывают глушители интерференционного типа, обычно при наличии дискретных составляющих в спектре инфразвука.

В качестве индивидуальных средств защиты рекомендуется применение наушников, вкладышей, защищающих ухо от неблагоприятного действия сопутствующего шума.

К мерам профилактики организационного плана следует отнести соблюдение режима труда и отдыха, запрещение сверхурочных работ. При контакте с ультразвуком более 50 % рабочего времени рекомендуются перерывы продолжительностью 15 мин через каждые 1,5 часа работы. Значительный эффект дает комплекс физиотерапевтических процедур – массаж, УФ-облучение, водные процедуры, витаминизация и др.

## **2. Физическая и гигиеническая характеристики ультразвука и инфразвука**

К ультразвуку относят колебания с частотой выше 16000...20000 колебаний в секунду (16...20 кГц), которые не воспринимаются человеческим

ухом. Инфразвук представляет собой механические колебания, распространяющиеся в упругой среде с частотами менее 20 Гц. Инфразвуковые колебания подчиняются в основном тем же закономерностям, что и звуковые, но низкая частота колебаний придает им некоторые особенности. Инфразвук отличается от слышимых звуков значительно большей длиной волны. Распространение инфразвука в воздушной среде происходит, в отличие от шума на большие расстояния от источника вследствие малого поглощения его энергии.

Физические параметры ультразвука и инфразвука такие же, как и у звуковых волн, шума.

С увеличением частоты ультразвуковых колебаний увеличивается их поглощение средой и уменьшается глубина проникновения в ткани человека. Поглощение ультразвука сопровождается нагреванием среды.

Прохождение ультразвука в жидкости сопровождается эффектом кавитации.

Ультразвук широко применяется в различных областях техники и промышленности, в особенности для анализа и контроля: дефектоскопия, структурный анализ вещества, определение физико-химических свойств материалов и др. Ультразвук нашел широкое применение в медицине для лечения заболеваний позвоночника, суставов, периферической нервной системы, а также для выполнения хирургических операций и диагностики заболеваний.

Вследствие малой длины волны, высокочастотные ультразвуки не распространяются в воздухе, и воздействие их на работающих возможно только путем контактирования источника ультразвука (датчика) с поверхностью тела человека. Этим определяется локальное воздействие, возможное только при неисправности ультразвуковой аппаратуры.

Другой наиболее широкой областью использования ультразвука являются технологические процессы в промышленности: очистка и обезжиривание деталей, механическая обработка твердых и хрупких материалов, сварка, пайка, лужение, электролитические процессы, ускорение химических реакций и др. Для технологических нужд используются ультразвуковые колебания низкой частоты (от 18 до 30 кГц) и высокой мощности (до 6...7 Вт/см<sup>2</sup>).

Наиболее распространенными источниками ультразвука являются пьезоэлектрические и магнитострикционные преобразователи. Основными элементами ультразвукового оборудования являются генератор и акустический преобразователь. Ультразвук распространяется от открытой поверхности преобразователя. Кроме того, в производственных условиях низкочастотный ультразвук нередко образуется при аэродинамических

процессах и является спутником шума (слышимых звуков): работа реактивных двигателей, газовых турбин, мощных пневмодвигателей и др.

Низкочастотное ультразвуковое оборудование (сварочные машины, станки для сверления, ванны для очистки деталей и др.) в большинстве случаев генерирует акустический комплекс, состоящий из слышимого шума и низкочастотного ультразвука. Низкочастотный ультразвук вместе с высокочастотным шумом хорошо распространяется через воздух, но отличается от шума заметным затуханием по мере удаления от источника колебаний и неравномерной интенсивностью его в воздушном пространстве.

Акустическое давление на рабочих местах имеет очень широкий спектр и в зависимости от вида ультразвуковых установок колеблется в пределах от 80 до 120 дБ с максимумом энергии на рабочей частоте установок (например, 20, 22, 24 кГц). В слышимой области наиболее высокие уровни шума наблюдаются на частотах, близких к резонансной (рабочей частоте), и на частотах 10...11 кГц. Характер спектра и закономерности распространения ультразвука по воздуху от установок разной мощности одинаковы.

В современном производстве инфразвуковые колебания в настоящее время имеют широкое распространение. Они образуются при работе компрессоров, турбин, дизельных двигателей, электровозов, промышленных вентиляторов и других крупногабаритных машин и механизмов.

Промышленными источниками интенсивных инфразвуковых волн являются механизмы и агрегаты, имеющие поверхности больших размеров, совершающие вращательное или возвратно-поступательное движение с повторением циклов менее чем 20 раз в секунду (инфразвуки механического происхождения), и турбулентные процессы при движении больших потоков газов или жидкости (инфразвуки аэродинамического происхождения).

Многие производственные процессы сопровождаются излучением в окружающую среду интенсивных звуковых волн очень низких частот. Причиной их возникновения являются первоначальные возмущающие силы машин и механизмов. Спектры шума этих объектов имеют широкополосный характер с наибольшей звуковой энергией в области низких частот.

Мощным источником инфразвуковых волн в процессе работы компрессорных машин является воздухозаборная система. Спектры шума всасывания имеют четко выраженный гармонический характер на низких частотах и широкополосный – на высоких.

Уровень звуковой мощности шума воздухозаборной системы прямо пропорционален мощности компрессора. Увеличение мощности компрессора вдвое повышает уровень звуковой мощности на 3 дБ. При работе компрессоров типа ВП 20/8 на рабочем месте дежурного мастера суммарный уровень звукового давления составляет 113 дБ. Уровень максимальной

интенсивности находится в низкочастотном диапазоне и составляет 111 дБ, на частотах выше 50 Гц – 8, 12,5 и 20 Гц.

Во многих случаях инфразвуковые колебания являются доминирующей частью спектров шума. В турбинах интенсивность шума на инфразвуковых частотах наиболее велика.

У виброплощадок основным излучателем звуковой мощности на низких частотах являются колебания подвижной рамы и формы с бетоном. Звуковая мощность на низких частотах и частоте вибрирования пропорциональна площади излучающей поверхности, перпендикулярной направлению распространения колебаний, в значительной мере она зависит от конструкции площадки. Наименьшие уровни инфразвука и низкочастотного шума соответствуют виброплощадкам, конструкции которых близки к излучателю типа поршневой диафрагмы при отсутствии экрана.

Инфразвуковые колебания имеют место в авиационной и космической технике. Источниками инфразвука в авиации являются турбина и компрессор реактивного двигателя. Реактивные двигатели и ракеты генерируют высокие уровни инфразвукового давления с максимальной энергией в низкочастотной области спектра (в диапазоне от 1 до 100 Гц).

### **3. Действие ультразвука и инфразвука на организм**

Кроме общего воздействия на организм работающих через воздух, низкочастотный ультразвук оказывает локальное действие при соприкосновении с обрабатываемыми деталями и средами, в которых возбуждены колебания (ультразвуковые вибрации). В зоне наибольшего воздействия ультразвука в зависимости от вида оборудования находятся кисти рук. Оно может быть постоянным (удержание инструмента на обрабатываемой детали при лужении, пайке) или временным (погрузка деталей в ванны, сварка и т. п.).

Воздействие от мощных установок (6...7 Вт/см<sup>2</sup>) представляет собой существенную опасность, так как может приводить к поражению периферического нервного и сосудистого аппаратов в местах контакта (вегетативные полиневриты, парезы пальцев, кистей и предплечья). Контактное воздействие ультразвука чаще всего имеет место в момент загрузки и выгрузки деталей из ультразвуковых ванн.

Трехминутное погружение пальцев в воду ванны с мощностью преобразователя 1,5 кВт вызывает ощущение покалывания, иногда зуда, а спустя 5 мин после прекращения действия ультразвука отмечается ощущение холода, иногда чувство онемения пальцев, вибрационная чувствительность

резко снижается, болевая чувствительность у разных лиц при этом может быть либо повышенной, либо пониженной. Кратковременный систематический контакт с озвученной средой длительностью 20...30 с и более на подобных установках уже может приводить к развитию явлений вегетативного полиневрита.

У работающих на низкочастотных ультразвуковых установках, если интенсивность шума выше установленных норм, а интенсивность ультразвука более 100...110 дБ, при систематическом воздействии ультразвука могут наблюдаться функциональные изменения со стороны центральной и периферической нервной системы, сердечно-сосудистой системы, слухового и вестибулярного анализаторов, эндокринные и гуморальные отклонения от нормы. Эти изменения имеют много общего с проявлениями воздействия высокочастотного шума, имеющего место в других производствах, однако имеется и ряд особенностей, обусловленных ультразвуком.

Прежде всего, работающие жалуются на головные боли с преимущественной локализацией в височной области, чрезмерно повышенную утомляемость. Боли появляются вскоре после начала работы и усиливаются к концу рабочего дня. Кроме того, отмечаются чувство давления в ушах, неуверенность походки, головокружение. Отдых после работы устраняет эти нарушения. Характерным синдромом является нарушение сна (сонливость днем). У части работающих наблюдаются раздражительность, гиперакузия, гиперосмия, боязнь яркого света, повышение порогов возбудимости болевого, слухового, вестибулярного и других анализаторов, реже пороги возбудимости анализаторов понижены. У работающих в условиях воздействия интенсивного ультразвука, сопровождаемого шумом, можно отметить недостаточность сосудистого тонуса (понижение артериального давления, гипотония), растормаживание кожно-сосудистых рефлексов в сочетании с яркой вазомоторной реакцией. Общецеребральные нарушения почти всегда сочетаются с явлениями умеренного вегетативного полиневрита рук (реже и ног) разной степени (пастозность, акроцианоз пальцев, термоасимметрия, расстройство чувствительности по типу перчаток или носков). При систематическом воздействии ультразвука иногда отмечаются вестибулярные нарушения, повышение температуры тела и кожи, снижение уровня сахара в крови, эозинофилия. Если наряду с интенсивным ультразвуком имеется сильный шум, то наблюдается выраженное понижение слуха.

Ультразвуковые колебания воздушной среды оказывают воздействие на центральную нервную систему и функцию других систем и органов не только через слуховой аппарат, но и помимо него, что доказывается

наличием нарушений указанных функций у глухонемых при воздействии ультразвуковых колебаний.

При комбинированном воздействии ультразвука и шума, часто наблюдаемом в производстве, не происходит усиления реакции центральной нервной, сердечно-сосудистой систем и слухового анализатора. Однако усиление действия шума и ультразвука сказывается на реакции вестибулярного анализатора, и нарушения вестибулярной функции являются более выраженными, чем при раздельном действии названных факторов.

При клиническом обследовании работающих в условиях контакта с ультразвуком было показано, что степень выраженности патологии связана с уровнем ультразвукового давления. Процент лиц с выраженной стадией ультразвуковой патологии значительно выше среди подвергающихся наиболее интенсивному воздействию низкочастотного ультразвука, достигающего 120...130 дБ; он значительно меньше при интенсивности воздействия ультразвука до 110 дБ и совсем не наблюдается у обследованных, подвергающихся воздействию ультразвука с интенсивностью 90...105 дБ. У работающих, которые, кроме воздействия ультразвука через воздух, подвергаются и выраженному контактному воздействию, симптоматика нарушений здоровья выражена больше, особенно за счет явлений вегетативного полиневрита. Степень выраженности патологических изменений зависит от интенсивности и длительности действия ультразвука; контакт с озвучиваемой средой и наличие шума в спектре также ухудшают состояние здоровья.

По сравнению с высокочастотным шумом ультразвук заметно слабее влияет на слуховую функцию, но вызывает более выраженные отклонения от нормы со стороны вестибулярной функции, болевой чувствительности и терморегуляции.

Интенсивный высокочастотный ультразвук при контакте с поверхностью тела вызывает в основном те же нарушения, что и низкочастотный.

Инфразвук влияет на весь организм человека, отражается на его здоровье и работоспособности. Данные многих исследователей свидетельствуют о высокой чувствительности организма человека к уровням колебаний с максимумом энергии в области инфразвуковых частот.

В результате длительного воздействия низкочастотных колебаний у человека развивается значительная астения, появляются слабость, утомляемость, снижается работоспособность, появляется раздражительность, нарушается сон. У некоторых лиц отмечаются нервно-вегетативные нарушения и даже появляются психические нарушения. Известно, например,

что рабочие компрессорных станций предъявляют жалобы на усталость, головную боль, общее недомогание, плохой сон.

У лиц, находящихся на расстоянии 200...300 м от реактивных самолетов, появляется чувство беспричинного страха, повышается артериальное давление, наблюдаются случаи обморочного состояния. При работе реактивных двигателей возникает сотрясение грудной клетки и брюшной полости, появляется состояние, напоминающее морскую болезнь, возникают головокружение, тошнота.

Особенностью действия инфразвука является высокая специфическая чувствительность органа слуха к низкочастотным колебаниям. Описаны случаи неблагоприятного действия инфразвука (патология среднего уха) на рабочих, обслуживающих дизельные двигатели. Четко выявляется снижение слуховой чувствительности (на 10...15 дБ) на всех частотах, причем наибольшее – преимущественно на низких и средних.

Низкочастотные колебания воспринимаются, как физическая нагрузка, у человека увеличивается общий расход энергии, возникают утомление, головная боль, головокружение, вестибулярное нарушение, снижается острота зрения и слуха, изменяются ритм дыхания и сердечных сокращений, кровяное давление; могут быть нарушения периферического кровообращения, центральной нервной системы, пищеварения. Характер и выраженность изменений в организме зависят от диапазона частот, уровня звукового давления и длительности.

В производственных условиях развивающиеся изменения в организме нередко не могут быть отнесены полностью только за счет инфразвука, так как на работающего воздействуют звуковые колебания широкого спектра. Однако в экспериментальных условиях доказано, что инфразвуковые колебания вызывают выраженные изменения в организме. После воздействия инфразвука появляются головная боль, давление на барабанные перепонки, ощущение колебания внутренних органов, брюшной стенки, отдельных групп мышц (икроножных, спинных и др.), жалобы на сухость во рту, затрудненное глотание, влажность рук и резко выраженное чувство усталости. Установлены снижение слуховой чувствительности, преимущественно на низких и средних частотах, изменения в периферическом кровообращении. Обнаруженные сдвиги не были стойкими, через 25–30 мин они возвращались к исходным цифрам, однако чувство усталости сохранялось длительное время.

Инфразвуковые колебания с уровнем звукового давления до 150 дБ находятся в пределах выносливости человека при кратковременном воздействии, низкочастотные колебания с уровнем свыше 150 дБ испытуемые совершенно не переносят. Вначале появляются жалобы на

головную боль, головокружение, изменение ритма сердечной деятельности, учащение дыхания, звон в ушах, снижение остроты зрения, колебания в области грудной клетки, кашель. Затем возникают чувство страха, тошнота, общая слабость, утомление.

Частоты колебаний 2...15 Гц являются особенно нежелательными из-за резонансных явлений в организме. Инфразвук с частотой 7 Гц наиболее опасен для человека, так как возможно его совпадение с альфа-ритмом биотоков мозга. При частотах от 1 до 3 Гц возможны кислородная недостаточность, нарушение ритма дыхания. При частотах от 5...9 Гц появляются болезненные ощущения в грудной клетке и в нижней части живота. В диапазоне частот от 8 до 12 Гц появляются боли в пояснице, а при более высоких частотах отмечаются болезненные симптомы в полости рта, гортани, мочевом пузыре, прямой кишке, а также в некоторых мышцах.

Таким образом, инфразвук как профессиональный фактор может воздействовать на весь организм человека и оказывает специфическое действие на орган слуха. Причиной биологического действия инфразвука служат, по-видимому, колебания, воспринимаемые как органом слуха, так и поверхностью тела.

С позиций методологии риска в медицине труда разработана классификация зон риска для здоровья человека от смертельных до очень слабых, неясных, обусловленных действием инфразвука разных параметров.

#### **4. Гигиеническое нормирование ультразвука и инфразвука**

Допустимые уровни звукового давления ультразвуковых установок следует принимать согласно ГОСТ 12.1.001-89 «Ультразвук. Общие требования безопасности», которые устанавливают: допустимые уровни звуковых и ультразвуковых колебаний, создаваемых на рабочих местах в диапазоне частот 11,2...100 кГц, условия измерения звукового и ультразвукового давления и требования к измерительной аппаратуре, требования по ограничению действия на организм работающих ультразвуковых и звуковых колебаний промышленного, медицинского и бытового назначения.

Допустимые уровни ультразвукового давления на рабочих местах не должны превышать значений, приведенных в табл. 1.1.

Таблица 1.1.

## Допустимые уровни ультразвукового давления на рабочих местах

Среднегеометрические частоты третьоктавных полос, кГц	Уровень звукового давления, дБ
12,5	80
16	80 (90)
20	100
25	105
31,5...100,0	110

Допускается по согласованию с заказчиком устанавливать значение показателя, указанное в скобках (см. табл. 3.1).

Характеристикой контактного ультразвука являются пиковые значения виброскорости  $L_v$  или ее логарифмические уровни в децибелах в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами 8; 16; 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000; 16 000; 31 500 кГц, определяемые по формуле

$$L_v = 20 \cdot \lg \frac{v}{v_0},$$

где  $v$  – пиковое значение виброскорости, м/с;  $v_0$  – опорное значение виброскорости, равное  $5 \cdot 10^{-8}$  м/с.

Допустимые уровни виброскорости и ее пиковые значения на рабочих местах не должны превышать значений, приведенных в табл. 1.2.

Таблица 1.2.

## Допустимые уровни виброскорости и ее пиковые значения

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

Допустимые уровни контактного ультразвука следует принимать на 5 дБ ниже значений, указанных в табл. 1.2, в тех случаях, когда работающие подвергаются совместному воздействию воздушного и контактного ультразвуков.

Документом, устанавливающим нормативные параметры инфразвука, являются санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.583-96 «Инфразвук на рабочих

местах, в жилых и общественных помещениях и на территории жилой застройки»

Нормируемыми характеристиками постоянного инфразвука являются уровни звукового давления  $L_p$ , дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 2, 4, 8 и 16 Гц,

Нормируемыми характеристиками непостоянного инфразвука являются эквивалентные по энергии уровни звукового давления  $L_{\text{экв}}$  (дБ) в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами 2, 4, 8 и 16 Гц и эквивалентный общий уровень звукового давления, измеренные по шкале шумомера «Лин», определяемые по формуле

$$L_{\text{экв}} = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^n t_i L_i,$$

где  $T$  – период наблюдения, ч;  $t_i$  – продолжительность действия шума с уровнем  $L_i$ , ч;  $n$  – общее число временных промежутков действия инфразвука;  $L_i$  – логарифмический уровень звукового давления инфразвука в  $i$ -й промежуток времени, дБ.

Эквивалентный уровень звукового давления может быть установлен при непосредственном инструментальном измерении или путем расчета по измеренному уровню и продолжительности воздействия.

В качестве дополнительной характеристики для оценки инфразвука (например, в случае тонального инфразвука) могут быть использованы уровни звукового давления в 1/3 октавных полосах со среднегеометрическими частотами 1,6; 2; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16 и 20 Гц.

Предельно допустимые уровни инфразвука на рабочих местах, дифференцированные для различных видов работ, приведены в табл. 1.3.

**Предельно допустимые уровни инфразвука на рабочих местах**

(извлечение из СН 2.2.4/2.1.8.562-96)

Назначение помещений	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц				Общий уровень звукового давления, дБ
	2	4	8	16	
Работы с различной степенью тяжести и напряженности трудового процесса в производственных помещениях и на территории предприятий: <ul style="list-style-type: none"> <li>• работы различной степени тяжести;</li> <li>• работы различной степени эмоционально-интеллектуальной напряженности</li> </ul>	100	95	90	85	100
	95	90	85	80	95

Для колеблющегося во времени и прерывистого инфразвука уровни звукового давления, измеренные по шкале шумомера «Лин», не должны превышать 120 дБ.

Для шумов, спектр которых охватывает инфразвуковой и слышимый диапазоны, измерение и оценка скорректированного уровня звукового давления инфразвука являются дополнительными к измерению и оценке шума в соответствии с нормативными документами.

### **5. Меры предупреждения вредного действия ультразвука и инфразвука**

В основе предупреждения вредного действия ультразвука, а также шума ультразвукового технологического оборудования лежат в первую очередь меры технологического характера: создание автоматического ультразвукового оборудования (для мойки тары, очистки деталей), а также установок с дистанционным управлением. Это позволяет почти полностью устранять контактное воздействие колебаний на работающих до безопасного минимума, сократить время пребывания работающих в условиях воздействия ультразвука и шума. Большую роль играет переход на использование маломощного оборудования. В этом случае интенсивность ультразвука и

шума уменьшается на 20...40 дБ (например, при ультразвуковой очистке деталей, пайке, сверлении и др.). Переход на маломощное оборудование во многих случаях не противоречит технологическим требованиям.

Учитывая, что пороговые интенсивности шума по ряду показателей заметно ниже пороговых интенсивностей ультразвука, при проектировании ультразвуковых установок целесообразно выбирать рабочие частоты, по возможности больше удаленные от слышимого диапазона частот (не ниже 22 кГц), чтобы избежать действия выраженного высокочастотного шума.

Все ультразвуковые установки, при работе которых уровни шума и ультразвука превышают допустимые, должны быть оборудованы звукоизолирующими устройствами (кожухи, экраны) из листовой стали или дюрала, покрытого звукопоглощающими материалами. В качестве звукопоглощающих материалов рекомендуются: рубероид, техническая резина, пластмассы типа «Агат», анти-вибрит, гетинакс, покрытие противощумной мастикой ВМ. Звукоизолирующие укрытия ультразвуковых установок не должны иметь щелей и отверстий и должны быть изолированы от пола резиновыми прокладками. Электрические провода, соединяющие генератор с ультразвуковым образователем, нужно экранировать для защиты от электромагнитных волн. В тех случаях, когда шум и ультразвук не могут быть снижены до допустимых величин с помощью экранов и кожухов, установки, генерирующие колебания с общим уровнем 135 дБ, нужно размещать в кабинах со звукоизоляцией.

Чтобы исключить воздействие ультразвука при контакте с жидкими и твердыми средами, необходимо выключать ультразвуковые преобразователи при операциях, во время которых возможен контакт; необходимо применять специальный рабочий инструмент с виброизолирующей рукояткой и защиту рук резиновыми перчатками с хлопчатобумажной подкладкой. Уровни виброскорости в диапазоне частот от 8 до 2000 Гц на поверхностях ультразвуковых инструментов (паяльники, сварочные пистолеты и др.) и приспособлений для фиксации деталей не должны превышать величин, предусмотренных санитарными нормами при работе с инструментами, механизмами и оборудованием, создающими вибрации, передаваемые на руки работающих. При превышении этих уровней необходимо прибегать к демпфирующим покрытиям, снижающим вибрацию до норм.

Ультразвуковые установки, генерирующие шум и ультразвук не выше допустимых уровней, могут устанавливаться в общих помещениях без ограждений. Если шум и ультразвук от установок выше допустимых величин, то установки размещаются в изолированных помещениях. Однако если по условиям технологии ультразвуковые установки требуется размещать в общих помещениях (в поточных линиях и др.), то они должны

быть отделены перегородками на всю высоту помещения. При большой высоте помещения установки ограждают в виде кабин, боксов, выгородок с целью снижения шума и ультразвука на рабочих местах до допустимых величин. Существенно снижает уровни шума и ультразвука размещение ультразвукового оборудования в звукоизолированных помещениях или кабинах с дистанционным управлением.

При необходимости кратковременного обслуживания действующего оборудования, генерирующего повышенные уровни шума и ультразвука, нужно использовать средства индивидуальной защиты – антифоны в соответствии с ГОСТом.

При работах на ультразвуковых установках с применением химических веществ принимаются меры по профилактике их вредного действия: не допускается при очистке и обезжиривании деталей применение в качестве растворителей ароматических углеводов бензольного ряда (бензол, толуол, ксилол), а при применении хлорированных углеводородов (дихлорэтан, трихлорэтилен и др.) руководствуются действующими санитарными правилами.

При применении высокочастотного ультразвука мероприятия должны быть направлены на защиту рук работающих. При работе в жидкой среде в условиях лаборатории или при проведении подводного массажа в физиотерапевтических кабинетах контакт с жидкостью должен быть полностью исключен. При дефектоскопии работающие должны избегать прикосновения рук с пьезоэлементом дефектоскопического оборудования.

При испытании преобразователей дефектоскопов, при наладочных работах с высокочастотным оборудованием руки должны быть защищены резиновыми перчатками.

Требования к ультразвуковой характеристике оборудования определяются ГОСТ 12.1.001-89. Предприятие-изготовитель должно указывать в эксплуатационной документации производственного оборудования ультразвуковую характеристику – уровни звукового давления в третьоктавных полосах принятого диапазона частот, измеряемые в контрольных точках вокруг оборудования. В этой же документации должен быть указан режим работы, при котором должно проводиться определение характеристик ультразвука.

При определении ультразвуковой характеристики оборудования измерения необходимо проводить в контрольных точках на высоте 1,5 м от пола, на расстоянии 0,5 м от контура оборудования и не менее 2 м от отражающих поверхностей. При этом измерения следует производить не менее чем в четырех контрольных точках по контуру оборудования; при этом

расстояние между точками измерения не должно превышать 1 м. В паспорт оборудования вносится максимальная из измеренных величин.

Если в процессе создания оборудования применены все возможные средства снижения уровней звукового давления, но ультразвуковые характеристики превышают нормативы, разработчики оборудования должны создать документацию на средства локализации и планировочные мероприятия, которые позволяют снизить уровни ультразвукового давления на рабочих местах до нормативных величин.

Работающие с ультразвуковым оборудованием проходят инструктаж о характере действия ультразвука и мерах защиты и безопасного обслуживания ультразвуковых установок.

Противопоказаниями к приему на работу являются:

- хронические заболевания центральной и периферической нервных систем, невриты, полиневриты;
- неврозы общие и сосудистые;
- перенесенные травмы черепа (сотрясение мозга);
- обменные и эндокринные нарушения;
- лабиринтопатия и хронические заболевания органа слуха;
- стойкое снижение слуха любой этиологии;
- гипотоническая и гипертоническая болезни.

Периодические медосмотры следует проводить 1 раз в год с участием невропатолога, терапевта, оториноларинголога; заключение о состоянии слуха при этом должно основываться на данных аудиометрии и исследовании шепотной речи; важно исследование вестибулярного аппарата. Лица с понижением слуха между двумя периодическими медосмотрами на 20 дБ и более или с нарушением вестибулярного аппарата переводятся на работу вне действия ультразвука и шума.

Появление характерных жалоб на расстройство здоровья, астенического состояния или симптомов периферической сосудистой дистонии служит показанием к временному переводу на работы, не связанные с воздействием ультразвука с последующим наблюдением и общеукрепляющим лечением. По исчезновении симптомов заболевания работающие возвращаются на прежнюю работу при условии осуществления мер, направленных на снижение уровней ультразвука на рабочих местах.

Снижение интенсивности инфразвука на производстве – одна из первоочередных задач гигиены труда.

Борьба с неблагоприятным воздействием производственного инфразвука предусматривает целый комплекс мероприятий, относящихся к технической и медицинской компетенции, и должна проводиться в следующих направлениях:

- ослабление инфразвука в его источнике, устранение причин возникновения;
- изоляция инфразвука;
- поглощение инфразвука, установка глушителей;
- индивидуальные средства защиты;
- медицинская профилактика.

Уменьшение интенсивности инфразвука, генерируемого агрегатами или механизмами, представляет собой сложную техническую задачу, поэтому вопросы уменьшения интенсивности низкочастотных колебаний рационально решать на стадии проектирования. Борьба с инфразвуком должна начинаться с разработки проектного задания на строительство предприятия.

Важное место в борьбе с инфразвуком принадлежит методам и средствам строительной акустики. Большое значение имеют рациональная планировка помещений и размещение инфразвукового оборудования. Необходимо агрегаты изолировать в отдельное помещение.

Предупредительный и текущий санитарный надзор является частью большой работы по предупреждению инфразвуковой патологии. Ослабление инфразвука в самом источнике образования является наиболее радикальным средством борьбы с низкочастотными колебаниями машин и механизмов.

Для уменьшения амплитуды инфразвуковых колебаний могут быть использованы следующие способы: интерференционный, отражение звуковых волн к источнику их генерирования, поглощение звуковой энергии и некоторые другие.

Интенсивность инфразвуковых составляющих в шуме всасывания компрессоров может быть уменьшена при помощи глушителей динамического и кольцевого типов. Наибольшую эффективность в широком диапазоне частот обеспечивает динамический глушитель.

Инфразвук оказывает влияние на органы слуха и равновесия и на всю поверхность человеческого тела, поэтому необходима надежная защита как органа слуха применением противощумов, так и поверхности тела от воздействия инфразвука.

Одной из важнейших мер медицинской профилактики вредного влияния инфразвука является проведение предварительных и периодических медицинских осмотров. Особое внимание надо уделять профессиональному отбору лиц, поступающих на постоянную работу с оборудованием, генерирующим инфразвук.

Лица, подвергающиеся воздействию инфразвука, проходят предварительные и периодические медицинские осмотры

**Контрольные вопросы:**

1. Дайте определение понятий «ультразвук», «инфразвук».
2. Какими физическими параметрами характеризуются ультразвуковые и инфразвуковые колебания?
3. Каково действие ультра- и инфразвука на организм человека?
4. В чем заключается нормирование ультра- и инфразвука?
5. Перечислите основные методы защиты от воздействия ультра- и инфразвука.
6. Что такое звукоизоляция, звукопоглощение?
7. Перечислите индивидуальные средства защиты от ультразвука.
8. Какими приборами измеряют ультра- и инфразвук?