**12. Производственный шум и вибрация**

**12.1 Шум его влияние на организм человека и гигиеническое нормирование**

**12.2 Средства и методы защиты от шума**

**12.3. Вибрация, ее действие на организм человека и гигиеническое нормирование**

**12. 4 Обеспечение вибробезопасных условий труда**

**12.1 Шум его влияние на организм человека и гигиеническое нормирование**

Шумом называют всякий неблагоприятно действующий на человека звук. Обычно шум является сочетанием звуков различной частоты и интенсивности. С физической точки зрения звук представляет собой механические колебания упругой среды. Звуковая волна характеризуется **звуковым давлением р,Па,** **интенсивностью I, Вт/м2, и частотой - числом колебаний в секунду ƒ, Гц.** Во время звуковых колебаний в воздухе образуются области пониженного и повышенного давления, которые определяют звуковое давление.

*Звуковым давлением* называется разность между мгновенным значением полного давления и средним давлением в невозмущенной среде.

При распространении звуковой волны в пространстве происходит перенос энергии. Количество переносимой энергии определяется интенсивностью звука. Средний поток энергии в какой-либо точке среды в единицу времени, отнесенный к единице площади поверхности, нормальной к направлению распространения волны, называется *интенсивностью звука* в данной точке.

Характеристикой источника шума служит *звуковая мощность* Р,которая определяется общим количеством звуковой энергии, излучаемой источником шума в окружающее пространство за единицу времени.

Слуховой орган человека воспринимает в виде слышимого звука колебания упругой среды, имеющие частоту примерно от 20 до 20 000 Гц. *Октавная полоса (октава) -* это такая полоса частот, в которой верхняя граничная частота Гц в два раза превышает нижнюю граничную частоту fн, т. е.

FС.R = = = 1,41 \* fн ,

где fc.r. - среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц.

Восприятие человеком звука зависит не только от его частоты, но и от интенсивности и звукового давления. Наименьшая интенсивность *I0* и звуковое давление *Р0*, которые воспринимает человек, называются *порогом слышимости.* Пороговые значения *I0* и *Р0* зависят от частоты звука. При частоте 1000 Гц звуковое давление *Р0* = 2 · 10-5 Па, *I0* = 10-12 Вт/м2. При звуковом давлении 2 · 102 Па и интенсивности звука 10 Вт/м2 возникают болевые ощущения (болевой порог). Между порогом слышимости и болевым порогом лежит область слышимости. Разница между болевым порогом и порогом слышимости очень велика. Чтобы не оперировать большими числами, ученый А. Г. Белл предложил использовать логарифмическую шкалу. Логарифмическая величина, характеризующая интенсивность шума или звука, получила название уровня интенсивности L шума или звука, которая измеряется в безразмерных единицах белах (Б): L=lg(I/I0), где I - интенсивность звука в данной точке; I0 - интенсивность звука, соответствующая порогу слышимости.

 Ухо человека реагирует на величину в 10 раз меньшую, чем бел, поэтому распространение получила единица децибел (дБ), равная 0,1 Б, тогда



Уровнями интенсивности шума обычно оперируют при выполнении акустических расчетов, а уровнями звукового давления — при измерении шума и оценке его воздействия на человека, так как наш орган слуха чувствителен не к интенсивности звука, а к среднеквадратичному давлению.

Получить   представление   об   уровнях   звукового   давления различных источников шума можно по табл. 1.

                                  Таблица 1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Источник шума | Звуковоедавление,  Па | Уровень звуковогодавления, дБ |
| Шепот на расстоянии 0,3 мм | 2 · 10-3 | 40 |
| Речь   средней   громкости   на   рас-стоянии  1  м | 2 · 10-2...1 · 10-1 | 60...74 |
| Металлорежущие, ткацкие и  дере-вообрабатывающие станки (на рабо-чем месте) | 2 · 10-1...2 | 80... 100 |
| Пневмопрессы,    пневмоклепка    нарасстоянии  1  м | 2 · 10 | 120 |
| Реактивные двигатели на расстоя-нии 2...3 м от выхлопа | Свыше 2 · 102 | Свыше 140 |

По временным характеристикам шумы делятся на **постоянные и непостоянные.** **Постоянным** считается такой шум, уровень звука которого за 8-часовой рабочий день изменяется во времени не более чем на 5 дБА. **Непостоянные шумы**, уровень звука которых изменяется за 8-часовой рабочий день более чем на 5 дБА, в свою очередь делятся на колеблющиеся во времени, прерывистые и импульсные (состоящие из сигналов длительностью менее 1 с).

Многочисленными исследованиями установлено, что шум является общебиологическим раздражителем и в определенных условиях может влиять на все органы и системы организма человека. Наиболее полно изучено влияние шума на слуховой орган человека.

Ухо сложный вестибулярно-слуховой орган, который выполняет две функции: воспринимает звуковые импульсы и отвечает за положение тела в пространстве и способность удерживать равновесие. Оно представлено тремя отделами: наружным, средним и внутренним ухом, каждый из которых выполняет свои конкретные функции. Складки человеческой ушной раковины вносят в поступающий в слуховой проход звук небольшие частотные искажения, зависящие от горизонтальной и вертикальной локализации звука. Таким образом, мозг получает дополнительную информацию для уточнения местоположения источника звука.

В среднем человеческое ухо может улавливать и различать звуковые волны в диапазоне от 16 Гц до 20 кГц (20000 Гц). Шкала децибел более проста в использовании, так как она представляет собой логарифмическую шкалу, которая напрямую ссылается на шкалу Па. Она принимает 0 дБ (20 мкПа) как точку отсчета и далее продолжает сжимать эту шкалу давления. Так получается, что диапазон человеческого уха составляет 0-120 дБ. Способность различать звуковые частоты сильно зависит от конкретного человека: его возраста, пола, подверженности слуховым болезням, тренированности и усталости слуха. Диапазон громкости воспринимаемых звуков огромен. Но барабанная перепонка в ухе чувствительна только к изменению давления. Уровень давления звука принято измерять в децибелах (дБ). Нижний порог слышимости определён как 0 дБ (20 микропаскаль), а определение верхнего предела слышимости относится скорее к порогу дискомфорта и далее — к нарушение слуха, контузия и т. д. Этот предел зависит от того, как долго по времени мы слушаем звук. Ухо способно переносить кратковременное повышение громкости до 120 дБ без последствий, но долговременное восприятие звуков громкостью более 80 дБ может вызвать потерю слуха.

 Интенсивный шум при ежедневном воздействии приводит к возникновению профессионального заболевания — **тугоухости,** основным симптомом которого является постепенная потеря слуха на оба уха, первоначально лежащая в области высоких частот (4000 Гц), с последующим распространением на более низкие частоты, определяющие способность воспринимать речь. При очень большом звуковом давлении может произойти разрыв барабанной перепонки. Наиболее неблагоприятными для органа слуха является **высокочастотный шум** (1000...4000 Гц). Кроме непосредственного воздействия на орган слуха шум влияет на различные отделы головного мозга, изменяя нормальные процессы высшей нервной деятельности. Это так называемое неспецифическое воздействие шума может возникнуть даже раньше, чем изменения в органе слуха. Характерными являются жалобы на повышенную утомляемость, общую слабость, раздражительность, апатию, ослабление памяти, потливость и т. п. Исследованиями последних лет установлено, что под влиянием шума наступают изменения **в органе зрения человека** (снижается устойчивость ясного видения и острота зрения, изменяется чувствительность к различным цветам и др.) и **вестибулярном аппарате**; нарушаются функции желудочно-кишечного тракта; повышается внутричерепное давление; происходят нарушения в обменных процессах организма и т. п.

Шум, особенно **прерывистый, импульсный**, ухудшает точность выполнения рабочих операций, затрудняет прием и восприятие информации. В документах Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) отмечается, что наиболее чувствительными к шуму являются такие операции, как слежение, сбор информации и мышление.

В результате неблагоприятного воздействия шума на работающего человека происходит снижение производительности труда, увеличивается брак в работе, создаются предпосылки к возникновению несчастных случаев. Все это обусловливает большое **оздоровительное и экономическое значение мероприятий**  **поборьбе  с  шумом.**

**Основная цель нормирования шума на рабочих местах** – это установление предельно допустимого уровня (ПДУ) шума, который при ежедневной (кроме выходных дней) работе, но не более 40 ч 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. **Допустимый уровень шума** – это уровень, который не вызывает у человека значительного беспокойства и существенных изменений показателей функционального состояния систем и анализаторов, чувствительных к шуму. Нормируемыми характеристиками постоянного шума на рабочих местах являются **уровни звукового давления в децибелах (дБ)** в октавных полосах частот. Допускается в качестве характеристики постоянного широкополосного шума на рабочих местах принимать уровень звука в децибелах акустических (дБА), измеренный по шкале “А” на временной характеристике шумомера “медленно”. Характеристикой непостоянного шума на рабочих местах является эквивалентный (по энергии) уровень звука LАЭКВ, дБА, и уровень звукового давления Lэкв, дБ.

Предельно допустимые уровни шума на рабочих местах регламентируются СН 2.2.4/2.1.8.562-96 “Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки” и СНиП 23-03-2003 “Защита от шума”, в которых даются нормы уровней звука и уровней звукового давления в октавных полосах частот. (приказ Министра национальной экономики Республики Казахстан     «Об утверждении Гигиенических нормативов к физическим факторам, оказывающим воздействие на человека»  от 28 февраля 2015 года № 169)

Предельно допустимые уровни звукового давления (эквивалентные уровни звукового давления) в октавных полосах частот, уровни звука (эквивалентные уровни звука) для основных наиболее типичных видов трудовой деятельности и рабочих мест, разработанные с учетом категории тяжести и напряженности труда, представлены в табл. 1.

**Для постоянных** шумов нормирование ведется по предельному спектру шума. *Предельным спектром* называется совокупность нормативных уровней звукового давления в восьми октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц. Каждый предельный спектр обозначается цифрой, которая соответствует допустимому уровню шума (дБ) в октавной полосе со среднегеометрической частотой 1000 Гц. Например, ПС-85 означает, что в этом предельном спектре допустимый уровень шума в октавной полосе со среднегеометрической частотой 1000 Гц равен 85 дБ.

Таблица 1

Допустимые уровни звукового давления, дБ, (эквивалентные            уровни звукового давления, дБ), допустимые  эквивалентные и максимальные уровни звука на рабочих местах в      производственных и вспомогательных зданиях, на площадках     промышленных предприятий, помещениях жилых и общественных  зданий и на территориях жилой застройки

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Назначение помещений или территорий | Уровни звукового давления (эквивалентные уровни звукового давления), дБ, в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами, Гц | Уровень звука LA, (эквивалентный уровень звука LAэкв), дБА | Максимальный уровень звука, LАмакс, дБА |
| 31,5 | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| Рабочие помещения административно-управленческого персонала производственных предприятий, лабораторий, помещения для измерительных и аналитических работ | 93 | 79 | 70 | 63 | 58 | 55 | 52 | 50 | 49 | 60 | 70 |
| 2 Рабочие помещения диспетчерских служб, кабины наблюдения и дистанционного управления с речевой связью по телефону, участки точной сборки, телефонные и телеграфные станции, | 96 | 83 | 74 | 68 | 63 | 60 | 57 | 55 | 54 | 65 | 75 |
| 3 Помещения лабораторий для проведения экспериментальных работ, кабины наблюдения и дистанционного управления без речевой связи по телефону | 103 | 91 | 83 | 77 | 73 | 70 | 68 | 66 | 64 | 75 | 90 |
| 4 Помещения с постоянными рабочими местами производственных предприятий, территории предприятий с постоянными рабочими местами (за исключением работ, перечисленных в поз. 1-3) | 107 | 95 | 87 | 82 | 78 | 75 | 73 | 71 | 69 | 80 | 95 |

Другой подход к нормированию постоянного шума заключается в использовании уровней звука LA, дБА. Уровень звука связан с соответствующим предельным спектром зависимостью



**12.2 Средства и методы защиты от шума**

 Защита работающих от шума может осуществляться как **коллективными** средствами и методами, так и **индивидуальными** средствами. В первую очередь надо использовать коллективные средства, которые по отношению к источнику шума подразделяются на средства, снижающие шум в источнике его возникновения, и средства, снижающие шум на пути его распространения от источника до защищаемого объекта. Наиболее эффективны мероприятия, ведущие к снижению шума в источнике его возникновения. Борьба с шумом после его возникновения обходится дороже и часто является малоэффективной.

 1. Уменьшение шума в самом источнике - наиболее радикальное средство в борьбе с шумом, создаваемым оборудованием. Опыт показывает, что эффективность мероприятий по снижению шума уже работающего оборудования достаточна невысока, поэтому необходимо стремиться к максимальному снижению шума в источники еще **на стадии проектирования оборудования**. Это достигается с помощью следующих мероприятий и средств:

- совершенствования схем и конструкций оборудования,

- проведение статического и динамического уравновешивания и балансировки,

- изготовление корпусных деталей из неметаллических материалов (пластмасса, текстолита, резина),

- чередование металлических и неметаллических деталей,

- повышение точности изготовления деталей и качества сборки узлов и оборудования, уменьшение зазоров в соединениях,

- применение смазки трущихся деталей.

Основными источниками вибрационного (механического) шума машин и механизмов являются зубчатые передачи, подшипники, соударяющиеся металлические элементы и т. п. Снизить шум зубчатых передач можно повышением точности их обработки и сборки, заменой металлических шестерен. Например, применяя шестерни из древесного пластика и искусственной кожи в текстильных машинах,  удалось снизить шум  на 5... 10 дБ. Даже замена стали в контактирующих деталях на чугун может снизить шум на 3...4 дБ. Имеет значение и форма зубьев. Менее шумными являются конические, косые и шевронные зубья.

Шум при обработке резанием (70... 100 дБ) зависит от материала резца, его формы, заточки, размера стружки и т. п. Поэтому снизить шум станков можно применением быстрорежущей стали для резца и смазочно-охлаждающих жидкостей, заменой металлических частей станков пластмассовыми или покрытием их  вибродемпфирующими материалами.

Снижения шума машин и установок с помощью средств демпфирования добиваются покрытием их излучающей поверхности демпфирующими материалами, имеющими большое внутреннее трение. Существует много различных видов демпфирующих покрытий. Наиболее распространены жесткие покрытия из упруго-вязких материалов (мастики, специальные виды войлока, линолеума), наносимых на поверхность наклеиванием, напылением и др.

2. Средства и меры коллективной защиты, уменьшающие шум на пути его распространения, делятся на архитектурно-планировочные и акустические.

Архитектурно-планировочные методы коллективной защиты от шума предполагают: рациональное размещение в зданиях технологического оборудования, машин и механизмов, рабочих мест; планирование зон движения транспорта; создание шумозащищенных зон в местах нахождения человека.

Акустические средства защиты. Защита от шума акустическими средствами предполагает: звукоизоляцию (устройство звукоизолирующих кабин, кожухов, ограждений, установку акустических экранов); звукопоглощение (применение звукопоглощающих облицовок, штучных поглотителей); глушители шума (абсорбционные, реактивные, комбинированные).

Звукоизоляция является эффективным средством уменьшения уровня шума в направлении его распространения, реализуется путем установления звукоизоляционных препятствий (перегородок, кабин, кожухов, экранов). С помощью звукоизолирующих преград легко снизить уровень шума на 30...40 дБ. Метод основан на отражении звуковой волны, падающей на ограждение. Однако звуковая энергия не только отражается от ограждения, но и проникает через него, что вызывает колебание ограждения, которое само становится источником шума. Чем больше поверхностная плотность ограждения, тем труднее привести его в колебательное состояние, следовательно, тем выше его звукоизолирующая способность. Поэтому эффективными звукоизолирующими материалами являются металлы, бетон, дерево, плотные пластмассы и т. п.

Для оценки звукоизолирующей способности ограждения введено понятие *звукопроницаемости* τ, под которой понимают отношение звуковой энергии, прошедшей через ограждение, к падающей на него. Величина, обратная звукопроницаемости, называется *звукоизоляцией,* (дБ), она связана со звукопроницаемостью следующей зависимостью:

*R = 10 lg (1/τ).*

Метод акустического экранирования применяется в тех случаях, когда другие методы малоэффективны или нецелесообразны с технико-экономической точки зрения. Акустический экран устанавливается между источником шума и рабочим местом и представляет собой определенное препятствие на пути распространения прямого шума, за которой возникает так называемая звуковая тень. Наиболее распространенными для изготовления экранов являются стальные или алюминиевые листы толщ иною 1-3 мм, которые покрываются со стороны источника шума звукопоглощающим материалом.



1 - источник шума; 2 - высокочастотная область; 3 - среднечастотная область; 4 - низкочастотная область; 5 - акустическая тень

Экраны эффективно использовать в акустически обработанном помещении или в открытом пространстве.

Экраны изготавливают из стальных или дюралюминиевых листов толщиной 1,5-2,0 мм или щитов, облицованных звукопоглощающим материалом толщиной не менее 50-60 мм. Линейные размеры экрана должны быть не менее чем в три раза больше линейных размеров источника шума.

Акустический эффект экрана основан на образовании за ним области тени, куда звуковые волны проникают лишь частично. Экраны следует применять для источников, имеющих преимущественно средне- и высокочастотный спектр шума, так как степень проникновения звуковых волн в область акустической тени за экраном зависит от соотношения размеров экрана и длины волны падающего звука. Чем больше отношение длины волны к размеру экрана, тем меньше область звуковой тени за ним.



Типы акустических экранов: а - плоский, б - объемный, и - источник шума 2 - рабочее место, 3 - смотровое окно

Для звукоизоляции отдельных шумных участков в помещении или оборудования применяют легкие многослойные звукоизоляционные перегородки с воздушными прослойками. Для звукоизоляции наиболее шумных узлов и агрегатов (цепные передачи, двигатели, компрессоры, вентиляторы) используются звукоизоляционные кожухи, которые являются средствами, которые устанавливаются в непосредственной близости от источника шума. В тех случаях, когда невозможно изолировать шумное оборудование или его узлы, защиту работника от воздействия шума осуществляют путем обустройства звукоизолированные кабины с пультом управления и смотровыми окнами.

При устройстве ограждений, состоящих из различных элементов, например, перегородки с дверьми, смотровыми окнами и т. п., особенно при изоляции мощных источников шума, необходимо стремиться к тому, чтобы звукоизолирующие способности этих элементов и перегородки по своей величине не очень отличались друг от друга.

Использование звукоизолирующих кабин позволяет изолировать работающих от воздействия шума из шумного помещения. Принцип снижения шума аналогичный. Изготавливаются кабины из кирпича, бетона, шлакобетона, гипсовых плит, металлических гофрированных листов с воздушной прослойкой или прослойкой из минеральной ваты либо стекловаты. Звукоизолирующие кабины устраивают, например, в компрессорных цехах холодильных установок.

Звукоизолирующие кожухи снижают шум в непосредственной близости к источнику. Кожухи могут быть съемные, иметь смотровые окна, двери. Изготавливаются из дерева, металла или пластмассы. Звукоизолирующие кожухи, как правило, изготавливаются из волокнистых материалов, а каркасом служат тонкие перфорированные металлические панели. Если величина звукоизоляции воздушного шума не превышает 10 дБ на средних и высоких частотах, то кожух может быть выполнен из эластичных материалов (винила, резины и др*.*), если превышает - кожух следует выполнять из листовых конструкционных материалов. С внутренней стороны на кожухе должен помещаться слой звукопоглощающего материала толщиной 40 - 50 мм. Для его защиты от механических воздействий, пыли и других загрязнений следует использовать металлическую сетку со стеклотканью или тонкой пленкой толщиной 20 - 30 мкм. Кожух не должен иметь непосредственный контакт с агрегатом и трубопроводами. Технологические и вентиляционные отверстия должны быть снабжены глушителями и уплотнителями. Установка звукоизолирующих кожухов является одним из основных мероприятий для снижения шума вентиляционного оборудования в зданиях и помещениях. Они устанавливаются на приточные, некоторые вытяжные установки и кондиционеры. Звукоизолирующие кожухи представляют собой два металлических листа со звукопоглощающим материалом между ними. Акустическая эффективность таких кожухов может составлять до 10 - 15 дБ на низких и до 30 - 40 дБ - на высоких частотах.

Эффективность звукоизоляции шума кожухом определяется из выражения



где – Rx звукоизолирующая способность стен кожуха, дБ, определяется графически или по формуле; S - площадь поверхности кожуха, м2; Sист - площадь поверхности источника шума, м2.

При покрытии внутренней поверхности кожуха звукопоглощающим материалом эффективность звукоизоляции можно определить как



(3),

где α- коэффициент звукопоглощения материала, нанесенного на внутреннюю поверхность кожуха.

**Звукопоглощение** основано на переходе энергии колеблющихся частиц воздуха в теплоту за счет потерь на трение в порах материала. Характеристикой звукопоглощающих свойств материала служит коэффициент звукопоглощения α.

α = Wпoгл/Wпад,

где: Wпoгл, Wпад – звуковая энергия, соответственно поглощенная и падающая на поверхность материала. Звукопоглощающими материалами считаются материалы с коэффициентом звукопоглощения более 0,2. У материалов с развитой пористой структурой (незамкнутые поры) величина коэффициента достигает α = 0,6÷0,9. К таким материалам относятся минеральная вата, стекловолокно, древесноволокнистые плиты и т.п.

Использование звукопоглощения для снижения шума в помещении именуется акустической обработкой помещения.

Акустическая обработка осуществляется различными методами:

- облицовка внутренних поверхностей помещений звукопоглощающими материалами;

- подвеска на потолочные перекрытия звукопоглотителей, выполненных из звукопоглощающего материала.

При выборе звукопоглощающего материала учитывается частота шума, а также условия эксплуатации облицовки (запыленность, влажность и др.). Снижение уровня шума методом звукопоглощения определяется зависимостью

ΔLoбл = 10 1g ,

где: В1 и В2 – постоянные помещения до и после акустической обработки,.

Наибольший эффект метода звукопоглощения обеспечивается в низких помещениях (до 6÷4 м) при высоких частотах шума.

Звукопоглощающие облицовки по виду используемого звукопоглощающего материала имеют следующие конструкции: облицовки из жестких однородных пористых материалов; облицовки с перфорированным покрытием в защитных оболочках из ткани и пленки. В качестве пористых материалов применяют плиты минераловатные, холсты из супертонкого стекловолокна, маты из супертонкого базальтового волокна, вспененные полимерные материалы и комбинированные. Эти материалы одновременно могут использоваться и для теплоизоляции.

Разновидностью облицовок являются резонансные конструкции, представляющие собой перфорированные экраны, оклеенные с обратной стороны тканью. Величина снижения шума составляет 6-8 дБ. Снижение шума происходит за счет взаимного погашения падающих и отраженных волн.



**Виды звукопоглощающего облицовки**

1 - защитный перфорированный слой 2 - звукопоглощающий материал, С - защитная стеклоткань 4 - стена или потолок, 5 - воздушный промежуток, 6 - плита с шумопоглощающего материал

Звукопоглощающие покрытия делают в венткамерах, в помещениях, где работают дисковые и ленточные пилы. Внутреннюю поверхность ограждающих кожухов дисковых пил покрывают звукопоглощающими материалами.

 Одиночные объемные звукопоглотители используются в помещениях, где затруднена установка облицовки. Звукопоглотители представляют собой геометрические тела различной формы, выполненные из звукопоглощающего материала. Для расчета снижения шума звукопоглотителями используется формула

А = Ашт .n,

где: Ашт – эквивалентная площадь звукопоглотителя, a n – количество поглотителей.



 **Штучные звукопоглотители различных форм**

Шум аэродинамического происхождения на производстве возникает вследствие стационарных или нестационарных процессов в газах (истечение сжатых газов из отверстий; пульсация давления при движении потоков газа в трубах или при движении в воздухе тел с большой скоростью: горение жидкого или распыленного топлива в форсунках и др.). Таким шумом сопровождается работа вентиляционных систем, систем воздушного отопления и пневмотранспорта, воздуходувок, компрессоров, газотурбинных установок и др. Снизить аэродинамический шум можно улучшением аэродинамических характеристик машин. Однако этим обычно не достигается необходимый эффект, поэтому приходится дополнительно применять средства звукоизоляции и устанавливать глушители.

**Глушители аэродинамического шума** бывают абсорбционными, реактивными (рефлексными) и комбинированными. В абсорбционных глушителях затухание шума происходит в порах звукопоглощающего материала. Принцип работы реактивных глушителей основан на эффекте отражения звука в результате образования «волновой пробки» в элементах глушителя. Они обычно не содержат звукопоглощающего материала. Реактивные глушители имеют соединенные между собой камеры, расширения и сужения, резонансные углубления, экраны и т. п. В комбинированных глушителях происходит как поглощение, так и отражение звука.

Снижение шума в абсорбционные глушителях происходит за счет поглощения звуковой энергии применяемыми в них звукопоглощающими материалами. Они эффективно работают в широком диапазоне частот, когда коэффициент звукопоглощения применяемого материала близок к единице.

К абсорбционным глушителям относят трубчатые (круглого и прямоугольного сечений), пластинчатые, треугольно-призматические, цилиндрические.

Трубчатые глушители применяют в каналах с поперечным сечением до 500-600 мм. Длина глушителя составляет не более 1-2 м. Трубчатые глушители изготавливаются из перфорированного листового материала, облицованного слоем звукопоглощающего материала типа супертонкого стеклянного волокна.

Для сокращения габаритов глушителей и увеличения затухания шума на единицу длины широкого канала применяют пластинчатые глушители, представляющие собой набор параллельно установленных звукопоглощающих пластин. Пластины обычно выполняют в виде щитов с наружными перфорированными стенками, внутри которых находится слой мягкого звукопоглощающего материала с защитной оболочкой из стеклоткани, а также в виде пластин-перегородок, выполненных из твердых звукопоглощающих материалов. Уровень снижения шума пластинчатыми глушителями зависит от толщины пластин и расстояния между ними.



**Глушители абсорбционные**

а - трубчатый; б - пластинчатый

Реактивные глушители. К ним относят камерные, резонансные и экранные глушители. Камерные глушители состоят из одной или нескольких камер, представляющих собой полости в виде расширения участка воздуховода. В камерном глушителе звуковые волны отражаются от противоположной стенки и, возвращаясь к началу в противофазе по отношению к прямой волне, уменьшают ее интенсивность. Если внутреннюю часть расширения воздуховода облицевать звукопоглощающим материалом, то получится комбинированный глушитель. Резонансный глушитель представляет собой полость объемом V, соединенную с воздуховодом отверстием, называемым горлом резонансной камеры. Полость и отверстие образуют систему, обеспечивающую практически полное отражение звуковой энергии обратно к источнику на частотах, близких к его собственной частоте. Экранные глушители устанавливают на выходе из канала в атмосферу или на входе в канал (рисунок 6). Они эффективны на высоких частотах и снижают шум на 10-25 дБ.



**Типовые конструкции экранных глушителей**

Применение средств индивидуальной защиты от шума целесообразно в тех случаях, когда средства коллективной защиты и другие средства не обеспечивают снижение шума до допустимых уровней. Средства индивидуальной защиты позволяют снизить уровень воспринимаемого звука на 10...45 дБ, причем наиболее значительное глушение шума наблюдается в области высоких частот, которые наиболее опасны для человека.

**Средства индивидуальной защиты** от шума подразделяются на противошумные наушники, закрывающие ушную раковину снаружи; противошумные вкладыши, перекрывающие наружный слуховой проход или прилегающие к нему; противошумные шлемы и каски; противошумные костюмы.

Противошумные вкладыши делают из твердых, эластичных и волокнистых материалов. Они бывают однократного и многократного пользования.

Противошумные шлемы закрывают всю голову, они применяются при очень высоких уровнях шума в сочетании с наушниками, а также противошумными костюмами.

**12.3 Вибрация, ее действие на организм человека и гигиеническое нормирование**

*Вибрация -* это движение точек или механической сис­темы, при котором происходит поочередное возрастание и убывание во времени значении, по крайней мере, одной ко­ординаты. Она возникает при работе машин и агрегатов с возвратно-поступательным движением деталей, неуравно­вешенными вращающимися массами, механизмами ударно­го действия.

Основными параметрами, характеризующими вибра­цию, являются частота колебаний f, величина амплитуды смещения точек (вибросмещение) А, скорость перемещения точек (виброскорость) V, ускорение, с которым идет нарас­тание и убывание виброскорости (виброускорения) *а.*

При частоте больше 16...20 Гц вибрация сопровождается шумом.

Человек начинает ощущать вибрацию при колебательной скорости примерно равной 1·10-4 м/с, а при скорости 1 м/с возникают болевые ощущения.

В зависимости от способа передачи вибрации телу человека различают локальную (местную) вибрацию, передающуюся через руки человека, и общую, передающуюся на тело сидящего или стоящего человека через опорные поверхности тела. В реальных условиях часто имеет место сочетание этих вибраций.

Общая вибрация в зависимости от источника ее возникновения может быть трех категорий:

1  — транспортная вибрация, воздействующая на операторов (водителей) подвижных машин и транспортных средств при их движении по местности, дорогам (в том числе при их строительстве);

2  — транспортно-технологическая вибрация, воздействующая на операторов машин с ограниченным перемещением только по специально подготовленным поверхностям производственных помещений, промышленных площадок и горных выработок (экскаваторов, грузоподъемных кранов, горных  машин,   путевых   машин,   бетоноукладчиков   и   др.);

3 — технологическая вибрация, воздействующая на операторов стационарных машин или передающаяся на рабочие места, не имеющие источников вибрации (станки, электрические машины, насосы, вентиляторы, буровые установки и т. п.). В зависимости от характеристики рабочих мест эта категория подразделяется на группы

3а, 3б, 3в, 3г. Степень и характер воздействия вибрации на организм человека зависят от вида вибрации, её параметров и направления воздействия.

Направление координатных     осей     при действии  общей    вибрации:

*а* — положение стоя, *б* — положение сидя; ось Z — вертикальная, перпендикулярная опорной поверхности; ось *X —* горизонтальная от спины к груди; ось Y - горизонтальная от правого плеча к левому



Направление координатных осей при действии локальной вибрации:

*а* - при   охвате    цилиндрических   (и   торцовых)    поверхностей; *б –* при охвате сферических поверхностей

Тело человека можно рассматривать как сочетание масс с упругими элементами. Весьма опасными являются колебания рабочих мест, имеющие частоту, резонансную с колебаниями отдельных органов или частей тела человека. Для большинства внутренних органов собственные частоты лежат в области 6...9 Гц. Для стоящего на вибрирующей поверхности человека имеется два резонансных пика на частотах 5... 12 и 17...25 Гц, для сидящего — на частотах 4...6 Гц.

В определенных условиях вибрация оказывает благоприятное действие на организм человека и применяется в медицине для улучшения функционального состояния нервной системы, ускорения заживления ран, улучшения кровообращения, лечения радикулитов и т. п. Однако в производственных условиях длительное воздействие вибрации приводит к различным нарушениям здоровья человека и в конечном счете — к «вибрационной болезни».

Наиболее распространены заболевания, вызванные локальной вибрацией. При работе с ручными машинами, вибрация которых наиболее интенсивна в высокочастотной области спектра (выше 125 Гц), возникают в основном сосудистые расстройства, сопровождающиеся спазмом периферических сосудов. Локальная вибрация, имеющая широкий частотный спектр, часто с наличием ударов (клепка, срубка, бурение), вызывает различную степень сосудистых, нервно-мышечных, костно-суставных и других нарушений.

Общая вибрация оказывает неблагоприятное воздействие на нервную систему, наступают изменения в сердечно-сосудистой системе, вестибулярном аппарате, нарушается обмен веществ. При совместном воздействии общей и местной вибрации (у водителей тяжелых машин, экскаваторщиков, бульдозеристов и др.) к поражению нервной системы присоединяются вегетативно-сосудистые, вестибулярные и другие расстройства.

Таким образом, вибрационная болезнь связана в основном с нарушением деятельности различных отделов нервной системы. Способствуют возникновению заболевания такие сопутствующие факторы, как охлаждение, большие статические мышечные усилия, пониженное атмосферное давление, производственный шум.

Нормируемый диапазон частот устанавливается: *для локальной вибрации* в виде октавных полос со сред­негеометрическими частотами 8; 16; 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000 Гц;

*для общей вибрации* в виде октавных или 1/3 октавных полос со среднегеометрическими частотами 0,8; 1; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,15; 4,0; 5,0; 6,3; 8,0; 10,0; 12,5; 16,0; 20,0; 25,0; 31,5; 40,0; 50,0; 63,0; 83,0 Гц.

**12.4 Обеспечение вибробезопасных условий труда**

Методы и средства коллективной защиты от вибраций разделяют на 2 группы:

Первая группа предусматривает защиту работающего при контакте с вибрирующим объектом.

Вторая группа предусматривает защиту работающего путем исключения контакта с вибрирующим объектом. Это дистанционное управление, автоматический контроль и сигнализация, ограждение опасных зон.

Методы первой группы подразделяются на три вида мероприятий:

воздействие на источник возбуждения вибраций; защита от вибраций на пути их распространения; защита с помощью СИЗ.

Воздействие на источник возбуждения вибраций достигается с помощью: динамического уравновешивания; антифазной синхронизации (отстройка от резонанса); изменение конструкции источника.

Защита от вибраций на путях распространениядостигается с помощью средств:

виброизоляции машин или рабочих мест; виброгашения, в т.ч. динамического;

вибродемпфирования.

Виброизоляция это метод защиты от вибраций введением в колебательную систему дополнительной упругой связи, препятствующей передаче вибраций от машины к основанию или другим элементам конструкций. Или же для ослабления передачи вибраций от вибрирующего основания человеку (т.н. пассивная виброизоляция рабочих мест).

Виброизоляция достигается установкой оборудования непосредственно на упругих виброизолирующих опорах. Это удешевляет установку оборудования, снижает уровень шума, сопутствующего интенсивным вибрациям. Виброизолирующие опоры могут применяться и при наличии фундаментов: либо между агрегатом – источником вибрации и фундаментом, либо между фундаментом и грунтом.

В качестве виброизоляторов используются резиновые или пластмассовые прокладки, одиночные или составные цилиндрические пружины, комбинированные (пружинно-резиновые), стандартные изоляторы и пневматические виброизоляторы («воздушные подушки»)

Виброизоляция предусматривается также в конструкциях ручного механизированного инструмента.

Виброгашение связано с введением в колебательную систему реактивных сопротивлений, что достигается увеличением массы или жесткости. С этой целью виброопасное оборудование, а также вентиляторы, насосы устанавливаются на опорные плиты и виброгасящие основания. Динамические виброгасители представляют собой дополнительную колебательную систему, характеризуемую массой m и жесткостью q.

Вибродемпфирование(вибропоглощение) –это процесс снижения вибрации путем превращения энергии механических колебаний в другие виды: тепловую, электрическую, электромагнитную.

В основу данного метода положено увеличение активных потерь в колебательных системах путем:

использования вибродемфилирующих мягких или жестких покрытий с толщиной равной 2-3 толщины защищаемой стенки для снижения вибраций, распространяющихся, например, по воздуховодам систем вентиляции, а также газопроводам компрессорных станций.

изготовления конструкций материалов с большими внутренними потерями.

использование контактного трения двух материалов;

соединения элементов конструкций мягкой обмоткой.

**Средства индивидуальной защиты (СИЗ) от вибраций:**

перчатки, рукавицы, вкладыши, прокладки по стандарту «Средства индивидуальной защиты рук от вибрации. Общие технические требования». Зимой выдаются теплые рукавицы;

спецобувь в виде сапог, полусапог, полуботинок с упругодемпфилирующим низом (для защиты от действия общей вибрации) по стандарту «Обувь специальная виброзащитная».

Защита от вибрации включает в себя организационные и медико-профилактические мероприятия.

К **организационным мероприятиям** относится ограничение времени воздействия вибрации для лиц виброопасных профессий, разработка внутрисменного режима труда, реализуемого в технологических процессах. Режим труда должен устанавливаться при показателе превышения вибрационной нагрузки на оператора не менее 1 дБ (в 1,12 раза), но не более 12 дБ (в 4 раза). При показателе привышения более 12 дБ запрещается проводить работы и применять машины, генерирующие такую вибрацию. При обнаружении признаков виброболезни рабочего до решения МСЭК необходимо перевести на другую работу, не связанную с вибрацией, значительным мышечным напряжением и с охлаждением рук

**Режим труда должен устанавливать требования:**

* по рациональной организации труда в течение смены;
* по сокращению длительности непрерывного воздействия вибрации на оператора и введению регулярно повторяющихся перерывов (защита временем) в соответствии с приказом работодателя;

**Рациональная организация труда в течение смены должна предусматривать:**

* длительность рабочей смены не более 8 часов;
* установление 2 регламентированных перерывов, учитываемых при установлении норм выработки:
* длительностью 20 минут через 1-2 часа после начала смены, длительностью 30 минут примерно через 2 часа после обеденного перерыва;
* обеденный перерыв длительностью не менее 40 минут примерно в середине смены.

Регламентированные перерывы должны использоваться для активного отдыха и лечебно-профилактических мероприятий и процедур.

С целью снижения воздействия вибрации при работе работе с ручным инструментом важно:

* удобство рабочей позы,
* уменьшение статических мышечных нагрузок,
* предупреждение охлаждения организма,
* использование СИЗ.

К **медико-профилактическим мероприятиям** относятся гимнастические упражнения (1-2 раза в смену), полезны тепловые ванны, массаж конечностей, проведение предварительных при поступлении на работу и периодических медицинских осмотров, витаминотерапия.