

4.8. Виброакустические факторы

Источники шума на производстве. Классификация шумов

Шумом называют любой нежелательный звук. Шум приводит к снижению внимания и увеличению ошибок при выполнении различных видов работ. Шум замедляет реакцию человека на поступающие от технических устройств сигналы. Шум угнетает центральную нервную систему, вызывает изменения скорости дыхания и пульса, способствует нарушению обмена веществ, возникновению сердечно-сосудистых заболеваний, язвы желудка, гипертонической болезни. При воздействии шума высоких уровней (более 140 дБ) возможен разрыв барабанных перепонок, контузия, а при ещё более высоких (более 160 дБ) и смерть.

В настоящее время трудно назвать отрасль промышленности, в которой не имелось бы цехов или участков с повышенными уровнями шума на рабочих местах. Источниками шума на производстве является транспорт, технологическое оборудование, системы вентиляции, пневмо- и гидроагрегаты, а также источники, вызывающие вибрацию.

Шум – это беспорядочные колебания различной физической природы, отличающиеся сложной временной и спектральной структурой. С физиологической точки зрения шум - это всякий неблагоприятный воспринимаемый звук. Уровень шума чаще всего измеряют в децибелах (дБ, dB) - логарифмическая единица уровней затуханий и усиления. Шумы содержат звуки различных частот.

Звук - упругие волны, продольно распространяющиеся в среде и создающие в ней механические колебания; в узком смысле - субъективное восприятие этих колебаний специальными органами чувств человека. Звуковое давление измеряется в паскалях. Ухо человека ощущает звуковое давление от $2 \cdot 10^{-5}$ до $2 \cdot 10^2$ Па.

При распространении звуковой волны, состоящей из сгущений и разрежений воздуха, давление на барабанную перепонку меняется. Человек слышит звук, когда частота колебаний лежит в пределах 16 - 20 000 Гц (1 Гц - герц - одно колебание в секунду). Минимальный звук, который человек ощущает, называют порогом слышимости, причем у разных людей он различен. Ноль децибел соответствует звуковому давлению $2 \cdot 10^{-5}$ Па, что соответствует порогу слышимости тона с частотой 1000 Гц.

Уровень звукового давления L, дБ - величина, равная десяти десятичным логарифмам квадрата отношения среднеквадратичного звукового давления, измеренного при стандартных временной и частотной характеристиках измерительной системы, к опорному звуковому давлению.

Корректированный уровень звукового давления - уровень звукового давления, корректированный по заданной частотной характеристике шумомера. Например, корректированный по частотной характеристике А уровень звукового давления называют уровнем звука А и выражают в дБА.

Эквивалентный уровень звука непостоянного шума - величина, рассчитываемая как десять десятичных логарифмов отношения квадрата среднеквадратичного звукового давления на заданном временном интервале, измеренного при стандартной частотной характеристике шумомера, к квадрату опорного звукового давления. Эквивалентный уровень звукового давления также называют усредненным по времени уровнем звукового давления. Эквивалентный шум имеет размерность [дБА].

По временным характеристикам шум подразделяют на:

-постоянный шум, уровень звука которого за 8-часовой рабочий день или за время измерения изменяется во времени *не более чем на 5 дБА*, при измерениях на временной характеристике шумомера «медленно». Постоянный шум производит оборудование, работающее непрерывно в одном режиме, например, вентиляторы, трансформаторы, насосы и вычислительное оборудование.

-непостоянный шум, уровень которого за 8-часовой рабочий день, рабочую смену или во время измерения изменяется во времени *более чем на 5 дБА*, при измерениях на временной характеристике шумомера «медленно».

Непостоянные шумы в свою очередь подразделяют на:

-колеблющийся во времени шум, уровень звука которого непрерывно изменяется во времени;

-прерывистый шум, уровень звука которого ступенчато изменяется (на 5дБА и более), причем длительность интервалов, в течение которых уровень остается постоянным, составляет 1 с и более;

-импульсный шум, состоящий из одного или нескольких звуковых сигналов, каждый длительностью менее 1 с, при этом уровни звука в дБА и дБА, измеренные соответственно на временных характеристиках «импульс» и «медленно», отличаются *не менее чем на 7 дБ*. Наиболее распространенными источниками импульсного шума являются взрывы в рудниках и карьерах, стрельба из оружия (например из танковых или артиллерийских орудий, минометов, пуски ракет), взрывы бомб, соударения буферов вагонов при маневровых работах на сортировочных станциях, кузнечно-прессовое, штамповочное оборудование, различные установки типа гильотинных ножниц для раскройки крупногабаритных листов металла, ручные машины и инструменты (рубильные, отбойные, слесарные молотки и т.п.).

В качестве критерия нормирования шума используют предельно допустимые уровни (ПДУ).

Нормирование шума звукового диапазона осуществляется двумя методами:

- по предельному спектру уровня шума для постоянных шумов и
- по дБА для шумов различных по интенсивности, временным характеристикам и продолжительности воздействия (для непостоянных).

Первый метод устанавливает предельно допустимые уровни (ПДУ) в девяти октавных полосах со среднегеометрическими значениями частот 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 ГЦ, при измерениях на временной характеристике шумомера «медленно».

Второй метод применяется для нормирования непостоянных шумов и в тех случаях, когда не известен спектр реального шума. Нормируемым показателем в этом случае является **эквивалентный уровень звука** широкополосного постоянного шума, оказывающий на человека такое же влияние, как и реальный непостоянный шум, измеряемый по шкале «А» шумомера.

Установлены следующие нормируемые параметры в зависимости от временных характеристик шума:

- для постоянного шума – уровень звука [дБА] и октавные уровни звукового давления [дБ];
- для прерывистого шума – эквивалентный и максимальный уровни звука, [дБА];
- для колеблющегося во времени шума - эквивалентный и максимальный уровни звука, [дБА];
- для импульсного шума - эквивалентный уровень звука [дБА] и максимальный уровень звука [дБА].

Т.е. оценка непостоянного шума на соответствие допустимым уровням должна проводиться **одновременно по эквивалентному и максимальному уровням звука.**

Эквивалентные уровни звука должны быть приведены к 8-часовой рабочей смене (рабочему дню) или 40-часовой рабочей неделе. Результаты измерений должны характеризовать шумовое воздействие за время рабочей смены (рабочего дня).

Измерение шума на рабочих местах для контроля соответствия фактических уровней шума допустимым по действующим нормам, должно производиться по ГОСТ Р ИСО 9612-2013.

Устанавливают следующую продолжительность измерений:

- для постоянного шума не менее 15 с;
- для непостоянного, в том числе прерывистого, шума она должна быть равна продолжительности по меньшей мере одного повторяющегося рабочего цикла или кратна нескольким рабочим циклам. Продолжительность измерений может также быть равной длительности некоторого характерного вида работы или ее части. Продолжительность измерений считают достаточной, если эквивалентный уровень звука не изменяется более чем на 0,5 дБА;
- для непостоянного шума, причины колебания которого не могут быть явно связаны с характером выполняемой работы, - 30 мин (три цикла измерений по 10 мин) или менее, если результаты измерений не расходятся более чем на 0,5 дБ (дБА);
- для импульсного шума - не менее времени прохождения 10 импульсов (рекомендуется 15-30 с).

При проведении измерений микрофон следует располагать на высоте 1,5 м от пола (рабочей площадки) или на уровне головы, если работа выполняется сидя или в других положениях. Микрофон должен быть направлен в сторону источника шума и удален не менее, чем на 0,5 м от оператора проводящего измерения.

Для оценки шума на постоянных рабочих местах измерения следует проводить в точках, соответствующих установленным постоянным местам.

Для оценки шума при непостоянных рабочих местах, измерения проводят на каждом участке рабочего места и определяют эквивалентный уровень звука шума, воздействующего на работника за рабочую смену.

Совершенно необходимо определение и **указание источников шума** при проведении измерений уровней шума на рабочих местах, т.к. это позволяет не только зафиксировать уровень шума от определенного источника, но и разработать конкретные технические мероприятия для его снижения. Естественно, эффективное снижение уровня шума может быть обеспечено лишь при наличии информации об источнике шума.

Инфразвук

Инфразвук - акустические колебания с частотой ниже 20 Гц. Физическая природа звука и инфразвука одна и та же, выделение инфразвука в отдельный диапазон обусловлено тем, что этот частотный диапазон лежит ниже порога слышимости и человеческое ухо не способно воспринимать колебания указанных частот.

Развитие техники и транспортных средств, совершенствование технологических процессов и оборудования сопровождаются увеличением мощности и габаритов машин, что обуславливает тенденцию повышения низкочастотных составляющих в спектрах и появление инфразвука. Производственный инфразвук возникает в тех же процессах, что и шум слышимых частот.

Вследствие этого инфразвук, как правило, сопровождается слышимым шумом. В настоящее время максимальные уровни низкочастотных акустических колебаний от промышленных и транспортных источников достигают 100—110 дБ. К объектам, на которых инфразвуковая область акустического спектра преобладает над звуковой, относятся автомобильный и водный транспорт, конвертерные и мартеновские цехи металлургических производств, компрессорные газоперекачивающих станций, портовые краны и др.

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, 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. Выраженность этих изменений зависит от уровня интенсивности инфразвука и длительности действия фактора. Кратковременное интенсивное инфразвуковое воздействие может обусловить головокружение, тошноту, давление на барабанные перепонки, озноподобный тремор тела, резко выраженную общую слабость, головную боль, удушье, кашель, чувство страха, беспокойства.

Характерной его особенностью является большая длина волны (малая частота колебаний), вследствие чего инфразвуковые волны мало поглощаются воздухом, свободно огибают препятствия, могут распространяться на большие расстояния. Эта особенность затрудняет борьбу с инфразвуком, поскольку традиционные методы звукоизоляции и звукопоглощения мало эффективны. В производственных условиях при воздействии инфразвука с уровнями, превышающими ПДУ, следует вводить 20-минутные перерывы через каждые 2 ч работы. Для защиты от неблагоприятного воздействия инфразвуковых колебаний рекомендуется использовать СИЗ: противошумы, специальные пояса и др. Для гигиенической оценки производственного инфразвука используют частотный диапазон от 1,6 до 20 Гц, включающий четыре октавных полосы со среднегеометрическими частотами 2, 4, 8, 16 Гц. Как и в случае шума, инфразвук измеряется шумомерами.

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".

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

- **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 непостоянного инфразвука являются эквивалентные по энергии уровни звукового давления в дБ, в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами 2, 4, 8 и 16 Гц и эквивалентный общий уровень звукового давления, в дБ Лин.

Общий (линейный) уровень звукового давления, дБ Лин - величина, измеряемая по шкале шумомера "линейная" или рассчитанная путем энергетического суммирования уровней звукового давления в октавных полосах частот без корректирующих октавных поправок.

Эквивалентный (по энергии) общий (линейный) уровень звукового давления, $L_{экв}$, дБ Лин, данного непостоянного инфразвука - уровень постоянного широкополосного инфразвука, который имеет такое же среднеквадратичное звуковое давление, что и данный непостоянный инфразвук в течение определенного интервала времени.

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

Ультразвук

Ультразвук (УЗ) – упругие колебания и волны, частота которых превышает 15 – 20 кГц. Нижняя граница области УЗ-вых частот, отделяющая ее от области слышимого звука, определяется субъективными свойствами человеческого слуха и является условной, так как верхняя граница слухового восприятия у каждого человека своя.

По частотному составу ультразвуковой диапазон следует подразделять на:

- 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 распространения ультразвук следует подразделять на:

- распространяющийся воздушным путем (воздушный ультразвук);
- распространяющийся контактным путем при соприкосновении с твердыми и жидкими средами (контактный ультразвук).

Контактный ультразвук – распространяется при соприкосновении рук или других частей тела человека с источником ультразвука – обрабатываемыми деталями, приспособлениями для их удержания, жидкостями, сканерами медицинских диагностических приборов, физиотерапевтической и хирургической аппаратурой.

Воздушный ультразвук - распространяется по воздуху. Нормируемыми параметрами воздушного ультразвука являются уровни звукового давления в [дБ] в третьоктавных полосах со среднегеометрическими частотами 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100 кГц.

Источником ультразвука является производственное оборудование, в котором генерируется ультразвук для выполнения технологических процессов (очистки, обеззараживания, сварки, пайки, механической и термической обработки материалов сверхтвердых сплавов, алмазов, керамики и др.), коагуляции аэрозолей, для неразрушающего контроля и измерений контроля, и производственное оборудование, при эксплуатации которого ультразвук возникает как сопутствующий фактор, а также медицинское ультразвуковое оборудование (ультразвуковые хирургические инструменты, установки для стерилизации, диагностика и лечение различных заболеваний).

Ультразвук обладает главным образом локальным действием на организм, поскольку передается при непосредственном контакте с ультразвуковым инструментом, обрабатываемыми деталями или средами, где возбуждаются ультразвуковые колебания. Ультразвуковые колебания, генерируемые ультразвуком низкочастотным промышленным оборудованием, оказывают неблагоприятное влияние на организм человека. Длительное систематическое воздействие ультразвука, распространяющегося воздушным путем, вызывает изменения нервной, сердечно-сосудистой и эндокринной систем, слухового и вестибулярного анализаторов. Наиболее характерным является наличие вегетососудистой дистонии и астенического синдрома. При

действии локального ультразвука возникают явления вегетативного полиневрита рук (реже ног) разной степени выраженности, вплоть до развития пареза кистей и предплечий, вегетативно-сосудистой дисфункции. 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 120 и более дБ - дают поражающий эффект.

Основу профилактики неблагоприятного воздействия ультразвука на лиц, обслуживающих ультразвуковые установки, составляет гигиеническое нормирование. Предельно допустимый уровень (ПДУ) ультразвука - это уровень, 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.

Точки измерения воздушного ультразвука на рабочем месте должны быть расположены на высоте 1,5 м от уровня основания (пола, площадки), на котором при выполнении работы стоит работающий, или на уровне его головы, если работа выполняется сидя, на расстоянии 5 см от уха и на расстоянии не менее 50 см от человека, проводящего измерения.

Измерения необходимо выполнять не менее трех раз в каждой третьоктавной полосе для одной точки и затем вычислять среднее значение. Аппаратура, применяемая для измерения уровня звукового давления, должна состоять из измерительного микрофона, электрической цепи с линейной характеристикой, третьоктавного фильтра и измерительного прибора. Аппаратура должна иметь характеристику "Лин" и временную характеристику "медленно".

Производственная вибрация

Вибрация – механические колебания, передаваемые по жидким или твердым средам, по физической природе аналогична шуму.

С физической точки зрения между шумом и вибрацией принципиальных различий нет. Разница заключается в восприятии: вибрация воспринимается вестибулярным аппаратом и средствами осязания, а шум органами слуха. Колебания механических тел с частотой менее 20 Гц воспринимаются как вибрация, более 20 Гц - как вибрация и звук. Вибрацию применяют на предприятиях стройиндустрий при уплотнении и укладки бетонной смеси, дроблении и сортировке инертных материалов, разгрузке и транспортировании сыпучих материалов и т.д. Вибрация возникает в большинстве случаев эксплуатации производственного оборудования, железнодорожного, авиа- и автотранспорта, при использовании электрического, пневматического и механического ручного инструмента.

Вибрация относится к факторам высокой биологической активности. Местная вибрация малой интенсивности может оказывать благоприятное воздействие на организм человека, восстанавливая трофические изменения, улучшая функциональное состояние центральной нервной системы, ускоряя заживление ран и т. д. Но при увеличении интенсивности колебаний и длительности их воздействия в организме человека наблюдается изменение сердечной деятельности, нервной системы, спазм сосудов, изменения в суставах, приводящие к ограничению их подвижности. Длительное воздействие вибраций приводит профессиональному заболеванию - вибрационной болезни. Важное гигиеническое значение имеет частота вибраций. Частоты порядка 35-250 Гц наиболее характерны при работе с ручным инструментом, могут вызвать вибрационную болезнь со спазмой сосудов. Частоты ниже 35 Гц вызывают изменения в нервно-мышечной системе

и суставах. Наиболее опасны производственные вибрации равные или близкие к частоте колебания человеческого организма или отдельных органов и равные 6-10 Гц (собственная частота колебаний рук и ног 2-8 Гц, живота 2-3 Гц, груди 1-12 Гц). Колебания с такой частотой влияют и на психологическое состояние человека.

Неблагоприятное воздействие вибрации на работающих усугубляется влиянием сопутствующих факторов производственной среды: интенсивного шума, охлаждающего микроклимата, вынужденного положения тела, смачивания рук и т.д. Чрезвычайно существенным фактором, усугубляющим воздействие вибрации на организм человека при работе ручными машинами, является статическое мышечное напряжение (удержание машины, рукояти, приложение усилия при выполнении работы).

В соответствии СН 2.2.4/2.1.8.566-96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий», по способу передачи механических колебаний на человека различают:

- **общую вибрацию**, передаваемую на тело стоящего, сидящего или лежащего человека в точках его опоры (ступни ног, ягодицы, спина, голова).
- **локальную вибрацию**, передаваемую через кисти рук человека в местах контакта с управляемой машиной или обрабатываемым изделием.

По источнику возникновения вибраций различают:

- общую вибрацию 1 категории – **транспортную вибрацию**. Воздействующую на человека на рабочих местах самоходных и прицепных машин, транспортных средств при движении по местности, агрофонам и дорогам (в том числе при их строительстве).
- общую вибрацию 2 категории – **транспортно-технологическую вибрацию**, воздействующую на человека на рабочих местах машин, перемещающихся по специально подготовленным поверхностям производственных помещений, промышленных площадок, горных выработок.
- общую вибрацию 3 категории – **технологическую вибрацию**, воздействующую на человека на рабочих местах стационарных машин или передающуюся на рабочие места, не имеющие источников вибрации.
- локальную вибрацию, передающуюся человеку от ручного механизированного инструмента (с двигателями), органов ручного управления машинами и оборудованием;
- локальную вибрацию, передающуюся человеку от ручного немеханизированного инструмента (без двигателей), например, рихтовочных молотков и от обрабатываемых деталей;

По временным характеристикам вибрации выделяют:

- **постоянную вибрацию**, для которой величина нормируемых параметров изменяется не более чем в 2 раза (на 6 дБ) за время наблюдения;
- **непостоянную вибрацию**, для которой величина нормируемых параметров изменяется не менее чем в 2 раза (на 6 дБ) за время наблюдения не менее 10 мин при измерении с постоянной времени 1с.

Непостоянные вибрации подразделяются на :

- **колеблющиеся во времени**, для которых величина нормируемых параметров непрерывно изменяется по времени;
- **прерывистые вибрации**, когда контакт человека с вибрирующей поверхностью прерывается, причем длительность интервалов, в течение которых имеет место контакт, составляет более 1с;

- **импульсные вибрации**, состоящие из одного или нескольких вибрационных действий (например, ударов), каждый длительностью менее 1с.

Колебательное движение твердого тела может быть полностью описано в виде комбинации шести простейших типов движения: поступательного в трех взаимно перпендикулярных направлениях (x , y , z в декартовых координатах) и вращательного относительно трех взаимно перпендикулярных осей (Ox , Oy , Oz). Любое сложное перемещение тела можно разложить на эти шесть составляющих. Поэтому о таких телах говорят, что они имеют шесть степеней свободы.

По направлению действия общую вибрацию подразделяют на вертикальную, распространяющуюся по оси Z , перпендикулярной к опорной поверхности; горизонтальную, распространяющуюся по оси X от спины к груди; горизонтальную, распространяющуюся по оси Y от правого плеча к левому.

Локальную вибрацию подразделяют на действующую вдоль оси X_l параллельна оси места охвата источника вибрации, оси Y_l перпендикулярна ладони и оси Z_l лежит в плоскости, образованной осью X_l и направлением подачи или приложения силы.

Нормируемый диапазон частот устанавливается:

- для общей вибрации в виде октавных полос со среднегеометрическими частотами: 2; 4; 8; 16; 31,5; 63 Гц или в виде третьоктавных полос со среднегеометрическими частотами: 0,8; 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80 Гц
- для локальной вибрации в виде октавных полос со среднегеометрическими частотами 8; 16; 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000 Гц

Для оценки воздействия постоянной вибрации измеряют или рассчитывают **корректированный уровень (значение) виброускорения в [дБ]**.

Для оценки воздействия непостоянной вибрации измеряют или рассчитывают **эквивалентный корректированный уровень (значение) виброускорения в [дБ]**.

При воздействии на работника в течение рабочего дня как постоянной, так и непостоянной вибрации, для оценки условий труда рассчитывают или измеряют с учетом продолжительности воздействия эквивалентный корректированный уровень (значение) виброускорения.

До проведения измерения необходимо определить, какие рабочие операции могут вносить существенный вклад в значение эквивалентного виброускорения. Следует точно определить место выполнения и характер каждой такой операции, после чего количественно оценить полное время ее выполнения в течение рабочего дня.

Общая длительность воздействия вибрации в течение рабочего дня должна быть получена для каждой выбранной операции или рабочего цикла. Оценка этой длительности может быть основана на реальном измерении длительности вибрационного воздействия во время выполнения конкретной операции (рабочего цикла) или на данных о числе выполняемых операций (рабочих циклов) в течение рабочего дня.

Аппаратура для измерения параметров вибраций должна соответствовать ГОСТ ИСО 8041-2006 "Вибрация. Воздействие вибрации на человека. Средства измерений". При проведении измерений виброметры (акселерометры) устанавливают таким образом, чтобы измерять вибрацию в точке контакта тела человека с вибрирующей поверхностью.

Методы и средства защиты от виброакустических факторов

Мероприятия по защите от шума

Мероприятия по защите от шума рабочих мест промышленных предприятий в первую очередь обеспечиваются следующими строительно-акустическими методами:

- **Рациональное с акустической точки зрения решением генерального плана объекта, рациональным архитектурно-планировочным решением зданий.** Основным принципом защиты является группировка помещений с повышенным уровнем шума и их обособленное расположение от других частей здания. Что касается оборудования этих помещений, то наиболее благоприятной считается установка его в центре помещения. В этом случае рядом будет находиться только одна отражающая поверхность – пол. При установке оборудования у стены она также будет отражать звуковые волны, и шум будет усиливаться. Этот принцип действует и для защиты от структурного шума, с той лишь разницей, что оборудование не должно касаться стен помещения.

Применение ограждающих конструкций зданий с требуемой звукоизоляцией. Ограждающими конструкциями зданий являются стены, перекрытия, перегородки и т.п. Они делятся на внешние и внутренние. Внешние служат для защиты от различных климатических факторов, а внутренние ограждающие конструкции - для разделения и перепланировки внутреннего пространства здания.

- **Применением звукоизолирующих кабин наблюдения и дистанционного управления.** Звукоизолирующие кабины следует применять в промышленных цехах и на территориях, где допустимые уровни превышены, для защиты от шума рабочих и обслуживающего персонала. В звукоизолирующих кабинах следует располагать пульта контроля и управления «шумными» технологическими процессами и оборудованием, рабочие места мастеров и начальников цехов. В зависимости от требуемой звукоизоляции кабины могут быть спроектированы из обычных строительных материалов (*кирпича, железобетона и т.п.*) или иметь сборную конструкцию, собираемую из заранее изготовленных конструкций из стали, алюминия, пластика, фанеры и других листовых материалов на сборном или сварном каркасе. Звукоизолирующие кабины следует устанавливать на резиновых виброизоляторах для предотвращения передачи вибраций на ограждающие конструкции и каркас кабины.

- **Применение звукоизолирующих кожухов на шумных агрегатах.** Применение звукоизолирующих кожухов является одним из наиболее эффективных решений проблемы изоляции агрегатов с повышенным уровнем шума. Звукоизолирующий кожух целесообразно применять в тех случаях, когда создаваемый агрегатом (машиной) шум в расчетной точке превышает допустимое значение на 5 дБ и более хотя бы в одной октавной полосе, а шум всего остального технологического оборудования в той же октавной полосе (в той же расчетной точке) на 2 дБ и более ниже допустимого. 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. Элементы кожуха должны крепиться на каркасе. Кожух из металла следует покрывать вибродемпфирующим материалом (*листовым или в виде мастики*), при этом толщина покрытия должна быть в 2 – 3 раза больше толщины стенки. 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.

- **Применение акустических экранов.** Акустический экран представляет собой некоторую преграду между рабочим местом и источником шума, обладающую высоким уровнем звукоизоляции. Экраны следует применять для снижения уровней звукового давления на рабочих местах в зоне действия прямого звука и в промежуточной зоне. Устанавливать экраны следует по возможности ближе к источнику шума. Экраны следует изготавливать из твердых листовых материалов или отдельных щитов с обязательной облицовкой звукопоглощающими материалами поверхности, обращенной в сторону источника шума.

- **Снижение шума вентиляторов и применением глушителей шума в системах вентиляции, кондиционирования воздуха и в аэрогазодинамических установках.** Для снижения шума вентилятора следует: выбирать агрегат с наименьшими удельными уровнями звуковой мощности; обеспечивать работу вентилятора в режиме максимального КПД; снижать сопротивление сети и не применять вентилятор, создающий избыточное давление; обеспечивать плавный подвод воздуха к входному патрубку вентилятора.

Необходимо отметить организационные способы защиты от шума. К ним относится применение следующих подходов:

- Выбор рациональных режимов работы оборудования, ограничение времени нахождения персонала в зоне эксплуатации агрегатов (машин) с повышенным уровнем шума (защита «временем»). Защита «временем» предусматривает нахождение в помещениях с высоким уровнем шума только по служебной необходимости с четкой регламентацией по времени совершаемых действий; автоматизацию работ; уменьшение времени настроечных работ и т.д.

- Использование средств индивидуальной защиты органов слуха. К средствам индивидуальной защиты органа слуха относятся противозумные вкладыши, противозумные наушники и шлемы. Эффективность СИЗ может быть обеспечена их правильным подбором в зависимости от уровней и спектра шума, а также контролем за правильной эксплуатацией.

Мероприятия по защите от инфразвука и ультразвука воздушного

Мероприятия по защите от ультразвука воздушного во многом совпадают с мероприятиями по защите от шума, но имеют и свои особенности. Так организационно-техническими мероприятиями по защите от ультразвука воздушного при распространении его по воздуху являются следующие:

- Использование в оборудовании более высоких рабочих частот, для которых допустимые уровни звукового давления выше.

- Применение звукоизолирующих кожухов. Оборудование, излучающее ультразвук воздушный, необходимо заключать в звукоизолирующие кожухи, выполненные из стального листа или дюралюминия толщиной 0,7 - 1 мм с оклейкой внутренней поверхности кожуха резиной, тонким (5 - 10 мм) слоем звукопоглощающего материала (эффект установки таких кожухов составляет 50-70 дБ), возможно применение эластичных кожухов, изготовленных из двух-трех слоев резины общей толщиной 4 - 5 мм.

- Использование акустических экранов. Между работающими и оборудованием устанавливать экраны из прозрачных материалов.

- Использование ограждающих конструкций. Размещать ультразвуковое оборудование необходимо в специальных помещениях, кабинах, выгородках, если применение перечисленных выше мер невозможно или не обеспечивает необходимой защиты.

Борьба с **неблагоприятным воздействием инфразвука** должна вестись в тех же направлениях, что и борьба с шумом. Основными мероприятиями по борьбе с инфразвуком являются следующие

- Ослабление инфразвука в источнике. Повышение «быстроходности» машин, что, в определенной мере, обеспечит перевод максимума инфразвуковых колебаний в область слышимых частот.
- Повышение жесткости конструкций. Повышение жесткости конструкции снизит уровень низкочастотных вибраций, которые при определенных условиях могут являться источником инфразвука.
- Изоляция инфразвука (звукоизоляция, звукопоглощение).
- Использование глушителей шума.
-
- Наиболее целесообразно уменьшать интенсивность инфразвуковых колебаний на стадии проектирования машин или агрегатов. Первостепенное значение в борьбе с инфразвуком имеют методы, снижающие его возникновение и ослабление в источнике, так как методы, использующие звукоизоляцию и звукопоглощение, малоэффективны.

Мероприятия по защите от вибрации

Имеются две основные группы методов снижения вибрации оборудования в производственных зданиях и помещениях – в источнике ее возникновения и на пути распространения. Необходимо правильно сочетать эти средства.

Снижение вибрации в источнике ее возникновения. При проектировании зданий снижение вибрации в источнике обеспечивают применением малозумного оборудования и выбором правильного (расчетного) режима его работы; при строительстве и эксплуатации зданий – технической исправностью оборудования.

Снижение вибрации на пути ее распространения (*виброизоляция оборудования, виброизоляция воздуховодов, виброизолирующие площадки, коврики, сиденья*) достигается комплексом архитектурно-планировочных и акустических мероприятий.

Архитектурно-планировочные мероприятия предусматривают такую планировку помещений в зданиях, при которой источники вибрации максимально удалены от защищаемых объектов. Снижение вибрации в защищаемых помещениях может быть достигнуто целесообразным размещением оборудования в здании. Оборудование, создающее значительные динамические нагрузки, рекомендуется устанавливать в подвальных этажах или на отдельных фундаментах, не связанных с каркасом здания. При установке оборудования на перекрытия желательно размещать его в местах, наиболее удаленных от защищаемых объектов.

Акустические мероприятия. К ним относится виброизоляция инженерного оборудования. Для виброизоляции агрегата (машины) необходимо его устанавливать на виброизоляторы и изолировать подходящие к нему коммуникации. Применяют однозвенную, двухзвенную, а иногда и трехзвенную схему виброизоляции, когда между агрегатом и виброизоляторами располагают массивную плиту (обычно железобетонную) или жесткую опорную раму массой. Поддерживающую конструкцию, на которую опирается виброизолированная машина, называют фундаментом. *Это может быть плита перекрытия, железобетонный блок, балки и т.д.*

Организационные мероприятия (защита «временем»). С этой целью применяются специально разработанные режимы труда, которые предусматривают специальные перерывы. Рекомендуется использовать режимы труда с ограничением времени работы с виб-рацией не более 2/3 рабочей смены, а также внедрение технологических процессов, предусматривающих микропаузы в ходе выполнения виброопасных операций, 2 – 3 перерыва по 20 – 30 минут за смену. Они устраиваются через 1 – 2 ч после начала смены и через 2 ч после обеденного перерыва (продолжительность которого должна быть не менее 40 мин) и используются для активного отдыха, проведения специального комплекса производственной гимнастики, физиотерапевтических процедур.

Средства коллективной защиты. К ним относятся в том числе следующие:

- Виброизолирующие площадки и коврики.
- Виброизолированные сидения. Виброизолированное кресло оператора является одним из основных средств индивидуальной защиты от вибрации. Современные конструкции кресел выполняются по двум схемам. Пассивная нерегулируемая виброизоляция, использует винтовые пружины, в сочетании с демпферами сухого трения, установленными под сиденьем. В этом случае удастся снизить вредное действие вибрации в 1,5 – 2 раза на частотах выше 63 Гц. На низких частотах эффективность пассивных средств значительно снижается ввиду близости резонансов. Преодолеть это ограничение практически невозможно, поскольку на пониженной жесткости теряется устойчивость оператора и возможно появление укачивания. Кроме того, большие смещения оператора опасны как источник ошибок управления. Частично эта проблема решается, если использовать направляющие механизмы, например параллелограмм в сочетании с упругими элементами. Однако в этом случае наблюдается резкое снижение эффективности на высоких частотах вибрации.

Средства индивидуальной защиты:

- Средства защиты верхних конечностей (виброзащитные перчатки, рукавицы, вкладыши).

Средства защиты нижних конечностей (виброзащитные сапоги, стельки, вкладыши).