Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна
Должность: проректор по учебной работе
Дата подписания: 17.12.2021 15:29:11
Уникальный программный ключ:
0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Юго-Западный государственный университет» (ЮЗГУ)

Кафедра охраны труда и окружающей среды

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ О.Г. Локтионова
«___» _____ 2013 г.

# СНИЖЕНИЕ УРОВНЯ ШУМА НА РАБОЧЕМ МЕСТЕ

Методические указания к проведению практического занятия по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности» для студентов всех специальностей и направлений

Курск 2013

УДК 658

Составитель В.В. Протасов

Рецензент
Кандидат технических наук, доцент *А.В. Беседин*

**Снижение уровня шума на рабочем месте**: методические указания к проведению практического занятия по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности» / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: В.В. Протасов. Курск, 2013. 19 с.: Библиогр.: с. 19.

Представлены вопросы измерения, нормирования, борьбы с производственным шумом на предприятиях.

Предназначены для студентов всех специальностей и направлений, изучающих дисциплину «Безопасность жизнедеятельности».

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать 5.04.13 Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная.
Усл. печ. л. *1,10*. Уч.-изд.л.*1,00*. Тираж 30 экз. Заказ . Бесплатно.
Юго-Западный государственный университет.
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

**Цель работы**: приобретение, отработка и закрепление практических умений и навыков применения теоретических знаний при решении практических задач, связанных с вопросам измерения, нормирования, борьбы с производственным шумом на предприятиях.

## Источники шума на рабочих местах

Шум является одним из наиболее распространенных неблагоприятных факторов производственной среды.

Шумом называют любой нежелательный звук или совокупность таких звуков. Шумы содержат звуки разных частот в частотном диапазоне от 45 до 11000 Гц (разделенном на 9 октавных полос со среднегеометрическими частотами в 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000 и 8000 Гц) и различаются между собой распределением уровней по отдельным частотам и характером изменения общего уровня во времени.

В качестве основных величин, используемых для нормирования шума и расчетов по шумоглушению, принимают звуковое давление в паскалях (Па) и его уровень в децибелах (дБ).

**Звуковое давление** $P$ - разность между мгновенным значением давления в данной точке среды при прохождении через эту точку звуковых волн и средним давлением, которое наблюдается в этой же точке при отсутствии звука.

Уровень звукового давления определяют по формуле:

$$L = 20\lg(P_{ср}/P), \qquad (1)$$

где $P_{ср}$ - среднеквадратичное значение звукового давления в точке измерения, Па;

$P_o$ - пороговое значение звукового давления, принятое по международному соглашению равным $2 \cdot 10^{-5}$ Па.

Если за восьмичасовой рабочий день уровень звукового давления на рабочем месте изменяется не более чем на 5 дБ, то шум называют ***постоянным***, в противном случае - ***непостоянным.***

Непостоянный шум в свою очередь подразделяют на ***колеблющийся во времени***, если уровень звукового давления непрерывно изменяется (например, шум в кузовном отделении вагонного депо, шум дорожного движения, шум проходящего по рельсам подвижного состава и т. п.); ***прерывистый***, если уровень звукового давления резко падает до уровня фонового шума, причем длительность интервалов, в течение которых уровень давления остается постоянным и превышает уровень фона, составляет 1 с и более (на-

пример, шум выброса сжатого воздуха из ресивера компрессора, шум одиночной шлифовальной машины и т. п.); ***импульсный***, состоящий из одного или нескольких звуковых сигналов, каждый длительностью менее 1 с (например, шум при забивании гвоздей молотком и т. п.).

Частотный состав шума характеризует его спектр. **Спектром шума** называют зависимость уровня звукового давления в частотных полосах от средних частот этих полос. Спектр можно представить либо в виде таблицы, либо графически в виде ломаной линии. В качестве средней частоты октавной полосы принимают среднегеометрическую частоту:

$$f_{cp}=\sqrt{f_1 \cdot f_2}, \qquad (2)$$

где $f_1$ и $f_2$ - крайние частоты полосы.

Спектр, а, следовательно, и шум, которому он соответствует, может быть ***низкочастотным*** (максимум уровня звукового давления находится в области частот ниже 300 Гц), ***среднечастотным*** (область частот от 300 до 800 Гц) и ***высокочастотным*** (область частот более 800 Гц).

Звук с частотами ниже 20 Гц называют **инфразвуком,** а с частотами выше 20 кГц - **ультразвуком.** Эти звуки не слышимы для человека.

Шум называют ***тональным***, если в нем прослушивается звук определенной частоты. В противном случае он будет ***широкополосным.***

Важной характеристикой звукового (шумового) поля (т. е. области пространства, в которой наблюдается шум), помимо звукового давления и частоты, является **интенсивность звука.** Она представляет собой поток энергии, переносимой звуковыми волнами в единицу времени через площадку 1 м$^2$, ориентированную перпендикулярно направлению звукового луча. Интенсивность звука - векторная величина, измеряемая в ваттах на метр квадратный (Вт/м$^2$). С точки зрения охраны труда интерес представляет лишь средняя во времени величина интенсивности.

Интенсивность и звуковое давление $P$ связаны между собой соотношением:

$$I=p^2/Pc \qquad (3)$$

где p - средний квадрат звукового давления, Па ; P - плотность среды, в которой распространяется звук, кг/м$^3$; с - скорость звука в данной точке среды, м/с.

Для воздуха независимо от атмосферного давления с = 20√T, где Т- абсолютная температура воздуха, *К*.

Уровень интенсивности звука (в дБ) определяют по формуле:

$$L_I = 10 \cdot \lg I/I_0, \quad (4)$$

*где* $I_0 = 10^{-12}$ - стандартное пороговое значение интенсивности, Вт/м$^2$.

Величина $I_o$ выбрана такой, что при нормальных атмосферных условиях ($t$ = 20°С, $\rho$ = 1,2 кг/м$^3$) уровень звукового давления $L$ и уровень интенсивности $L_I$ численно равны друг другу. Равенство этих величин упрощает акустические расчеты.

Если в данную точку пространства приходят некогерентные звуковые, волны (т. е волны, фазы которых в разные моменты времени отличаются друг от друга) с уровнями звукового давления $L_1$ то уровень звукового давления суммарного звука составит (в дБ)

$$L = 10 \cdot lg \sum_{i=1}^{n} 10^{0,1L_1}, \quad (5)$$

где $n$ - общее число независимых слагаемых уровней.

Эта формула соответствует условию, что интенсивности всех некогерентных источников складываются

$$I = I_1 + I_2 + \ldots + I_n. \quad (6)$$

Поэтому, если имеется $m$ одинаковых источников, каждый из которых создает в данной точке уровень звукового давления $Lj$, суммарный уровень будет рассчитываться по формуле

$$L = L_j + 10\lg m \quad (7)$$

В настоящее время практически на любом производстве встречаются повышенные уровни шума на рабочих местах. К наиболее шумным относятся горно-рудная и угольная, машиностроительная, металлургическая, нефтехимическая, лесная и целлюлозно-бумажная, радиотехническая, легкая и пищевая, мясомолочная промышленность и другие.

В горно-рудной и угольной промышленности наиболее шумными являются операции, связанные с механизированной добычей полезных ископаемых как с использованием механизированного ручного инструмента (пневмоперфораторы, отбойные молотки), так и с помощью современных стационарных и самоходных машин. Шум, излучаемый проходческими комбайнами, составляет 115-127 дБА, а при работе погрузочных машин, скреперов, лебедок, вентиляторов, компрессоров и шахтных подъемных установок - 97-114 дБА.

В машиностроении шумными операциями следует считать об-

рубные (102-120 дБА) и клепальные работы (92-115 дБА), режимные испытания двигателей различных систем и их агрегатов (101-118 дБА), стендовые испытания на вибропрочность изделий (70-111 дБА), барабанную галтовку, шлифовку и полировку деталей (115-116 дБА), штамповочно-прессовую заготовку (92-103 дБА), обдув открытой воздушной струей и напыление металлов на различные поверхности (111-120 дБА); ста ночную металлообработку (шум на рабочих местах токарей составляет 84 дБА, фрезеровщиков - 93 дБА).

Металлургическую промышленность в целом можно отнести к отрасли с выраженным шумовым фактором. В мартеновских цехах регистрируется шум с уровнями 80-97 дБА, электрические печи генерируют при своей работе шум с уровнями 112-118 дБА. На участках сортпроката шум достигает 107 дБА, в трубопрокатном производстве - 89-114 дБ А, на участке горячего проката -72-90 дБА, при процессе пилигримовой прокатки (сочетающей элементы ковки и проката) 100-102 дБА, достигая в импульсе 120-130 дБА. Из производств, относящихся к этой отрасли, шумными условиями характеризуются метизные заводы, оснащенные холодновысадочными автоматами (101-105 дБА).

Для нефтехимической промышленности характерными шумовыми характеристиками являются высокочастотные спектры различных уровней, создаваемые сбросом сжатого воздуха из трубопроводов замкнутого технологического цикла химических производств или шумом от оборудования, работающего на сжатом воздухе, например, сборочные станки и вулканизационные линии шинных заводов (107-113 дБА).

Шум является одной из ведущих профессиональных вредностей в лесозаготовительной и деревообрабатывающей промышленности. На рабочем месте рамщика и обрезчика уровень шума колеблется от 93 до 100 дБА с максимумом звуковой энергии в области средних и высоких частот. В этих же пределах колеблется шум в столярных цехах, а заготовительные работы (валка, трелевка леса) сопровождаются уровнем шума от 85 до 108 дБА.

Промышленность строительных материалов включает ряд шумных производств: машины и механизмы по дроблению и размолу сырья, производству сборного железобетона (105-120 дБА).

В легкой промышленности наиболее высокий уровень шума наблюдается в ткацких цехах - 94-110 дБА; на современных швей-

ных производствах уровень звука на рабочих местах швей-мотористок составляет 85-95 дБА.

Пищевая промышленность считается менее шумной из всех. Характерные для нее шумы генерируют поточные агрегаты кондитерских и табачных фабрик (75-92 дБА). Однако отдельные машины этих производств создают значительный шум. Например, мельницы зерен какао, некоторые сортировочные машины (95-103 дБА).

В каждой отрасли промышленности имеются компрессорные цехи или отдельные станции, снабжающие производства сжатым воздухом или перекачивающие жидкости или газообразные продукты. Последние широко распространены в газовой промышленности как большие самостоятельные хозяйства. Компрессорные установки создают интенсивный шум (110-116 дБ А).

Представленные примеры шумов, характерных для цехов или участков различных отраслей промышленности, в абсолютном большинстве случаев имеют общую форму спектров: все они широкополосные с некоторым спадом звуковой энергии в области низких (до 250 Гц) и высоких частот (к 8000 Гц). Исключением являются шумы по типу образующихся при плазменном напылении, где уровни звукового давления растут от низких к высоким частотам, а также низкочастотные шумы, которые встречаются в промышленности значительно реже.

Исходя из принятого в России нормативного для рабочих мест уровня шума, можно сделать вывод, что около 60 % всех производственных шумов являются шумами, опасными для; состояния здоровья человека при длительном контакте с ними.

Вместе с тем, в промышленности широко распространены и шумы менее интенсивные (40-60 дБА), которые, однако, гигиенически значимы при работах, связанных с нервной нагрузкой, например, на пультах управления, при машинной обработке информации и других подобных работах, получающих все большее распространение.

Шум является также наиболее характерным неблагоприятным фактором производственной среды на рабочих местах водителей пассажирских, транспортных самолетов и вертолетов; подвижного, состава железнодорожного транспорта; морских, речных, рыбопромысловых и других судов; автобусов, грузовых, легковых и специальных автомобилей; сельскохозяйственных машин и строительно-

дорожных, мелиоративных и других машин.

Характерные уровни шума в кабинах современных самолетов колеблются в широком диапазоне - 69-85 дБА (магистральные самолеты для авиалиний со средней и большой дальностью полета), 77-92 дБА (самолеты, эксплуатируемые на коротких авиалиниях) и 75-93 дБА (самолеты авиации общего назначения).

Уровни шума в кабинах автомобилей средней грузоподъемности при различных режимах и условиях эксплуатации колебались от 80 до 102 дБА, а в легковых автомобилях были значительно ниже - 75-85 дБА. Шум в кабинах большегрузных автомобилей достигает 101 дБА с максимумом энергии в октавах 31,5-2000 Гц.

В кабинах локомотивов (тепловозы, электровозы, автомотрисы) железнодорожного транспорта источниками шума являются двигатели, генераторы, воздуходувки и экипажная часть при движении колес по рельсам. Уровни шума в кабинах тепловозов в зависимости от скорости движения составляют 92-102 дБА. В дизельном отделении интенсивность шума достигает 116-120 дБА. Уровень шума в кабине электровоза достигает 84 дБА, а в машинном отделении - 105 дБА. На местах работы поездных бригад уровни шума составляют от 69-70 до 79-81 дБА. Общий уровень шума грузового вагона при скорости от 40 до 60 км/ч достигает 95-100 дБА.

На судах типа «река-море» уровни звука на ходовом мостике колеблются от 62 до 75 дБА; в помещении энергетического отделения - от 80 до 108 дБА; в каютах - от 60 до 72 дБА.

Уровни шума в машинном отделении больших морозильных рыболовных траулеров составляют 101-110 дБА, на уровне нижней палубы - 98-103 дБА, на уровне верхней палубы - 97-100 дБА. В цехе рыбообработки при работе пневмотурбины уровни звука достигают 110 дБ А. Постоянный шумовой фон на судне в течение суток составляет на протяжении всего промысла в жилых помещениях 80-90 дБА, а в производственных помещениях -90-110дБА.

На рабочих местах персонала, использующего сельскохозяйственные машины, оборудование, строительно-дорожные, мелиоративные и другие аналогичные виды машин, уровни шума могут превышать ПДУ на 10-25 дБА. В частности, при работе строительно-дорожных машин уровни шума составляют 85-92 дБА; карьерных экскаваторов - 91-97 дБА; колесных тракторов - 91-96 дБА; гусеничных тракторов - 95-103 дБА.

Таким образом, в различных отраслях промышленности, сельского хозяйства и на транспорте работающие подвергаются шумовому воздействию, способному оказывать негативное влияние на здоровье - приводить к развитию у них преждевременного утомления, снижению производительности труда, росту общей и профессиональной заболеваемости, травматизма.

**Действие шума на организм человека и его нормирование**

Звук с уровнем звукового давления менее некоторой величины, называемой порогом слышимости, не воспринимается человеком. Порог слышимости у каждого человека различен и зависит от возраста, состояния слуха, утомления, индивидуальных особенностей организма, а также от частоты звука (на низких и очень высоких частотах он повышается). На низких частотах чувствительность слуха ниже, чем на высоких.

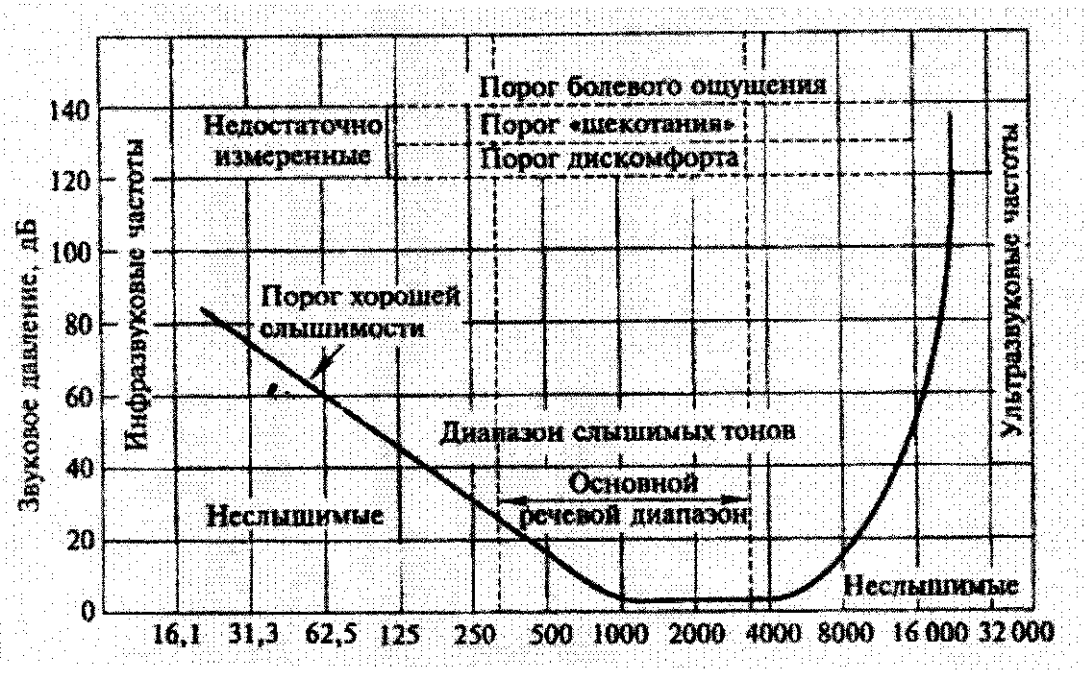



Рис. 1 Слуховой диапазон человека

Различают пять ступеней действия шума на человека в зависимости от уровня звукового давления. Если уровень звукового давления ниже порога слышимости, что соответствует полной тишине (первая ступень действия шума), то человек ощущает психологический дискомфорт. Он невольно прислушивается к шуму своего дыхания, процесса пищеварения и т.п. В природе такие условия практически не встречаются. Обычно человека окружает нормальный, привычный для него шумовой фон (вторая ступень действия шума) с уровнями звукового давления на средних частотах 15 - 35 дБ. Такой шум необходим для нормальной жизнедеятельности.

При увеличении уровня звукового давления до 40 - 70 дБ наступает третья, психологическая, область действия шума. Этот шум, особенно если он не контролируем и несет определенную информацию, оказывает раздражающее действие, не изменяя функции слуха и не мешая восприятию полезных сигналов. Он может снизить производительность умственного труда, ухудшить самочувствие. Примерами такого шума являются мешающая музыка или разговор, шум санитарно - технического или инженерного оборудования зданий и т.д.

Уровни звуковых давлений 75 - 120 дБ (четвертая область действия шума), характерные для производительных и транспортных шумов, оказывает неблагоприятное физиологическое воздействие. В этом случае значительно раньше, чем поражается орган слуха, страдают центральная нервная система (ее вегетативная область) и сердечнососудистая система. Работники, подвергающиеся воздействию такого шума, часто жалуются на раздражительность, головные боли, снижение внимания и памяти, сонливость, повышенную утомляемость, нарушение сна, иногда - на головокружение. Они чаще болеют гипертонией или гипотонией, язвенной болезнью, колитами и гастритами, неврозами. У них чаще и скорее развивается профессиональная тугоухость.

Постоянный шум с уровнями звукового давления более 120 дБ, а также импульсный шум с уровнями, превышающими 150 дБ при длительности воздействия 100мс и 160дБ при длительности воздействия 5 мс, могут привести к акустической травме в виде значительного понижения слуха (пятая ступень действия шума). При постоянном шуме с уровнями 170 дБ и выше и импульсном шуме с уровнями 180 дБ и выше может наступить контузия или даже смерть.

Одновременное воздействие наряду с шумом других вредных факторов (вибраций, запыленности и загазованности воздуха, плохой освещенности и т. п.) усугубляет неблагоприятное влияние шума на человека.

Вредность шума как фактора производственной среды обитания человека приводит к необходимости ограничивать его уровни. Санитарные уровни шума нормируют двумя способами: методом предельных спектров (ПС) и методом уровня звука.

**Метод предельных спектров**, применяемый для нормирования постоянного шума, предусматривает ограничение уровней зву-

кового давления в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц. Совокупность этих предельных октавных уровней называют предельным спектром. Обозначают тот или иной предельный спектр уровнем его звукового давления на частоте 1000 Гц. Например, «ПС - 80» означает, что данный предельный спектр имеет на частоте 1000 Гц уровень звукового давления 80дб.

**Метод уровней звука** применяют для нормирования непостоянного шума, например, внешнего шума транспортных средств, городского шума. При этом методе измеряют скорректированный по частоте общий уровень звукового давления во всем диапазоне частот, соответствующем перечисленным выше октавным полосам. Измеренный таким образом уровень звука позволяет характеризовать величину шума не восьмью цифрами уровней звукового давления, как в методе предельных спектров, а одной. Измеряют уровень звука в децибелах А (дб А) шумомером со стандартной корректированной частотной характеристикой, в котором при помощи соответствующих фильтров снижена чувствительность на низких частотах.

Непостоянный шум характеризует эквивалентным (по энергии) уровнем звука, т.е. уровнем звука постоянного широкополосного неимпульсного шума, оказывающего такое же воздействие на человека, как и данный непостоянный шум. Для определения эквивалентного уровня звука $L_{Аэкв}$ нужно измерить в различные моменты времени $t$ уровень звука $L_A$ и определить эквивалентный уровень по формуле

$$L_{Аэкв} = 10lg\frac{1}{T}\int_0^n 10^{0,1lgL_A}dt, \qquad (8)$$

где $T$ - период усреднения (в производственных условиях обычно 30 мин, замеры проводятся через каждые 5 - 6 с).

Для тонального шума, поскольку он более неприятен для человека, чем широкополосной, допустимые уровни уменьшают на 5дБ.

Зоны с уровнем звука выше 85 дБ А обозначают знаками безопасности. Работающих в этих зонах администрация обязана обеспечить средствами индивидуальной защиты. Недопустимо даже кратковременное пребывание в зонах с уровнями звукового давления более 135 дБ в любой октавной полосе.

На предприятиях, в организациях и учреждениях производят систематический контроль уровней шума на рабочих местах и ус-

танавливают правила безопасной работы в шумных условиях.

Работники, связанные с безопасностью движения поездов, прежде всего машинисты и помощники машинистов, должны обладать хорошей остротой и устойчивостью функций слуха.

**Источники шума и шумовые характеристики**

Шум по происхождению подразделяется на механический, аэродинамический, гидродинамический и электромагнитный.

Источниками ***механического шума*** являются механические вибрации.

Источниками ***аэродинамического шума*** могут быть нестационарные явления при течении газов и жидкостей. Меры борьбы с аэродинамическим шумом в источнике его возникновения состоят, прежде всего, в правильном выборе параметров установок. Например, снизив скорость движения воздуха в воздуховодах и воздухонагревателях вентиляционной установки, можно уменьшить давление, развиваемое вентилятором, и его шум. Поэтому снижение скорости целесообразно применять в комплексе с глушителями, устанавливаемыми в воздуховодах. Способ снижения шума выбирают на основе технико-экономического расчета.

При проектировании установки необходимо предусматривать аэродинамический контур таким образом, чтобы течение газа в нем было как можно более плавным, с минимальными гидравлическими потерями из-за образования вихрей.

В гидродинамических установках (насосы, турбины) следует избегать возникновения кавитации, вызывающей **гидродинамический шум.**

Возможно также снижение субъективного воздействия шума за счет сдвига частотного спектра либо в область низких частот, либо в неслышимую ультразвуковую область.

Источниками **электромагнитного шума** являются механические колебания электротехнических устройств, возбуждаемые переменными магнитными и электрическими полями. К методам борьбы с этим шумом относят: применение ферромагнитных материалов; уменьшение плотности магнитных потоков в электрических машинах за счет надлежащего выбора их параметров; хорошую затяжку пакетов пластин в сердечниках трансформаторов, дросселей, якорей двигателей и т.п.; косые пазы для обмоток в статорах и роторах машин, уменьшающие импульсы сил взаимодействия обмоток и растягивающие эти импульсы во времени.

Чрезвычайно эффективным методом снижения шума в источнике его возникновения в ряде случаев может явиться изменение технологии.

Расчет ожидаемой шумовой характеристики является необходимой составной частью конструирования машины или транспортного средства.

Предельно допустимые характеристики (т. е. максимальный уровень звука внешнего шума при движении мимо точки измерений) некоторых источников шума приведены в таблице 1.

Таблица 1 Предельно допустимые характеристики источников шума

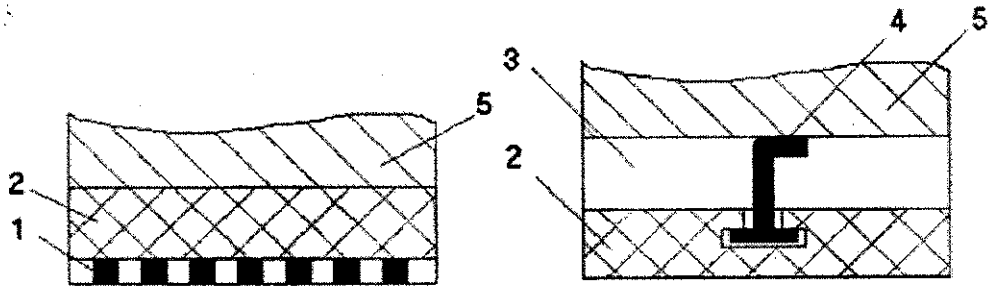
| Вид транспортного средства | Режим движения | Величина опорного радиуса, м | Допустимый уровень звука, дБ А |
|---|---|---|---|
| Грузовые автомобили с массой до 3,5 т | Вторая передача, скорость движения в начале измерительного участка $^3/_4$ максимальной или 50 км/ч (берется наименьшая), режим максимального газа | 7,5 | 85 |
| То же с массой от 3,5 до 12 т | | 7,5 | 89 |
| Легковые автомобили | | 7,5 | 84 |
| Магистральные тепловозы | Скорость $^2/_3$ конструкционной | 25 | 84 |
| Маневровые тепловозы | | 25 | 78 |

Шумовыми характеристиками движущихся поездов являются эквивалентные уровни звука в децибелах А на расстоянии 7,5 м от оси колеи, ближней к расчетной точке.

## Звукопоглощение

Процесс поглощения звуковой энергии преградой происходит вследствие преобразования механической энергии, переносимой частицами воздуха, в тепловую за счет потерь на трение в порах материала. Поэтому в целях звукопоглощения применяют пористые (поры должны быть открыты со стороны падения звука и соединяться между собой) и рыхлые волокнистые материалы (войлок, минеральная вата, пробка и т.д.). Звукопоглощающие материалы или конструкции из них укрепляются на ограждающих конструкциях помещения без воздушного зазора или на некотором расстоя-

нии от них (рис. 2). Тип конструкции, вид и толщина материала, а также величина воздушного промежутка зависят от частоты звука, на которую рассчитывается конструкция.




а - устанавливаемые вплотную к ограждению; б - устанавливаемые с воздушным промежутком. 1 - защитный перфорированный лист; 2 - звукопоглощающий материал; 3 - воздушный промежуток; 4 - элемент крепления конструкции; 5 - стена или потолок

Рис. 2. Конструкция звукопоглощающих облицовок:

Основные параметры некоторых типов звукопоглощающих конструкций приведены в табл. 2.

Таблица 2 Коэффициенты звукопоглощения *а* звукопоглощающих конструкций

| Звукопоглощающий материал и конструкция | Октавные полосы частот, Гц | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Акустическая плита из минеральной ваты на синтетическом связующем, укрепленная вплотную к ограждению (толщина 20 мм) | 0,1 | 0,17 | 0,68 | 0,98 | 0,86 | 0,45 |
| То же, но укрепленная с воздушным промежутком 50 мм | 0,05 | 0,42 | 0,98 | 0,90 | 0,79 | 0,45 |
| Перлитовая акустическая плита, укрепленная вплотную к ограждению (30 мм) | 0,05 | 0,33 | 0,60 | 0,88 | 0,58 | 0,70 |
| То же, но укрепленная с воздушным промежутком 50 мм | 0,15 | 0,68 | 0,79 | 0,61 | 0,60 | 0,63 |
| Плита на основе гранул минеральной ваты на крахмальном связующем «Акмигран», укрепленная вплотную к ограждению (толщина 20 мм) | 0,04 | 0,20 | 0,59 | 1,00 | 0,93 | 0,81 |
| То же, но укрепленная с воздушным промежутком 50 мм | 0,25 | 0,66 | 0,91 | 0,93 | 1,00 | 0,90 |
| То же, но укрепленная с воздушным промежутком 200 мм | 0,75 | 0,87 | 0,70 | 0,87 | 1,00 | 1,00 |

Продолжение табл.2

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Акустическая плита «Вибровулканит», укрепленная вплотную к ограждению (толщина 45 мм) | 0,18 | 0,34 | 093 | 0,98 | 0,85 | 0,97 |
| То же, но укрепленная с воздушным промежутком 50 мм | 0,20 | 0,62 | 0,92 | 0,81 | 0,80 | 0,96 |
| То же, но укрепленная с воздушным промежутком 100 мм | 0,30 | 0,87 | 0,98 | 0,68 | 0,90 | 0,98 |
| Минеральная плита на крахмальном связующем толщиной 10 мм, задрапиро- | 0,31 | 0,94 | 1,00 | 0,77 | 0,66 | 0,72 |
| Плиты минеральные ИА/С, прикрепленные вплотную | 0,05 | 0,10 | 0,60 | 0,80 | 0,85 | 0,80 |

Ожидаемую величину снижения шума в помещении за счет применения звукопоглощающей облицовки определяют по формуле

$$\Delta L = 10 \cdot \lg A_2/A_1 \qquad (9)$$

где $A_1$ - эквивалентная площадь звукопоглощения до акустической обработки помещения;

$A_2$ - эквивалентная площадь звукопоглощения после акустической обработки помещения.

**Расчет снижения уровня шума**

Конкретные значения снижения уровня производственного шума на рабочих местах посредством звукопоглощающих покрытий могут быть определены расчетным способом. Для этого необходимо предварительно принять некоторые исходные данные.

1. По данным измерений, проведенных работниками СЭС, уровни звукового давления в помещении превышают предельно допустимые значения.

Требуется снизить уровень шума до нормы применением звукопоглощающих материалов для потолка по одному из вариантов конструкций (рис. 2).

2. Исходные данные принять по варианту, заданному преподавателем (табл. 3).

3. Согласно варианту выписать название рабочего места, установить номер предельного спектра (он соответствует уровню звукового давления при частоте 1000 Гц), перенести из таблицы 3 значения предельного спектра $L_{РПС}$ в расчетную табл. 4.

Таблица 3 Исходные данные для расчета

| № варианта | № рабочего места (табл.4) | Величины превышения шума $\Delta L_m$ (дБ), соответствующие среднегеометрическим частотам октавных полос, Гц | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 |
| 1 | 1 | 6 | 10 | 14 | 15 | 14 | 13 |
| 2 | 2 | 5 | 9 | 12 | 13 | 12 | 10 |
| 3 | 3б | 4 | 8 | 11 | 12 | 11 | 9 |
| 4 | 3а | 3 | 6 | 10 | 12 | 11 | 8 |
| 5 | 4 | 2 | 4 | 12 | 14 | 13 | 7 |
| 6 | 5 | 1 | 2 | 11 | 13 | 12 | 6 |
| 7 | 7 | 2 | 4 | 6 | 8 | 7 | 5 |
| 8 | 8 | 3 | 5 | 8 | 9 | 8 | 4 |
| 9 | 9 | 4 | 6 | 8 | 10 | 9 | 4 |
| 10 | 10 | 5 | 8 | 10 | 11 | 10 | 3 |

Таблица 4 Допустимые уровни звукового давления в октавных полосах частот и уровни звука на рабочих местах $L_{РПС}$

| Рабочие места | уровни звукового давления, дБ в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц | | | | | | | | Уровни звука, $L_{адоп}$ дБА |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Производственные предприятия | | | | | | | | | |
| 1. Помещения конструкторских бюро, расчетчиков, программистов вычислительных машин, лабораторий для теоретических работ и обработки экспериментальных данных, приема больных в здравпунктах | 71 | 61 | 54 | 49 | 45 | 42 | 40 | 38 | 50 |
| 2. Помещения управления, рабочие комнаты | 79 | 70 | 63 | 58 | 55 | 52 | 50 | 49 | 60 |

Продолжение табл. 4

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3. Кабинеты наблюдений и дистанционного управления: | | | | | | | | | |
| а) без речевой связи по телефону; | 94 | 87 | 82 | 78 | 75 | 73 | 71 | 70 | 80 |
| б) с речевой связью по телефону | 83 | 74 | 68 | 63 | 60 | 57 | 55 | 54 | 65 |
| 4. Помещения и участки точной сборки, машиностроительные бюро | 83 | 74 | 68 | 63 | 60 | 57 | 55 | 54 | 65 |
| 5. Помещения лабораторий для проведения экспериментальных работ, помещения для размещения шумовых агрегатов вычислительных машин | 94 | 87 | 82 | 78 | 75 | 73 | 71 | 70 | 80 |
| 7. Кабины машиниста тепловозов, электровозов, поездов метрополитена | 95 | 87 | 82 | 78 | 75 | 73 | 71 | 69 | 80 |
| 8. Кабины машиниста скоростных и пригородных электропоездов | 91 | 83 | 77 | 73 | 70 | 68 | 66 | 64 | 75 |
| 9. Помещения для персонала вагонов поездов дальнего следования. | 83 | 74 | 68 | 63 | 60 | 57 | 55 | 54 | 65 |
| 10. Служебные помещения багажных и почтовых вагонов, вагонов-ресторанов | 87 | 79 | 72 | 68 | 65 | 63 | 61 | 59 | 70 |

3. Занести в таблицу 4 значения $\Delta L_T$ (из табл. 2) и *У* - уровень шума в помещении до акустической отработки.

4. Для снижения уровня шума до допустимых пределов выполнить акустическую обработку потолка площадью S.

Таблица 4 Расчетная таблица

| Величины | Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 |
| $\alpha_1$ | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,03 |
| $L_{РПС}$, *дБ* | | | | | | |
| $\Delta L_m$, *дБ* | | | | | | |
| $У = L_{РПС} + \Delta L_m$ | | | | | | |
| $\alpha_{2m}$ | | | | | | |
| $\alpha_{2n}$ | | | | | | |
| $\Delta L_n$ | | | | | | |
| $У_n = У - \Delta L_n$ | | | | | | |

Снижение шума помещения в октавной полосе частот после обработки может быть определено по формуле:

$$\Delta L_n = 10 \cdot lg \frac{\alpha_{2n} \cdot S}{\alpha_1 \cdot S} = 10 \cdot lg \frac{\alpha_{2n}}{\alpha_1} \qquad (10)$$

где $\alpha_1$- коэффициент звукопоглощения потолка до обработки звукопоглощающим материалом (см. табл. 4); $\alpha_{2n}$ - коэффициент звукопоглощения потолка после акустической обработки.

5. Требуемая величина коэффициента звукопоглощения определяется по формуле

$$\alpha_{2Т} = 10^{(0,1\Delta L_Т + lg\alpha_1)} \qquad (11)$$

6. Из таблицы 2 подобрать звукопоглощающий материал, который по своему коэффициенту звукопоглощения $\alpha_{2n}$ соответствовал бы $\alpha_{2Т}$ во всех октавных полосах частот, т.е. $\alpha_{2n} > \alpha_{2Т}$ .

7. По формуле (10) определить фактическое снижение уровня шума после акустической обработки, $\Delta L_П$ и определить уровень шума $У_П$ после акустической обработки.

9. Решение задачи представить графически, подобно рис. 3.

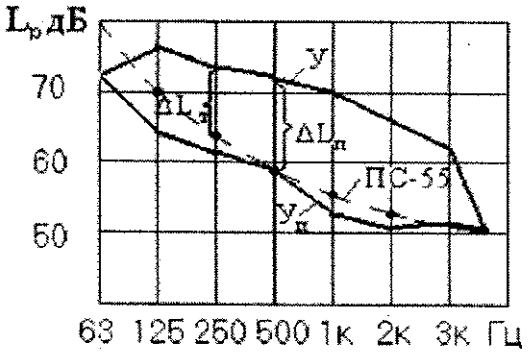



Рис. 3. Оценка спектра шума в помещении: ПС-55 - предельный спектр; $У$ - уровень шума в помещении до акустической обработки; $У_П$ - то же после акустической обработки

10. Сделать выводы.

## Контрольные вопросы

1. Основные физические параметры, характеризующие шум, и их единицы измерения.

2. Что называется шумом?

3. Диапазон колебаний звуковых волн, воспринимаемый органом слуха человека.

4. Что называется инфразвуком?

5. Что называется ультразвуком?

6. Какой шум называется постоянным?

7. Как подразделяется непостоянный шум?

8. Что называется спектром шума?

9. Каким может быть спектр шума?

10. Какой шум называется тональным ?

11. Пять ступеней действия шума на организм человека.

12. Методы нормирования шума.

13. Как подразделяется шум по происхождению?

14. Что называется звукоизоляцией?

15. Мероприятия по снижению шума в производственных помещениях.

## Список рекомендуемой литературы

1. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности-. М.: Высшая школа, 2008.

2. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств (Охрана труда): Учеб. пособие для вузов /П.П. Кукин, В.Л. Лапин, Е.А. Подгорных и др. - М.: Высшая школа, 1999.

3 Воздействие на организм человека опасных и производственных факторов. Медико-биологические и метеорологические аспекты. Т1. М.: ИПК Издательство стандартов. 2004. 456с.