**Лабораторная работа 7  
 ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ШУМА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ЗАЩИТЕ ОТ НЕГО**

Цель работы: исследование параметров производственного шума на соответствие требованиям санитарных норм и изучение основных принципов по эффективной защите от шума.

**7.1. Общие сведения**

Мешающий или нежелательный для человека звук, или шум является вредным фактором, влияющим как на органы слуха человека, что вызывает шумовую болезнь, так и на нервную и сердечно-сосудистую системы, что вызывает другие, неспецифические для человека виды болезней. Шум является одним из видов загрязнения окружающей среды. Ограничению его вредного воздействия служит санитарное нормирование шума - установление допустимых его параметров в месте обитания человека. Нормируемыми параметрами шума по ГОСТ 12.1.003-83\* и СН 2.2.4/2.1.8.562-96 являются уровень звукового давления и уровень звука.

Уровнем звукового давления , дБ, называется величина, определяемая выражением

где - пороговая величина звукового давления, равная Па (порог слышимости на частоте 1000 Гц).

Допустимые значения уровней звукового давления устанавливаются для частотного интервала, который называется октавой. Октава - это частотный интервал, в котором верхняя и нижняя граничные частоты отличаются в два раза . Определяющей для этих частотных интервалов является среднегеометрическая частота .

Как правило, допустимые уровни представляют в виде кривых, называемых предельными спектрами (ПС). Предельный спектр получает номер по числу децибел, которые допускаются в октавной полосе со среднегеометрической частотой 1000 Гц (рис. 6.1). В зависимости от вида жизнедеятельно-

сти предельные спектры могут быть от ПС-25 (сон человека или палаты больных) до ПС-75 (работа на шумном производстве). Для того чтобы определить, удовлетворяет ли шум нормативным требованиям, нужно снять спектрограмму шума в октавных полосах и сравнить с допустимым ПС.

![](data:application/octet-stream;base64,)

Рис. 6.1. Семейство нормировочных кривых шума (ПС)  
В качестве характеристики постоянного широкополосного шума принимается уровень звука , дБ , измеренный на временно́й характеристике "медленно" шумомера, а непостоянного шума эквивалентный (по энергии) уровень звука, , определяемые, соответственно, по формулам:

где - среднеквадратическое значение звукового давления с учётом коррекции " " шумомера.

Уровень звука является корректированным уровнем звукового давления, измеряемым шумомером с помощью характеристики " ", в которой снижена чувствительность на низких частотах, так же, как и человеческого уха. С помощью коррекции " " осуществляется ослабление звуковых сигналов, соответствующее следующим частотным характеристикам:

Уровень звука позволяет ориентировочно оценить, соответствует ли шум допустимым уровням или нет, не производя спектрального анализа данного шума. Предельному спектру ПС-45 соответствует допустимый уровень звука 50 дБ , предельному спектру ПС-75 - 80 дБ .

Доза шума Д, Па (допустимая доза для человека за 8 ч работы составляет 1 Па ) - интегральная величина, учитывающая акустическую энергию, воздействующую на человека за определённый период времени :

где - текущее значении среднеквадратического звукового давления с учётом коррекции " " шумомера.

Структурная схема шумомера (рис. 7.2), как правило, включает в себя микрофон 1 , преобразующий звуковые колебания в электрические, которые усиливаются усилителем 2. Прибор должен работать в широком динамическом диапазоне. Чтобы обеспечить достаточное усиление самых слабых сигналов и избежать перегрузки при прохождении наиболее интенсивных, шумомер снабжен аттенюаторами (делителями) 4, позволяющими переключать усиление шумомера ступенями по 10 дБ. Считывание показаний прибора производится сложением показаний аттенюаторов и стрелочного прибора шумомера 6.

![](data:application/octet-stream;base64,)

Рис. 7.2. Структурная схема шумомера:  
1 - микрофон; 2 - предварительный усилитель; 3 - корректирующие цепи;  
4 - аттенюатор; 5 - усилитель; 6- показывающий прибор

Шумомер имеет четыре частотные характеристики и линейную, которые создаются корректирующими цепями 3. Линейная характеристика используется при подключении к шумомеру набора фильтров для определения распределения уровней звуковых давлений по частотам. Характеристика " " шумомера предназначена для измерений уровней звука по шкале (дБА).

Снижение шума на рабочем месте до соответствующего требованиям нормативных документов может быть обеспечено различными путями.

Наиболее эффективным является снижение шума в самом источнике шумообразования. Общими рекомендациями по ограничению шума в источнике являются разнесение частот собственных колебаний деталей от частот возмущающих сил; замена металлических деталей деталями из пластмасс; установка гибких связей (упругих прокладок, пружин) между деталями и узлами агрегата, возбуждающими вибрации; демпфирование вибраций соударяющихся деталей путём сочленения их с материалами, имеющими большое внутреннее трение (резина, пробка, асбест).

Другим способом борьбы с шумом является звукопоглощение.  
Звукопоглощение. Звукопоглощающие материалы и конструкции служат для поглощения звука как в объёме, где расположен источник звука, так и в соседних объёмах. В качестве звукопоглощающих материалов, как правило, используются материалы, в которых происходит процесс перехода звуковой энергии в тепловую. Чаще всего в качестве звукопоглощающих материалов применяются пористые материалы (например, маты из супертонкого стекловолокна, базальтового волокна, плиты "Акмигран"). Падающие звуковые волны вызывают колебания воздуха в порах вещества. Вследствие вязкости воздуха колебания его в таких порах сопровождаются трением и кинетическая энергия колеблющегося воздуха переходит в тепловую.

Звукопоглощающие конструкции характеризуют коэффициентом звукопоглощения , который равен отношению энергии поглощенной к энергии падающей. Он зависит от частоты звуковой волны и от угла её падения. Поэтому звукопоглощающие конструкции принято характеризовать частотной характеристикой так называемого диффузного (реверберационного) коэффициента звукопоглощения. Последний получается усреднением коэффициентов звукопоглощения по разнообразным углам падения.

Увеличение толщины материала приводит к увеличению коэффициента звукопоглощения на более низких частотах. Объясняется это тем, что для звукопоглощения важна не абсолютная длина пути звука в материале , а длина пути по отношению к длине звуковой волны . При увеличении толщины звукопоглощающего материала понижается частота, на которой сохраняется то же отношение .

Снижение шума в зоне прямого звука в области средних частот (от 100 до 800 Гц) не превышает 4...5 дБ, в зоне отражённого звука это значение составляет дБ. При необходимости снижения шума на большую величину звукопоглощающие облицовки следует применять совместно с другими мероприятиями по шумоглушению.

Звукоизоляция. Для звукоизоляции применяют твёрдые материалы, рассчитанные на то, чтобы не пропустить звук из одного объёма в другой за счёт отражения звука. Простейшим видом звукоизолирующего ограждения является однородная стена (перегородка), разделяющая два помещения с различным шумом.

Собственная звукоизоляция, или звукоизолирующая способность стены , дБ, определяется соотношением

где - коэффициент звукопроводности, равный отношению энергии, прошедшей через стену, к энергии падающей.

Для снижения шума машины могут быть использованы звукоизолирующие кожухи на шумный узел или на всю машину в целом. Эффективность кожуха (фактическая звукоизоляция) оценивается разностью уровней звуковых давлений, создаваемых в помещении до и после устройства кожуха.

Фактическая звукоизоляция кожуха , дБ, изготовленного из одного звукоизоляционного материала (металла, дерева, твёрдых пластмасс) и покрытого изнутри звукопоглощающим материалом, имеющим один и тот же диффузный коэффициент звукопоглощения для всей внутренней поверхности, определяется соотношением

при , поэтому эффект звукоизоляции полностью реализуется.

Поскольку обычно . Физически это объясняется тем, что при заключении машин в кожух за счёт многократных отражений от стенок кожуха уровни звукового давления возрастают.

Наличие щелей и отверстий звукоизоляцию существенно ухудшает. В лабораторной работе предлагается исследовать перегородку со щелями.

Акустическое экранирование. Акустический экран - это преграда ограниченных размеров с определённой звукоизолирующей способностью, устанавливаемая между источником шума и защищаемым от шума местом.

При распространении прямого звука от источника шума за экраном возникает звуковая тень, то есть снижение уровней звукового давления. Экраны наиболее эффективны для снижения шума высоких и средних частот и плохо снижают низкочастотный шум, который легко огибает экраны за счёт эффекта дифракции. Снижение уровня звукового давления прямого звука в расчётной точке, расположенной за экраном, называется акустической эффективностью экрана.

Акустические экраны целесообразно применять, когда в рассматриваемой точке уровень звукового давления прямого звука существенно выше, чем уровни звукового давления, создаваемого в той же точке отражённым звуком.

Экраны обычно изготовляются из оргстекла, стальных или алюминиевых листов толщиной мм. Эффективность экрана зависит от его геометрических размеров, частоты звука, взаимного расположения источника, экрана и точки измерения. В помещениях, где вклад отражённых сигналов велик, применение акустических экранов малоэффективно. В этом случае они должны применяться совместно с акустической обработкой помещения.

Эффективность любого мероприятия по шумоглушению , дБ, определяется как

где - уровень звукового давления в рабочей зоне до проведения мероприятия по шумоглушению; - уровень звукового давления в рабочей зоне после проведения мероприятий по шумоглушению.

Работа проводится на лабораторном стенде, внешний вид которого представлен на рис. 7.3. Он состоит из звукоизолирующего бокса с микрофоном и источником шума, шумомера и набора средств защиты от шума.

![](data:application/octet-stream;base64,)

В качестве средств защиты используются звукоизолирующий кожух; звукоизолирующий кожух, облицованный звукопоглощающим материалом; набор акустических экранов и перегородок.

**7.2. Содержание и порядок выполнения работы**

В работе предлагается исследовать параметры шума на рабочем месте (внутри бокса) при отсутствии и при наличии мероприятий по шумоглушению и определить частотные зависимости эффективности этих мероприятий.

Заготовьте таблицу записи и обработки результатов по форме табл. 7.1.  
Таблица 7.1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Условия опыта и необходимые для обработки результаты | Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц | | | | | | | | | | Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1 | Шумовой фон |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 | Источник шума без средств защиты |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 | Предельно допустимые уровни звукового давления и уровень  звука |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 4 | Превышение над предельно допустимым уровнем звукового давления и над уровнем звука |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 5 | Источник шума в кожухе без звукопоглотителя |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 6 | То же в кожухе со звукопоглотителем |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 7 | Источник шума с экраном №1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 8 | То же с экраном №2 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 9 | Эффективность кожуха без звукопоглотителя |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 10 | То же со звукопоглотителем |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 11 | Эффективность экрана №1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 12 | То же экрана №2 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 13 | Превышение над предельно допустимым уровнем звукового давления и уровнем звука по пп. 5 - 8 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

**Исследование зависимости параметров шумовой помехи**

Включите шумомер. Ознакомьтесь с его работой и порядком измерений. Не включая источник шума, снимите распределение уровней звукового давления от частоты и уровень звука шумовой помехи (проникающих помех) на рабочем месте. Измерение повторите три раза. Вычислите среднее значение в каждой октавной полосе. Сделайте вывод о характере шума (низко-, средне- или высокочастотный).

**Исследование зависимости параметров шума от частотьь**

1. Включите источник шума. Измерьте уровни звуковых давлений в октавных полосах со среднегеометрическими частотами ; и 8000 Гц и уровень звука. Каждое измерение произведите не менее трёх раз. Определите в каждой октавной полосе среднее измеренное значение и среднее значение параметров шума источника с учётом поправки на шумовой фон, используя следующие данные:

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Разность двух вычитаемых источников, дБ (дБА) | 10 | 6-9 | 5-4 | 3 | 2 | 1 |
| Поправка к более высокому уровню ( ), дБ (дБА) | 0 | -1 | -2 | -3 | -5 | -7 |

1. Оцените погрешность измерений (методика оценки погрешности приведена на лабораторном стенде).
2. Сравните параметры шума на рабочем месте с предельным спектром, указанным преподавателем, и определите, нужна ли дополнительная защита.

**Исследование средств защиты от шума**

1. Если требуется дополнительная защита, заключите источник шума в звукоизолирующий кожух и включите его. Измерьте уровни звуковых давлений в октавных полосах со среднегеометрическими частотами ; и 8000 Гц и уровень звука. Снимите кожух при включённом источнике шума и субъективно (на слух) оцените эффективность его защиты. Сопоставьте результаты измерений с полученными при исследовании параметров шума без средств защиты, определите эффективность исследованного средства защиты и объясните принцип его работы.
2. Заключите источник шума в звукоизолирующий кожух со звукопоглотителем и проведите измерения, аналогичные указанным в п. 1. Определите эффективность звукоизолирующего кожуха со звукопоглотителем. Объясните, почему на высоких частотах эффективность звукоизолирующего кожуха со звукопоглотителем выше, чем без звукопоглотителя.
3. Снимите с источника шума кожух. Установите между источником шума и микрофоном экран или перегородку (по указанию преподавателя). Произведите измерения, аналогичные указанным в п. 1. Из сопоставлений результатов измерений с допустимыми сделайте вывод о соответствии измеренных параметров допустимым. Определите эффективность акустического экрана. Объясните физические принципы действия акустического экрана и перегородки.
4. Выберите средства защиты, обеспечивающие параметры шума на рабочем месте, не превышающие предельный спектр, номер которого указывается преподавателем. Если параметры шума от одного средства защиты не удовлетворяют требованиям указанного ПС, проведите исследования с двумя средствами защиты (например, экран + кожух).

**7.3. Содержание отчёта**

В отчёте должны содержаться следующие данные:

* цель работы;
* описание основных исследуемых физических величин, видов воздействия шума на человека, принципов защиты от шума;
* перечень проведённых измерений с результатами в табличной и в графической формах (зависимости измеренных уровней звукового давления от частоты источника шума без средств защиты и при наличии кожухов и экранов как с учётом, так и без учёта шумового фона);
* графики зависимостей эффективности исследованных средств защиты от частоты;
* оценка погрешности результатов измерений и расчётов;
* подробные выводы (объёмом не менее одной страницы) по результатам работы, включая анализ эффективности средств шумоглушения на разных частотах и соответствия уровней звукового давления и уровней звука на рабочем месте предельно допустимым.

**7.4. Контрольные вопросы**

1. Какая величина называется уровнем звукового давления?
2. Каково устройство шумомера?
3. По каким параметрам нормируется шум?
4. Чем эффект звукоизоляции отличается от звукопоглощения?