

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

Исследование октавных уровней звукового давления в производственном помещении

Цель работы:

- а) ознакомление студентов с физической сущностью средств защиты от шума, нормативными требованиями к производственным шумам;
 - б) освоение методики исследований параметров производственного шума на рабочих местах;
 - в) оценка октавных уровней звукового давления в производственном помещении
- Продолжительность лабораторной работы - 4 часа.

1. КРАТКАЯ ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1.1. Физические характеристики производственного шума

Шум – это совокупность звуков различной силы и частоты, беспорядочно изменяющихся во времени и вызывающих неприятные субъективные ощущения.

Независимо от происхождения шум характеризуется следующими параметрами:

частотой f , Гц;

звуковым давлением p , Па;

интенсивностью I , Вт/м²;

акустической мощностью источника звука W , Вт и др.

Звуковое давление – это разность между мгновенным значением полного давления и средним давлением в невозмущенной среде.

Интенсивность звука I (Вт/м²) – это количество энергии, проходящее в единицу времени через единицу поверхности, перпендикулярной к направлению распространения звуковой волны.

Непосредственно измерить интенсивность звука трудно, но, зная величину звукового давления, можно определить по формуле

$$I = \frac{P^2}{\rho \cdot c} \quad (1)$$

Звуковой (акустической) мощностью P (Вт) источника звука называют общую звуковую энергию, излучаемую им в единицу времени. Она определяется потоком интенсивности звука через замкнутую поверхность площадью S , окружающую источник звука.

Так как в соответствии с законом Вебера-Фехнера чувствительность слухового аппарата человека пропорциональна логарифму количеству энергии раздражителя, то принято характеризовать звуковое давление и интенсивность звука их логарифмическими значениями.

$$\text{Уровень интенсивности звука} - L_I = 10 \lg(I/I_0), \quad (2)$$

где I – интенсивность звука, Вт/м²;
 I_0 – пороговое значение интенсивности, соответствующее порогу слышимости, равному 10^{-12} Вт/м² при частоте 1000 Гц.

$$\text{Уровень звукового давления} - L_p = 20 \lg(p/p_0), \quad (3)$$

где p – звуковое давление, Па;
 p_0 – пороговое звуковое давление, равное $2 \cdot 10^{-5}$ Па при частоте 1000 Гц.

Важной характеристикой, определяющей распространение и воздействие шума на человека, является его частота. Ухо человека может воспринимать как слышимые только те акустические колебания, частоты которых находятся в пределах 16 Гц...20 кГц. Весь диапазон звуковых частот разбит на *октавные полосы частот*, где отношение верхней граничной частоты к нижней граничной частоте равно 2, т.е. $f_v/f_n = 2$.

Октавная полоса характеризуется среднегеометрической частотой

$$f_{сг} = \sqrt{f_v \cdot f_n}. \quad (4)$$

Поскольку шум представляет собой сложный колебательный процесс, необходим его частотный анализ.

Совокупность составляющих звукового давления, полученных при частотном анализе, называется **спектром шума**. Частотный анализ шума осуществляется при помощи электрических фильтров, включаемых в измерительный тракт шумомера.

1.2. Гигиеническое нормирование производственного шума

Целью нормирования шума на рабочих местах (гигиенического нормирования) является установление научно обоснованных предельно

допустимых величин шума, которые при ежедневном систематическом воздействии в течение всего рабочего дня и в течение многих лет не вызывают существенных заболеваний организма человека и не мешают его нормальной трудовой деятельности.

При нормировании шумовых характеристик рабочих мест регламентируется общий шум на рабочем месте независимо от числа источников шума в помещениях и характеристик каждого источника в отдельности.

Гигиеническое нормирование уровней шума осуществляется в соответствии с ГОСТ 12.1.003-2014 и Санитарными нормами СанПиН 1.2.3685 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

При нормировании шума используют два метода: нормирование по предельному спектру шума; нормирование уровня звука в дБА.

Метод нормирования по предельному спектру является основным для постоянных шумов. По этому методу нормируемой характеристикой шума на рабочих местах являются уровни звукового давления в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц, определяемые в зависимости от вида производственной деятельности.

Для ориентировочной оценки в качестве характеристики постоянного широкополосного шума на рабочих местах допускается принимать **уровень звука (дБА)**, определяемый по шкале А шумомера с коррекцией низкочастотной составляющей по закону чувствительности органов слуха и приближением результатов объективных измерений к субъективному восприятию.

Уровень звука в дБА связан с предельным спектром следующей зависимостью:

$$L_A = PС + 5.$$

Нормируемой характеристикой непостоянного шума является эквивалентный по энергии уровень звука (дБА).

1.3. Методы защиты от шума

Средства защиты от шума подразделяются на средства коллективной защиты и индивидуальной защиты (СИЗ).

Коллективные средства защиты включают в себя: архитектурно-планировочные, акустические и организационно-технические мероприятия.

В данной лабораторной работе исследуются только два метода защиты от шума: звукоизоляция и акустическая обработка производственного помещения (звукопоглощение), а также их комбинация. Эти методы являются пассивными, так как не влияют на акустические характеристики источников шума.

1.3.1. Звукоизолирующая преграда

Физическая сущность звукоизоляции обусловлена как отражением потока звуковой энергии от преграды, так и поглощением звуковой энергии в этой преграде.

Звукоизолирующая способность преграды (*коэффициент звукоизоляции*) τ равна отношению интенсивностей звука в прошедших через преграду звуковых волнах к интенсивности звука в волнах, падающих на преграду.

$$\tau = \frac{I_{\text{прош}}}{I_{\text{над}}} \quad (5)$$

Звукоизоляция R (дБ) ограждения определяется по формуле

$$R = 10 \lg \frac{1}{\tau} \quad (6)$$

Эта формула справедлива только в тех случаях, когда с обеих сторон звукоизолирующей преграды находятся два помещения одинакового размера.

В случае раздела строительной конструкцией двух различных помещений, звукоизоляция может быть определена по формуле:

$$R = L_1 - L_2 + 10 \lg(S/A_2), \quad (7)$$

где

- L_1 - уровень звукового давления в помещении с источником шума;
- L_2 - уровень звукового давления в звукоизолируемом помещении;
- S - площадь конструкции, разделяющей помещения;
- A_2 - эквивалентная площадь звукопоглощения в изолируемом помещении.

Требуемая величина звукоизоляции ограждающей конструкции в октавной полосе частот при проникновении шума из одного помещения в другое определяется по формуле:

$$R = L_i - 10 \lg B + 10 \lg S_i - L_{\text{дон}} + 10 \lg n, \quad (8)$$

где

- L_i - октавный уровень звукового давления в помещении с источником шума;
- $L_{\text{дон}}$ - допустимый уровень звукового давления в защищаемом помещении;
- S_i - площадь ограждающей конструкции, через которую проникает шум в защищаемое помещение;
- B - постоянная помещения, защищаемого от шума, м^2 ;
- n - общее количество ограждающих конструкций.

Звукоизоляция зависит в первую очередь от плотности применяемого в конструкции материала ρ , его модуля упругости E и коэффициента внутренних потерь η . Основными звукоизолирующими материалами являются: алюминиевые сплавы, асбокартон, базальтовый картон, бетон, гетинакс, органическое стекло, ПВХ линолеум, пробковые плиты, твердая резина, силикатное стекло, сталь и др.

В конструкционном плане различают однослойные и многослойные звукоизолирующие конструкции. Звукоизоляция многослойных ограждений, как правило, бывает более высокой, чем звукоизоляция однослойных ограждений той же массы. Широкое распространение находят двойные ограждения с воздушным промежутком, заполненным звукопоглощающим материалом.

Звукоизоляция однослойного ограждения может быть определена по формуле

$$R = 20 \lg(m_0 \cdot f) - 47,5, \quad (9)$$

где m_n - поверхностная плотность (масса 1 м^2 ограждения), кг/м^2 ;
 f - частота звука, Гц.

Отсюда видно, что в диапазоне частот, в котором справедлив закон массы, значение звукоизоляции зависит только от массы и частоты, увеличиваясь при каждом удвоении этих параметров на 6 дБ. Необходимо отметить, что эта формула применима не во всем диапазоне частот, поскольку в ней не учитывается влияние жесткости и размеров ограждения.

1.3.2. Звукоизолирующий кожух

Звукоизолирующий кожух машины представляет собой замкнутую оболочку, внутри которой размещается источник шума. Идеальным конструктивным решением кожуха является то решение, при котором обеспечивается полная герметичность. В этом случае требуемая звукоизоляция стенок $R_{к.тр}$ может быть определена по эмпирической формуле:

$$R_{к.тр.} = \Delta L_{эф.тр.} + 10 \cdot \lg \left(\frac{S_k}{S_{ист}} \right), \quad (10)$$

где

$\Delta L_{эф.тр.}$ - требуемая величина снижения уровня звукового давления кожухом в расчетной точке с источником шума, дБ;

S_k - площадь поверхности кожуха;

$S_{ист}$ - площадь воображаемой поверхности, вплотную окружающей источник, м^2 .

Выбор конструктивного решения кожуха определяется рядом факторов: наличием свободного места сверху или сбоку от машины, необходимостью доступа к отдельным узлам или машине в целом, возможностью снижения шума путем звукоизоляции отдельных узлов и др.

Конструкция кожуха должна обеспечить возможность визуального наблюдения оператора за работой машины и показаниями контрольных приборов посредством устройства достаточно больших смотровых окон с соответствующей звукоизоляцией. Оператор должен иметь доступ для регулирования процесса.

Конструкция кожуха должна быть устойчива к действию выделяющихся при работе машины веществ, газов, пыли. Следует учитывать требования пожарной безопасности, используя негорючие материалы.

1.3.3. Звукопоглощающие облицовки

Акустическая облицовка помещений производится для уменьшения интенсивности падающих и отраженных звуковых волн в целях снижения уровня шума в помещении.

Эффект звукопоглощения основан на снижении звуковой энергии вследствие поглощения ее материалами стен, пола, потолка, оборудования помещения, в котором находится источник шума. При падении звуковой волны часть звуковой энергии, проходя через преграду, преобразуется в тепло

Потери энергии характеризуются коэффициентом звукопоглощения α

$$\alpha = \frac{(I_{над} - I_{отр})}{I_{над}} \quad (11)$$

где

$I_{над}$ - интенсивность падающей звуковой волны;

$I_{отр}$ - интенсивность отраженной звуковой волны.

Звук в помещении поглощается не только на поверхностях, но и в воздушном объеме вследствие теплопроводности воздуха и его вязкости. Интенсивность звуковой волны в помещении после каждого отражения и последующего свободного пробега убывает за счет поглощения, умножаясь (в среднем) на множитель

$$(1 - \alpha_0) \exp(-m \cdot r), \quad (12)$$

где

m - постоянная затухания звуковой энергии в воздухе, м⁻¹;

r - средняя длина свободного пробега звуковой волны в помещении

$$r = 4 \cdot \frac{V}{S_{огр}}, \quad (13)$$

где

V - объем помещения;

$S_{огр}$ - площадь ограждающих поверхностей.

Поглощение в воздухе дает большой вклад в полосах частот 4000 и 8000 Гц.

Способностью звукопоглощения обладает любой материал, но наивысшие значения α присущи волокнистым и пористым материалам, которые используют для изготовления звукопоглощающих конструкций (облицовок), устанавливаемых на внутренних поверхностях помещения при его акустической обработке.

Эффективность установки звукопоглощающих облицовок $\Delta L_{обл}$ определяется по формуле

$$\Delta L_{обл} = 10 \lg \left(1 + \frac{\Delta A}{A_1} \right), \quad (14)$$

где

A_1 - Эквивалентная площадь звукопоглощения помещения до проведения акустической обработки, m^2 ;

ΔA - Поправка, учитывающая добавочное звукопоглощение, вносимое при проведении акустической обработки помещения, m^2 .

$$A_1 = \alpha \cdot (S_{огр} - S_{обл}), \quad (15)$$

где

α - Средний коэффициент звукопоглощения материалов стен, потолка, пола помещения (ограждающих поверхностей) общей площадью $S_{огр}$ до проведения акустической обработки, т.е. до установки облицовок общей площадью $S_{обл}$.

$$\Delta A = S_{обл} \cdot \alpha_{iобл}, \quad (16)$$

где

$\alpha_{iобл}$ - коэффициент звукопоглощения облицовки, выбираемый из справочной литературы для каждой из восьми октавных полос.

Акустическую облицовку целесообразно применять в тех помещениях, где до ее применения средний коэффициент звукопоглощения в октавной полосе частот со среднегеометрической частотой 1000 Гц не превышал 0,25, а расчетные точки расположены преимущественно в зоне отраженного поля.

Звукопоглощающие облицовки, как правило, размещают на потолке помещения и на верхних частях стен.

Эффективность применения акустической облицовки в шумных помещениях зависит от акустических характеристик выбранных конструкций, способов и места их размещения, размеров помещения и места расположения расчетных точек.

Так как максимальное снижение шума в зоне отраженного поля (на достаточном удалении от источника шума) при акустической обработке помещений не превышает 8...12 дБ, в производственных помещениях с источниками шума высокой интенсивности звукопоглощающие облицовки и штучные поглотители применяются в сочетании с другими мероприятиями по ограничению шума.

2. СОДЕРЖАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

2.1. Описание лабораторного стенда

Схема лабораторного стенда представлена на рис. 1.

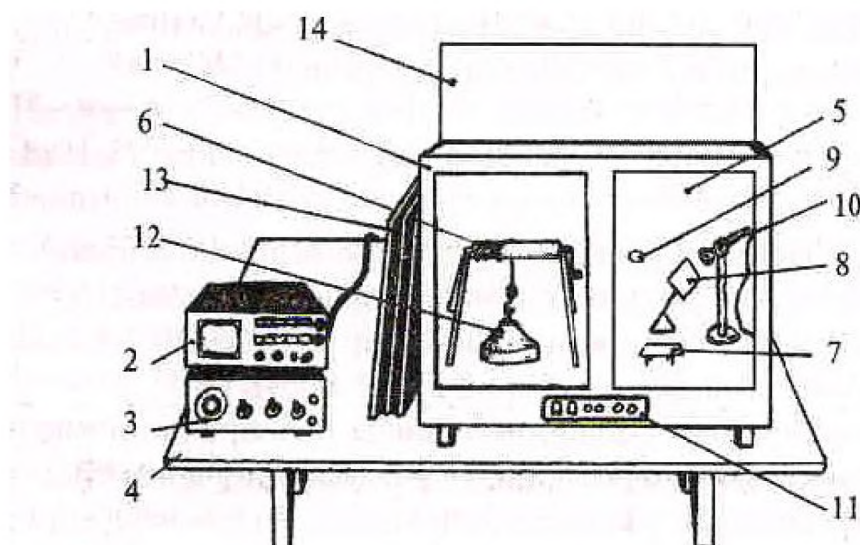


Рис.2.1. Схема лабораторного стенда:

1 – макет производственных помещений; 2 – измеритель шума; 3 – генератор сигналов; 4 – подставка; 5 – смотровое окно; 6 – макет производственного оборудования; 7 – рабочий стол (макет); 8 – кульман; 9 – осветительная лампа; 10 – микрофон шумомера; 11 – панель управления стенда; 12 – звукоизолятор динамика; 13 – сменные звукоизолирующие перегородки; 14 – короб звукопоглощающий

Стенд имеет вид макета производственных помещений, одно из которых имитирует производственный участок, а второе – конструкторское бюро.

Источник шума (громкоговоритель) находится под «полом» левой камеры и защищен решеткой. В левой камере размещены макеты заводского оборудования. В правой камере размещены макеты конструкторского бюро и на подставке устанавливается микрофон 10 из комплекта ВШВ-003. Обе камеры могут накрываться звукопоглощающим коробом. Кроме того, обе камеры снабжены осветительными лампами. Тумблеры для включения ламп находятся на передней стенке стенда.

Передняя стенка стенда имеет два смотровых окна. Внутри на передней и задней стенках имеются направляющие, при помощи которых устанавливается съемная звукоизолирующая перегородка 13, обеспечивающая изоляцию правой и левой камеры друг от друга. Решетка громкоговорителя во время проведения лабораторной работы может быть закрыта звукоизолирующим кожухом 12. На крышке кожуха закреплена ось, на которую может навинчиваться груз для исключения щелей в местах контакта кожуха с решеткой громкоговорителя.

Для возбуждения громкоговорителя используется функциональный генератор ГФ-1, все измерения проводятся с помощью шумомера типа ВШВ-003.

2.2. Измеритель шума и вибрации ВШВ-003

Измеритель шума и вибрации ВШВ-003 предназначен для измерений уровней звукового давления в октавных полосах частот со стандартными среднегеометрическими частотами 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц, уровней звука и эквивалентных уровней звука. Лицевая панель прибора показана на рис. 2.2.

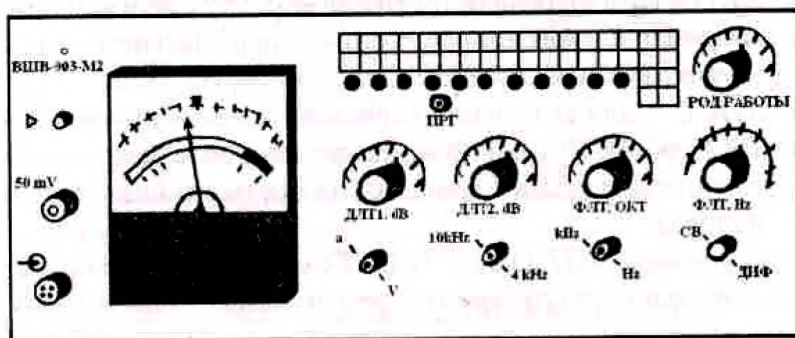




Рис. 2.2. Измеритель шума и вибрации ВШВ-003-М2
(лицевая панель)

На лицевую панель прибора выведены следующие органы управления, регулирования и индикации:

переключатель РОД РАБОТЫ с положениями:

«О» - для включения измерителя;

«» - для контроля состояния батарей;

«» - для включения измерителя в режим блокировки;

F, S, 10S – для включения измерителя в режим измерения с постоянной времени *F* (быстро), *S* (медленно), *10S* (10 с);

стрелочный прибор – для отсчета измеряемой величины и контроля напряжения питания;

переключатели ДЛТ1, дБ, ДЛТ2, дБ единичные индикаторы 20, 30...130 дБ для выбора предела измерения уровня звукового давления (уровня звука);

индикатор «ПРГ» - для индикации перегрузки измерительного тракта;

кнопка «a/V» - для выбора режима измерения виброускорения или виброскорости;

переключатель ФЛТ, Hz с положениями:

1; 10 – для включения ФВЧ 1; 10 Гц, ограничивающий частотный диапазон при измерении виброускорения и виброскорости;

ЛИН – для включения ФНЧ 20 кГц, ограничивающий частотный диапазон при измерении уровня звукового давления по характеристике ЛИН;

А, В, С – для включения корректирующих фильтров А, В, С;


ОКТ, 1/3 ОКТ – для включения измерителя в режим частотного анализа в октавных или третьоктавных частотных полосах;

переключатель ФЛТ, ОКТ - 1/3 ОКТ с множителем «x1»...«x2*10³» для выбора одной из октавных (третьоктавных) стандартных частотных полос;

кнопка «10 kHz / 4 kHz» - для включения ФНЧ 10 кГц или 4 кГц, ограничивающий частотный диапазон при измерении виброускорения и виброскорости;

кнопка «СВ/ДИФ» - для измерений в режиме свободного или диффузного поля;

гнезда: «50 mV» - выход с калибровочного генератора;

«» - для подсоединения предусилителя ВПМ-101.

2.3. Измерение уровней звукового давления

Перед измерением параметров шума переключатели измерителя устанавливаются в положения:

РОД РАБОТЫ: - *F*;

ДЛТ1, *dB* – 80;

ДЛТ2, *dB* – 50;

все кнопки отжаты.

При этом должен светиться индикатор 130 дБ.

Произвести измерение уровня звукового давления, располагая предусилитель ВПМ-101 с микрофонным капсюлем в направлении источника шума.

Если при измерении указатель стрелочного прибора находится в начале шкалы децибел, то ее следует ввести в сектор 6...10 дБ сначала переключателем ДЛТ1, *dB* (если при этом периодически загорается ПРГ, то переключатель ДЛТ1, *dB* нужно устанавливать на более высокий уровень до тех пор, пока этот индикатор не погаснет), затем переключателем ДЛТ2, *dB*.

Если при измерении низкочастотных составляющих шума возникают колебания указателя стрелочного прибора, то переключатель РОД РАБОТЫ следует перевести из положения *F* в положение *S*.

Результат измерения получают суммированием величины по светящемуся индикатору и показания стрелочного прибора.

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с теоретической частью
2. Ответить на контрольные вопросы:
 - а) Перечислите основные физические характеристики шума.
 - б) Что называется спектром шума?
 - в) В чем заключается отличие понятий звукового давления, уровня звукового давления и уровня звука?
 - г) Объясните принцип гигиенического нормирования производственного шума.
 - д) Какая полоса частот называется октавной?
 - е) В чем заключается метод акустической обработки помещения?
 - ж) Объясните физическую сущность звукоизоляции.
 - з) Что такое коэффициент звукоизоляции?
 - и) От чего зависит звукоизоляция ограждения?
 - к) Каким образом можно оценить эффективность применения различных звукопоглощающих материалов?
 - л) На чем основан эффект звукопоглощения и какими свойствами должны обладать звукопоглощающие материалы?
 - м) Эффективность установки звукопоглощающих облицовок.