

Министерство образования и науки РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ФГБОУ ВО «АмГУ»)

ПРОМЫШЛЕННАЯ АКУСТИКА

сборник учебно-методических материалов

для направления подготовки 20.03.01 – Техносферная безопасность

Благовещенск, 2017

*Печатается по решению
редакционно-издательского совета
инженерно-физического факультета
Амурского государственного
университета*

Составитель: Аверьянов В.Н.

Промышленная акустика: сборник учебно-методических материалов для направления подготовки 20.03.01 – Техносферная безопасность / АмГУ, ИФФ; - Благовещенск: Изд-во Амур.гос. ун-та, 2017. – 40 с.

© Амурский государственный университет, 2017
©Кафедра безопасности жизнедеятельности, 2017
©Аверьянов В.Н., составление

СОДЕРЖАНИЕ:

1	Краткое изложение лекционного материала	4
2	Методические рекомендации (указания) к практическим занятиям	22
3	Методические рекомендации (указания) к лабораторным занятиям	31
4	Методические указания для самостоятельной работы студентов	36

1. КРАТКОЕ ИЗЛОЖЕНИЕ ЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА

Раздел 1. Введение

Физические характеристики шума и вибрации, Классификация шумов и вибрации. Нормирование шума и вибраций.

Шум – это совокупность звуков различной частоты и интенсивности (силы), возникающих в результате колебательного движения частиц в упругих средах (твердых, жидких, газообразных). Процесс распространения колебательного движения в среде называется звуковой волной, а область среды, в которой распространяются звуковые волны – звуковым полем. Различают ударный, механический, аэрогидродинамический шум. Ударный шум возникает при штамповке, клепке, ковке и т.д.

Механический шум возникает при трении и биении узлов и деталей машин и механизмов (дробилки, мельницы, электродвигатели, компрессоры, насосы, центрифуги и др.).

Аэродинамический шум возникает в аппаратах и трубопроводах при больших скоростях движения воздуха, газа или жидкости и при резких изменениях направления их движения и давления.

Основные физические характеристики звука:

- частота f (Гц),
- звуковое давление P (Па),
- интенсивность или сила звука I (Вт/м²),
- звуковая мощность W (Вт).

Скорость распространения звуковых волн в атмосфере при 20°C равна 344 м/с.

Органы слуха человека воспринимают звуковые колебания в интервале частот от 16 до 20000 Гц. Колебания с частотой ниже 16 Гц (инфразвуки) и с частотой выше 20000 (ультразвуки) не воспринимаются органами слуха.

При распространении звуковых колебаний в воздухе периодически появляются области разрежения и повышенного давления. Разность давлений в возмущенной и невозмущенной средах называется звуковым давлением P , которое измеряется в паскалях (Па).

Распространение звуковой волны сопровождается и переносом энергии. Количество энергии, переносимое звуковой волной за единицу времени через единицу поверхности, ориентированную перпендикулярно направлению распространения волны, называется интенсивностью или силой звука I и измеряется в Вт/м².

Произведение называется удельным акустическим сопротивлением среды, которое характеризует степень отражения звуковых волн при переходе из одной среды в другую, а также звукоизолирующие свойства материалов.

Минимальная интенсивность звука, которая воспринимается ухом, называется порогом слышимости. В качестве стандартной частоты сравнения принята частота 1000 Гц. При этой частоте порог слышимости $I_0 = 10^{-12}$ Вт/м², а соответствующее ему звуковое давление $P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па. **Максимальная интенсивность звука**, при которой орган слуха начинает испытывать болевое ощущение, называется порогом болевого ощущения, равным 10^2 Вт/м², а соответствующее ему звуковое давление $P = 2 \cdot 10^2$ Па.

Так как изменения интенсивности звука и звукового давления слышимых человеком, огромны и составляют соответственно 10^{14} и 10^7 раз, то пользоваться для оценки звука абсолютными значениями интенсивности звука или звукового давления крайне неудобно.

Для гигиенической оценки шума принято измерять его интенсивность и звуковое давление не абсолютными физическими величинами, а логарифмами отношений этих величин к условному нулевому уровню, соответствующему порогу слышимости стандартного тона частотой 1000 Гц. Эти логарифмы отношений называют уровнями интенсивности и звукового давления, выраженные в белах (Б). Так как орган слуха человека способен различать изменение уровня интенсивности звука на 0,1 бела, то для практического использования удобнее единица в 10 раз меньше – **децибел** (дБ).

Уровень интенсивности звука L в децибелах определяется по формуле

$$L=10Lg(I/I_0) .$$

Так как интенсивность звука пропорциональна квадрату звукового давления, то эту формулу можно записать также в виде

$$L=10Lg(P^2/P_0^2)=20Lg(P/P_0) , \text{ дБ.}$$

Использование логарифмической шкалы для измерения уровня шума позволяет укладывать большой диапазон значений I и P в сравнительно небольшом интервале логарифмических величин от 0 до 140 дБ.

Пороговое значение звукового давления P_0 соответствует порогу слышимости $L = 0$ дБ, порог болевого ощущения 120-130 дБ. Шум, даже когда он невелик (50-60 дБ) создает значительную нагрузку на нервную систему, оказывая психологическое воздействие. При действии шума более 140-145 дБ возможен разрыв барабанной перепонки.

Суммарный уровень звукового давления L , создаваемый несколькими источниками звука с одинаковым уровнем звукового давления L_i , рассчитываются по формуле

$$L=L_i+10Lgn , \text{ дБ,}$$

где n – число источников шума с одинаковым уровнем звукового давления.

Так, например, если шум создают два одинаковых источника шума, то их суммарный шум на 3 дБ больше, чем каждого из них в отдельности.

По уровню интенсивности звука еще нельзя судить о физиологическом ощущении громкости этого звука, так как наш орган слуха неодинаково чувствителен к звукам различных частот; звуки равные по силе, но разной частоты, кажутся неодинаково громкими. Например, звук частотой 100 Гц и силой 50 дБ воспринимается как равногромкий звуку частотой 1000 Гц и силой 20 дБ. Поэтому для сравнения звуков различных частот, наряду с понятием уровня интенсивности звука, введено понятие уровня громкости с условной единицей – фон. Один фон – громкость звука при частоте 1000 Гц и уровне интенсивности в 1 дБ. На частоте 1000 Гц уровни громкости приняты равными уровням звукового давления.

На рис. 1 показаны кривые равной громкости звуков, полученные по результатам изучения свойств органа слуха оценивать звуки различной частоты по субъективному ощущению громкости. Из графика видно, что наибольшей чувствительностью наше ухо обладает на частотах 800-4000 Гц, а наименьшей – при 20-100 Гц.

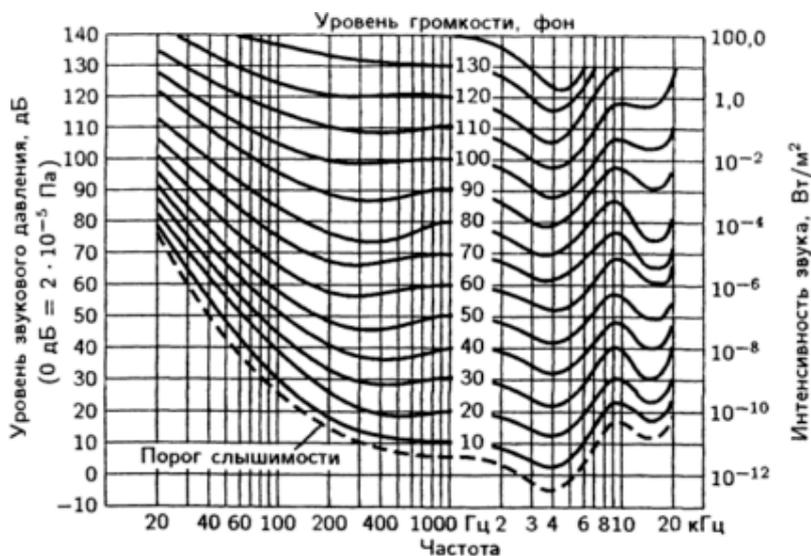


Рисунок 1. Кривые равной громкости.

Обычно параметры шума и вибраций оценивают в октавных полосах. За ширину полосы принята октава, т.е. интервал частот, в котором высшая частота f_2 в два раза больше низшей f_1 . В качестве частоты, характеризующей полосу в целом, берут среднегеометрическую частоту. **Среднегеометрические частоты октавных полос** стандартизованы ГОСТ 12.1.003-83 "Шум. Общие требования безопасности" и составляют 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 и 8000 Гц при соответствующих им граничным частотам 45-90, 90-180, 180-355, 355-710, 710-1400, 1400-2800, 2800-5600, 5600-11200.

Зависимость величин, характеризующих шум от его частоты, называется частотным спектром шума. Для удобства физиологической оценки воздействия шума на человека различают низкочастотный (до 300 Гц), среднечастотный (300-800 Гц) и высокочастотный (выше 800 Гц) шум.

ГОСТ 12.1.003-83 и СН 9-86 РБ 98 "Шум на рабочих местах. Предельно допустимые уровни" классифицирует шум по характеру спектра и по времени действия.

По характеру спектра:

- широкополосный, если он имеет непрерывный спектр шириной более одной октавы,
- тональный, если в спектре имеются выраженные дискретные тона. При этом тональный характер шума для практических целей устанавливается измерением в третьоктавных полосах частот (для третьоктавной полосы по превышению уровня звукового давления в одной полосе над соседними не менее чем на 10 дБ.

По временным характеристикам:

- постоянный, уровень звука которых за 8-часовой рабочий день изменяется во времени не более чем на 5 дБ,
- непостоянный, уровень звука которых за 8-часовой рабочий день изменяется во времени более чем на 5 дБ.

Непостоянные шумы делятся на:

- колеблющиеся во времени, уровень звука которых непрерывно изменяется во времени;
- прерывистые, уровень звука которых ступенчато изменяется (на 5 дБ и более);
- импульсные, состоящие из одного или нескольких звуковых сигналов, каждый длительностью менее 1 с.

Наибольшую опасность для человека представляют тональные, высокочастотные и непостоянные шумы.

Ультразвук по способу распространения подразделяется на:

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

Ультразвуковой диапазон частот подразделяется на:

- низкочастотные колебания ($1,12 \cdot 10^4$ - $1 \cdot 10^5$ Гц);
- высокочастотные ($1 \cdot 10^5$ - $1 \cdot 10^9$ Гц).

Источниками ультразвука является производственное оборудование, в котором генерируются ультразвуковые колебания для выполнения технологического процесса, технического контроля и измерений, а также оборудование, при эксплуатации которого ультразвук возникает как сопутствующий фактор.

Характеристикой воздушного ультразвука на рабочем месте в соответствии с ГОСТ 12.1.001 "Ультразвук. Общие требования безопасности" и СН 9-87 РБ 98 "Ультразвук, передающийся воздушным путем. Предельно допустимые уровни на рабочих местах" являются уровни звукового давления в третьоктавных полосах со среднегеометрическими частотами 12,5; 16,0; 20,0; 25,0; 31,5; 40,0; 50,00; 63,0; 80,0; 100,0 кГц.

Характеристикой контактного ультразвука в соответствии с ГОСТ 12.1.001 и СН 9-88 РБ 98 "Ультразвук, передающийся контактным путем. Предельно допустимые уровни на рабочих местах" являются пиковые значения виброскорости или уровни виброскорости в октавных поло-

сах со среднегеометрическими частотами 8; 16; 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000; 16000; 31500 кГц.

Вибрации – это колебания твердых тел – частей аппаратов, машин, оборудования, сооружений, воспринимаемые организмом человека как сотрясения. Часто вибрации сопровождаются слышимым шумом.

По способу передачи на человека вибрация подразделяется на *локальную* и *общую*.

Общая вибрация передается через опорные поверхности на тело стоящего или сидящего человека. Наиболее опасная частота общей вибрации лежит в диапазоне 6-9 Гц, поскольку она совпадает с собственной частотой колебаний внутренних органов человека, в результате чего может возникнуть резонанс.

Локальная (местная) вибрация передается через руки человека. К локальной вибрации может быть отнесена и вибрация, воздействующая на ноги сидящего человека и на предплечья, контактирующие с вибрирующими поверхностями рабочих столов.

Источниками локальной вибрации, передающейся на работающих, могут быть: ручные машины с двигателем или ручной механизированный инструмент; органы управления машинами и оборудованием; ручной инструмент и обрабатываемые детали.

Общая вибрация в зависимости от источника ее возникновения подразделяется на:

общую вибрацию 1 категории – транспортную, воздействующую на человека на рабочем месте в самоходных и прицепных машинах, транспортных средствах при движении по местности, дорогам и агрофонам;

общую вибрацию 2 категории – транспортно-технологическую, воздействующую на человека на рабочих местах в машинах, перемещающихся по специально подготовленным поверхностям производственных помещений, промышленных площадок, горных выработок;

общую вибрацию 3 категории – технологическую, воздействующую на человека на рабочем месте у стационарных машин или передающуюся на рабочие места, не имеющие источников вибрации.

Общая вибрация категории 3 по месту действия подразделяется на следующие типы:

3а – на постоянных рабочих местах производственных помещений предприятий;

3б – на рабочих местах на складах, в столовых, бытовых, дежурных и других вспомогательных производственных помещений, где нет машин, генерирующих вибрацию;

3в – на рабочих местах в административных и служебных помещениях заводоуправления, конструкторских бюро, лабораториях, учебных пунктах, вычислительных центрах, здравпунктах, конторских помещениях и других помещениях работников умственного труда.

По временным характеристикам вибрация подразделяется на:

– постоянную, для которой спектральный или скорректированный по частоте нормируемый параметр за время наблюдения (не менее 10 минут или время технологического цикла) изменяются не более чем в 2 раза (6 дБ) при измерении с постоянной времени 1 с;

– непостоянную вибрацию, для которой спектральный или скорректированный по частоте нормируемый параметр за время наблюдения (не менее 10 минут или время технологического цикла) изменяются более чем в 2 раза (6 дБ) при измерении с постоянной времени 1 с.

Основные параметры, характеризующие вибрацию:

– частота f (Гц);

– амплитуда смещения A (м) (величина наибольшего отклонения колеблющейся точки от положения равновесия);

– колебательная скорость v (м/с); колебательное ускорение a (м/с²).

Так же как и для шума, весь спектр частот вибраций, воспринимаемых человеком, разделен на октавные полосы со среднегеометрическими частотами 1, 2, 4, 8, 16, 32, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000 Гц.

Поскольку диапазон изменения параметров вибрации от пороговых значений, при которых она не опасна, до действительных – большой, то удобнее измерять недействительные значения этих параметров, а логарифм отношения действительных значений к пороговым. Такую величину называют логарифмическим уровнем параметра, а единицу ее измерения – децибел (дБ).

Нормирование шума осуществляется по предельному спектру шума и уровню звукового давления. При первом методе предельно допустимые уровни звукового давления нормируются в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами 31,5, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц. Совокупность девяти допустимых уровней звукового давления называется предельным спектром.

Второй метод нормирования общего уровня шума, измеренного по шкале А шумомера и называемого уровнем звука в дБА, используется для ориентировочной оценки постоянного и непостоянного шума, так как в этом случае спектр шума неизвестен.

В производственных условиях очень часто шум имеет непостоянный характер. В этих условиях наиболее удобно пользоваться некоторой средней величиной, называемой эквивалентным (по энергии) уровнем звука $L_{экв}$ и характеризующей среднее значение энергии звука в дБА. Этот уровень измеряется специальными интегрирующими шумомерами или рассчитывается.

Нормативы уровней шума регламентируются «Санитарными нормами допустимых уровней шума на рабочих местах» № 3223—85, утвержденными Минздравом в зависимости от их классификации по спектральному составу и временным характеристикам, виду трудовой деятельности.

С точки зрения биологического воздействия существенное значение имеет спектральный состав и продолжительность действия шума. Поэтому к допустимым уровням звукового давления вводятся поправки, учитывающие спектральный состав и временную структуру шума. Наиболее неблагоприятно действуют тональные и импульсные шумы. Тональным считается шум, в котором прослушивается звук определенной частоты. К импульсным относится шум, воспринимаемый как отдельные удары и состоящий из одного или нескольких импульсов звуковой энергии с продолжительностью каждого меньше 1 с. Широкополосным считается шум, в котором звуковая энергия распределяется по всему спектру звуковых частот. Очевидно, что с увеличением длительности воздействия шума в течение смены абсолютные значения поправок снижаются. При этом они больше для широкополосных, чем для тональных или импульсных шумов. На постоянных рабочих местах допустимый уровень звука составляет 80 дБА.

Гигиенические нормы инфразвука на рабочих местах, утвержденные Минздравом, устанавливают допустимые значения уровней звукового давления в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 2, 4, 8 и 16 Гц не выше 105 дБ, а в полосе 32 Гц — 102 дБ.

Допустимые значения ультразвука на рабочих местах регламентирует ГОСТ 12.1.001—83 «ССБТ. Ультразвук. Общие требования безопасности». Нормируемой характеристикой ультразвука в низкочастотном диапазоне является уровень звукового давления в третьоктавных полосах частот со среднегеометрическими частотами от 12,5 до 100 кГц.

Методы гигиенической оценки вибрации рабочих мест, нормируемые параметры и их допустимые величины установлены Санитарными нормами вибрации рабочих мест СН 3044—84.

Гигиеническую оценку вибраций, воздействующих на человека на рабочем месте в производственных условиях, производят следующими методами:

частотный (спектральный) анализ нормируемого параметра. Он является основным методом, характеризующим вибрационное воздействие на человека;

интегральная оценка по частоте нормируемого параметра, применяемая для ориентировочной оценки;

доза вибрации, используемая для оценки вибрации с учетом времени воздействия.

При частотном анализе нормируемыми параметрами являются средние квадратичные значения виброскорости V и виброускорения a (или их логарифмические уровни L_v , L_a), измеренные в октавных или третьоктавных полосах частот (для общих узкополосных вибраций только в третьоктавных полосах частот).

При интегральной оценке по частоте нормируемым параметром является скорректированное значение виброскорости и виброускорения и (или их логарифмические уровни L_u), измеряемые с помощью корректирующих фильтров или вычисленные по формулам.

При дозой оценке вибрации нормируемым параметром является эквивалентное по энергии скорректированное значение (или его логарифмический уровень $L_{экв}$), определяемое по формуле.

Раздел 2. Шум и вибрации в производственных условиях

Основные источники шума

Машиностроение является одним из главных источников шума и вибрации среди других отраслей промышленности. Технологические процессы, сопровождаемые интенсивным шумом, используются практически на всех этапах производственного цикла. Очень часто уровни звукового давления на рабочих местах превышают допустимые по санитарно-гигиеническим нормам значения на 10-30 дБ. Нередко применяемое технологическое оборудование и механизированный инструмент создают также сильные вибрации. Многообразие источников шума и вибрации обуславливает наличие всех их разновидностей.

В сталеплавильном производстве главным источником шума является основное оборудование: печи и конверторы. В мартеновских цехах уровни звукового давления находятся в пределах 74-103 дБ. Уровень звукового давления при работе электропечи лежит в пределах 104-115 дБ.

Уровни звукового давления в конверторных цехах находятся в пределах 82-113 дБ.

Прокатные цехи являются наиболее шумными по сравнению с другими цехами металлургического цикла. Звуковое давление в прокатном производстве может достигать 118-122 дБ.

В литейных цехах источниками интенсивного шума являются формовочные машины и выбивные решетки, создающие шум с уровнем 105-115 дБ в широком спектре частот. Не меньше шума создают шаровые мельницы, галтовочные барабаны, пескометы, вибрационные сита и трамбовки. Весьма шумным является участок обрубки и зачистки отливок пневмозубилами и наждачными кругами. Шум основного технологического оборудования кузнечно-прессовых и штамповочных цехов, оказывающего на заготовки ударное действие – молотов и механических прессов – является наиболее интенсивным по сравнению со всеми другими шумами машиностроительных предприятий, достигая 115—130 дБ. Паровоздушные и пневматические молоты издают помимо механических также аэродинамические шумы. Кроме того, это оборудование вызывает значительную общую вибрацию. Уровни шума и вибрации растут с увеличением веса падающих частей молота и усилия пресса. Характер шума – ударно-импульсный, при длительности импульсов, измеряемой десятками долями секунды и частоте 8-25 ударов в минуту. По спектральному составу этот шум относится в основном к низко- и среднечастотному.

Основным источником шума механического пресса являются вибрации его станины и маховика, вызываемые ударами во всех подвижных сопряжениях пресса в момент включения кривошипно-шатунного или эксцентрикового механизма, когда происходит выборка люфтов в сочленениях шатуна с шейкой рабочего вала и ползуном, а также в подшипниках рабочего вала.

При рабочем ходе уровни шума прессов на средних и высоких частотах возрастают в среднем на 8 дБ. Весьма шумными являются и другие виды кузнечно-прессового оборудования, особенно те из них, на которых пластическая деформация заготовок осуществляется в холодном состоянии: рубильные машины, ножницы, холодно-высадочные, обрезные, гвоздильные, резьбо-накатные и другие полуавтоматы и автоматы. Уровень шума при их работе достигает 105-115 дБ.

Значительного уровня – 105 дБ – может достигать шум, создаваемый сварочной аппаратурой.

Общий уровень звукового давления в механических, ремонтных и инструментальных цехах, создаваемый металлорежущим оборудованием, находится в пределах 85-100 дБ, достигая в отдельных случаях 105-114 дБ. Наиболее высокие уровни шума зарегистрированы при работе крупных и тяжелых токарных, револьверных, сверлильных, фрезерных и шлифовальных станков. Спектр шума в основном средне- и высокочастотный.

Основными источниками шума при работе металлорежущих станков являются элементы их приводов – электродвигатели, зубчатые и ременные передачи, подшипники, особенно при наличии износа, перекосов и дисбаланса движущихся частей, а также сам процесс резания и вибрации технологической системы. Высокие уровни шума (100-106 дБ) высокочастотного характера создаются при работе револьверных станков и автоматов вследствие ударов пруткового материала о направляющую трубу. На участках заточки режущего инструмента общий уровень шума составляет 85-90 дБ.

Источниками аэродинамических и механических шумов и вибраций высоких уровней являются вентиляционные системы, насосы, компрессорные установки. Последние создают особенно большой шум, производимый выходящими в атмосферу засасывающими и стравливающими воздуховодами, корпусами компрессоров, проходящими по помещениям стенками воздуховодов.

Характер шума компрессора зависит от его конструкции. Шум поршневых компрессоров в основном низкочастотный, тогда как в спектре шума турбокомпрессоров преобладают высокочастотные составляющие. При работе компрессоров газотурбинных энергетических установок уровень суммарного (аэродинамического и механического) шума, в основном высокочастотного, достигает 135-145 дБ.

Раздел 3. Шум и вибрации в жилых помещениях и на селитебной территории

Нормирование шума — одна из важнейших задач охраны окружающей среды. Нормы шума устанавливаются исходя из технических требований и гигиенических условий труда, например на рабочих местах и на селитебных территориях, в помещениях жилых домов и общественных зданий. К техническим требованиям нормирования шума относится установление допустимых уровней шума для нормальной эксплуатации звукочувствительных устройств, например, радио, концертных и театральных залов. Оценка шумовых характеристик и их сравнение с нормативами позволяет еще на стадии проектирования разрабатывать мероприятия по снижению этих уровней. Допустимые шумовые характеристики регламентируются: для рабочих мест — ГОСТ 12.1.003—83; жилых помещений — ГОСТ 12.1.036—81; территорий различного хозяйственного назначения и помещения жилых и общественных зданий — ГОСТ 23337 — 78; Допустимые характеристики ультразвука регламентируются ГОСТ 12.1.001-89. Нормируемыми параметрами (характеристикой) постоянного шума считаются уровни звукового давления L в октавных частотных полосах со среднегеометрическими частотами, в дБ, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц. Допустимые уровни звукового давления (эквивалентные уровни звукового давления) в октавных частотных полосах, уровни звука и эквивалентные уровни звука для жилых и общественных зданий и их территорий принимаются в соответствии со СНиП 23-03-2003 «Защита от шума» и ГН 2.2.4/2.1.8.562-96. Для оценки звукоизоляции ограждающих конструкций жилых и общественных зданий и помещений промышленных предприятий применяется индекс изоляции воздушного шума I_b и индекс приведенного уровня ударного шума под перекрытием I_u . Нормируемые индексы и расчет звукоизоляции ограждающих конструкций принимаются в соответствии со СНиП 23-03-2003 «Защита от шума». Уровень звука в расчетных точках, в том числе при наличии нескольких источников шума, снижение (требуемое) уровней звука на территории или в помещениях защищаемого от шума объекта следует определять по п. 7 СНиП 23-03-2003. Для снижения уровня звука на территории промышленного предприятия следует применять экраны, размещаемые между источниками шума и объектом, который подлежит защите. В качестве экранов можно использовать естественные элементы рельефа местности — выемки, кавальеры, насыпи, холмы, а также искусственные сооружения, в помещениях которых допускается уровень звука более 50 дБ А. Это могут быть жилые здания с усиленной звукоизоляцией наружных ограждающих конструкций. Здания и сооружения необходимо размещать вдоль источников шума в виде сплошной застройки и полос зеленых насаждений. Ширина полосы принимается, например, при однорядной (шахматной) посадке деревьев 10... 15 м, снижение уровня звука составляет 4...5 дБА, а при ширине 16...20 м соответственно 5...8 дБА. Рекомендуется делать полосы зеленых насаждений в два ряда при расстоянии между ними 3...5 м; в три ряда при расстоянии между рядами 3 м, при этом уровень звука (при двух-, и трехрядной посадке) снижается на 10... 12 дБА. Еще одна особенность применения зеленых насаждений в качестве снижения звука (шума). При посадке полос должно быть обеспечено плотное примыкание крон деревьев между собой с заполнением пространства под кронами до поверхности земли кустарником. Полоса зеленых насаждений должна быть из пород быстрорастущих деревьев и кустарников, устойчивых к условиям воздушной среды в городах, поселениях и произрастающих в соответствующей климатической зоне. Измерение шума относится к числу главных вопросов защиты населения от его воздействия. Измерение шума на селитебной территории проводится на площадках отдыха, детских дошкольных учреждений и школ в трех точках,

расположенных на ближайшей к источнику шума границе на высоте 1,2... 1,5 м от уровня поверхности площадок. На территориях, прилегающих к зданиям больниц, санаториев, жилых домов измерение производится с соблюдением таких же условий, как и у школ. Измерения шума селитебной территории не должны проводиться во время выпадения атмосферных осадков при скорости ветра более 5 м/с. В этом случае следует применить экран для защиты микрофона от ветра. Для измерения шума во всех случаях применяются шумомеры 1 и 2-го класса с измерительными системами, которые входят в микрофон. Результаты проведенных измерений должны представляться в форме протокола.

Нормирование вибрации. Виброзащиту наиболее эффективно можно осуществить на стадии проектирования объекта. Часто при проектировании не учитываются уровни вибраций, и вопрос о виброзащите решается в эксплуатационный период по измеренному уровню вибраций, что не всегда возможно. Естественно, в этом случае получение исходных данных значительно упрощается, но возникает проблема виброзащиты, особенно это касается оборудования, установленного на фундаментах. Поэтому использование в современном промышленном производстве средств автоматизации (станков, машин, оборудования) накладывает на вибрирующие основания достаточно жесткие технические требования. Обеспечение допустимых параметров вибрации зависит также от конструктивных особенностей проектируемых объектов, в том числе фундаментов, конструкций надземной части здания. Как считают специалисты, важно иметь прогнозируемый уровень вибрации (методику прогнозирования), который бы позволил надежно и достаточно просто оценивать параметры колебаний в зависимости от размеров конструкций. Следует отметить, что при проектировании объектов параметры вибраций должны регламентироваться следующими нормами: санитарно-гигиеническими и техническими для виброчувствительных машин и для строительных конструкций. От механических колебаний (вибрации) снижаются также прочность, устойчивость и долговечность зданий и самих конструкций, нарушается режим работы приборов и автоматических систем, контролирующих технологические процессы в промышленных зданиях. Можно предположить, что полностью исключить вибрацию и шум в зданиях и сооружениях невозможно. Поэтому для людей, работающих в условиях шума и вибрации, для различных видов машин и технологического оборудования в каждом конкретном случае при проектировании важно установить пределы допустимых параметров этих воздействий. Допустимые уровни вибрации в жилых домах нормируются гигиеническими нормами «Допустимые уровни вибрации на рабочих местах, в помещениях жилых и общественных зданий» (ГН 2.2.4/2.1.8.562-96). Параметры колебаний регламентируются ГОСТ 12.1.012—90 «Вибрационная безопасность. Общие требования безопасности труда». В указанных нормативах предусмотрены предельно допустимые величины общей вибрации в абсолютных (см/с) и относительных (дБ) значениях скорости по наиболее распространенному в практике спектру частот (до 355 Гц), который включает шесть октавных частотных полос. Каждая октавная полоса имеет предельно допустимые значения среднеквадратической виброскорости или амплитуды перемещений, возбуждаемых работой машин. В санитарно-гигиенических нормах заложена лишь качественная оценка физиологического воздействия вибрации на людей. На стадии проектирования можно наметить мероприятия и конструктивные решения, которые обеспечили бы необходимую охрану здоровья людей.

Раздел 4. Методы и средства защиты от вибраций

Главными способами борьбы с вибрацией являются виброизоляция и вибропоглощение. В основу первого положено снижение передаваемой от машин и механизмов вибрации на основе путем размещения между ними упругих элементов или амортизаторов, а в основу второго — рассеивание энергии колебаний, покрытиями с большим внутренним трением.

Амортизаторы для изоляции от вибрации изготавливаются из пружин, резиновых прокладок, в виде гидравлических или пневматических устройств, -а также их комбинации (рис. 2). При вертикальных колебаниях используются опорные или подвесные амортизаторы, а при одновременном действии вертикальных и горизонтальных колебаний — сочетание указанных амортизаторов, размещаемых как по вертикали, так и в горизонтальной плоскости.

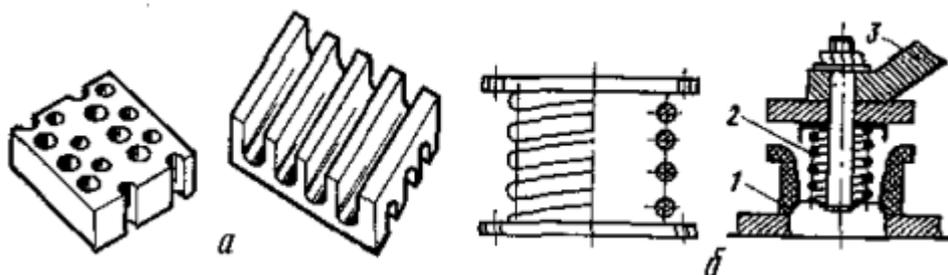


Рисунок 2. Виброизолирующие опоры: а — резиновые; б — пружинные; в — пружинно-резиновое (1 — резина; 2 — пружина; 3 — опора виброизолированной машины).

Обладающие высокой виброизолирующей способностью и долговечностью пружинные амортизаторы имеют небольшое внутреннее трение, в связи с чем плохо рассеивают энергию колебаний, затухание которых замедляется особенно в резонансном режиме при пуске и остановке машины.

Виброизолирующая способность резиновых амортизаторов ниже пружинных, но большое внутреннее сопротивление (коэффициент неупругого сопротивления) обеспечивает значительное снижение амплитуды собственных колебаний и времени их затуханий на резонансных режимах.

Для повышения устойчивости и уменьшения амплитуды колебаний машины ее следует монтировать на тяжелой металлической раме, чем достигается увеличение массы всей виброизолируемой системы, опирающейся на виброопоры типа ОВ.

Для снижения вибрации ограждений, кожухов, транспортных и вентиляционных коммуникаций в резонансных режимах применяется вибропоглощение с помощью покрытий их поверхности материалами с большим внутренним трением (резина, пластики, мастики). Их наносят в местах максимальных амплитуд вибраций, определяемых по значениям виброскорости.

Раздел 5. Методы и средства защиты от шума

Мероприятия по борьбе с шумом и вибрациями можно разделить на две основные группы: организационные и технические. Основными организационными мероприятиями являются:

исключение из технологической схемы виброакустически активного оборудования;

использование оборудования с минимальными динамическими нагрузками, правильный его монтаж;

правильная эксплуатация оборудования, своевременное его освидетельствование и проведение профилактических ремонтов;

размещение шумящего оборудования в отдельных помещениях, отделение его звукоизолирующими перегородками;

расположение шумных цехов в отдалении от других производственных помещений;

дистанционное управление виброакустическим оборудованием из кабин;

применение СИЗ от шума и вибрации;

проведение санитарно-профилактических мероприятий (рациональные режимы труда и отдыха, профосмотры и т. п.) для работающих на виброакустическом оборудовании.

К основным техническим мероприятиям относятся:

использование оснований и фундаментов для виброактивного оборудования, соответствующих их динамическим нагрузкам;

изоляция фундаментов этого оборудования от несущих конструкций и технологических коммуникаций;

применение виброгасящих устройств и покрытий невибрирующих коммуникаций;

звукоизоляция приводов с помощью кожухов;

использование шумозаглушающих устройств на всосах и выхлопах вентиляционных систем и компрессоров.

Главными направлениями борьбы с шумом является его ослабление или ликвидация непосредственно в источнике образования.

Это достигается заменой ударных процессов и машин безударными, изменением конструкций узлов, создающих шум (например, применением оборудования с гидроприводом вместо оборудования с кривошипным или эксцентриковыми приводами); заменой возвратно-поступательного движения деталей равномерным вращательным (например, замена штамповки при производстве печеня прессованием между валком и транспортной лентой); применением пластмасс, текстолита, резины и других материалов для изготовления деталей оборудования (например, замена металлических пластинчатых транспортеров в цехах фасования для транспортирования бутылок на пластмассовые с покрытием поверхности бортиков, обращенных к бутылкам, полосами из звукопоглощающих материалов, например полистиролом).

Одним из наиболее простых и экономически целесообразных способов снижения шума от машин и механизмов в производственных помещениях является применение методов звукопоглощения и звукоизоляции.

В основу звукопоглощения положено свойство строительных материалов рассеивать энергию звуковых колебаний, преобразуя ее в тепловую. Наибольшим звукопоглощающим эффектом обладают пористые и волокнистые материалы. Звуковые волны при встрече с пористой преградой частично отражаются и частично поглощаются. На основе закона сохранения энергии имеем

$$\alpha + \beta + \tau = 1,$$

где α , β , τ — соответственно коэффициенты звукопоглощения, отражения и звукопроводимости преграды, характеризующие ее соответствующие свойства.

$$\begin{aligned}\alpha &= E_{\text{погл}}/E_{\text{пад}}; \\ \beta &= E_{\text{отр}}/E_{\text{пад}}; \\ \tau &= E_{\text{прош}}/E_{\text{пад}};\end{aligned}$$

где $E_{\text{погл}}$, $E_{\text{отр}}$, $E_{\text{прош}}$, $E_{\text{пад}}$ — соответственно поглощенная, отраженная, прошедшая и падающая на преграду звуковая энергия.

Звукопоглощающими материалами считаются имеющие $\alpha > 0,2$ (фибритовые плиты, стекловолокно, минеральная вата, полиуретановый поропласт, пористый поливинилхлорид и др.). Звукопоглощающие покрытия и облицовки снижают общий уровень шума не более чем на 8—10 дБ, а в отдельных октавных полосах спектра шума — до 12—15 дБ. Звукопоглощающие покрытия и облицовки обычно размещают на потолке и стенах и особенно эффективны в помещениях с высокими потолками и большой длины. Для получения максимального эффекта площадь облицованной поверхности должна составлять не менее 60% общей площади ограничивающих помещение поверхностей. Если площадь свободных поверхностей из-за световых проемов менее указанной, дополнительно следует применять штучные (функциональные) поглотители, подвешиваемые над и вблизи шумного оборудования. Штучные поглотители представляют собой плоские кулисы и балки или объемные конструкции в виде призм, шаров и т. п., заполненных звукопоглощающим материалом (стекловолокно и т. п.).

Для предупреждения распространения шума его источник изолируется (частично или полностью) с помощью ограждений (стен, перегородок, перекрытий, кожухов и экранов), отражающих звуковую энергию. Звукоизолирующая способность ограждений зависит от акустических свойств материалов (скорости звука в поле), геометрических размеров, числа слоев материала, массы, упругости, качества крепления ограждения, частоты его собственных колебаний и частотной характеристики шума. На рис. 3 приведены примеры снижения шума средствами шумоглушения, из

которого следует, что наиболее эффективно они снижают наиболее опасные средне- и высокочастотные шумы.

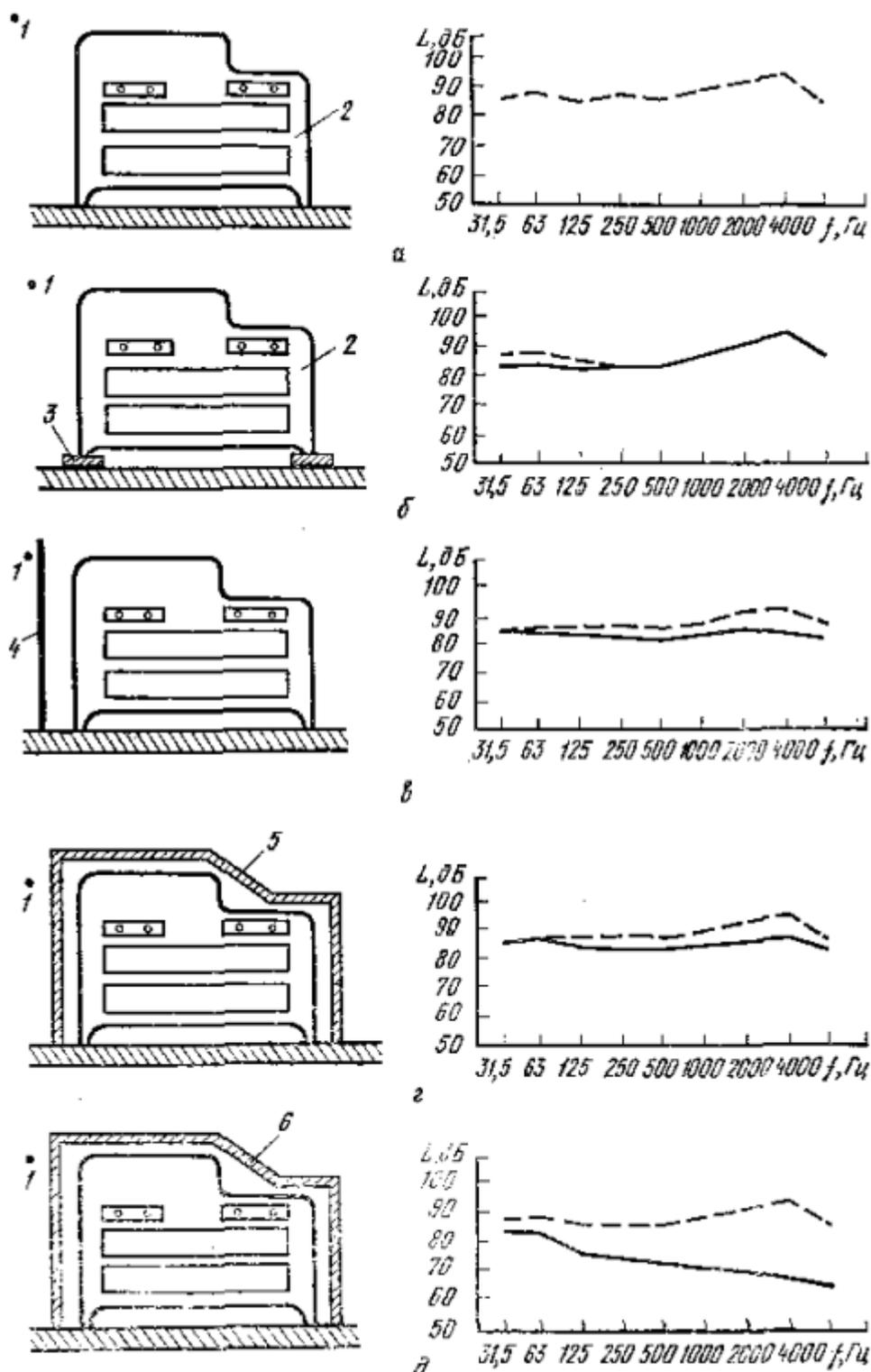


Рисунок 3. Эффективность средств снижения шума машин: а — до применения средств шумоглушения; б — после применения виброизолятора; (1 — точка наблюдения; 2 — машина; 3 — виброизолятор); в — после применения твердого экрана 4, г — после применения кожуха из пористого материала 5; д — после применения кожуха из жесткого непористого материала 6

Акустические экраны представляют собой щиты, облицованные со стороны источника шума звукопоглощающим материалом толщиной не менее 50—60 мм. Их следует применять для защи-

ты от шума обслуживаемого и соседних агрегатов, если звукопоглощающие облицовки не обеспечивают соблюдения гигиенических нормативов. Их назначение — снижение интенсивности прямого звука или отгораживание шумного оборудования или участков от остальной части помещения. Экран является преградой, за которой образуется акустическая тень со сниженным уровнем звукового давления прямого шума. Он наиболее эффективен против шума высоких и средних частот и дает малый эффект для низкочастотного шума, огибающего экраны за счет дифракции. Линейные размеры экрана не менее чем в 2—3 раза должны превосходить линейные размеры источника шума. Их целесообразно применять для защиты от источников шума, создающих уровни звукового давления в рассматриваемых точках, превышающие допустимые не менее чем на 10 дБ и не более чем на 20 дБ.

Звукоизолирующие качества ограждения определяются коэффициентом звукопроводимости. Для диффузного звукового поля, в котором все направления распространения прямых и отраженных звуковых волн равновероятны, величина звукоизоляции ограждения может быть рассчитана по формуле (в дБ): $R=101g1/\tau$.

Глушители шума, распространяющегося по каналам, возникающего на выходе вентиляторов, на входе и выходе компрессоров, разделяются на активные и реактивные (рис. 4). Активные представляют собой канал, облицованный звукопоглощающим материалом. Они используются для борьбы с шумом со сплошным широкополосным спектром. Реактивные глушители применяются для борьбы с шумом с резко выраженными дискретными составляющими (выхлопом поршневых двигателей внутреннего сгорания, компрессоров и т. п.) и выполняются в виде камер расширения и сужения, с перегородками и т. п.

Основными мероприятиями по борьбе с инфразвуком являются:

повышение быстроходности машин, что обеспечивает перевод максимума излучений в область слышимых частот;

повышением жесткости конструкций больших размеров;

устранение низкочастотных вибраций;

установка глушителей реактивного типа, в основном резонансных и камерных.

Особо нужно отметить, что традиционные методы борьбы с шумом с помощью звукоизоляции и звукопоглощения малоэффективны при инфразвуке. В этом случае первостепенным является борьба с этим вредным производственным фактором в источнике его возникновения.

Основными мерами борьбы с ультразвуком являются повышение рабочих частот; использование звукоизолирующих кожухов и экранов из листовой стали толщиной 1,5—2 мм, покрытые слоем резины до 1 мм; устранение непосредственного контакта рабочих с источником ультразвуковых колебаний за счет механизации и автоматизации процессов.

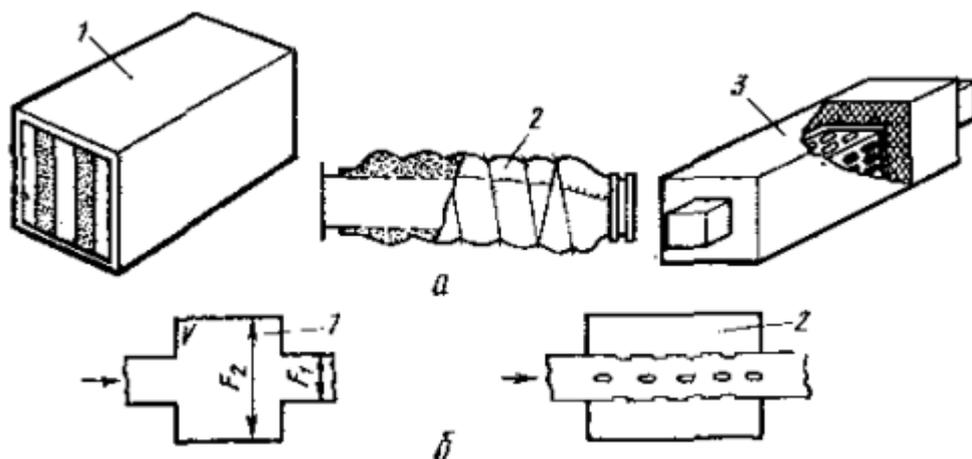


Рисунок 4. Схемы глушителей шума: а — активного типа (1 — пластинчатый; 2 — трубчатый круглого сечения; 3 — трубчатый прямоугольного сечения); б — реактивные (1 — камерный; 2 —

резонансный; $F1$ — площадь сечение канала; $F2$ — площадь сечения расширительной камеры; V — объем камеры

Часто практически невозможно, а иногда неэкономично уменьшить шум, вибрацию до допустимых величин общетехническими мероприятиями. Тогда используются средства индивидуальной защиты, предотвращающие профессиональные заболевания работающих. К средствам индивидуальной защиты от шума 01 носят вкладыши, заглушки, наушники и противозумные каски (шлемы).

Вкладыши— это вставленные в слуховой канал мягкие тампоны из ультратонкого волокна, иногда пропитанные смесью воска и парафина, и жесткие резинирующие заглушки из синтетических материалов специальной формы. Снижение шума с помощью вкладышей и заглушек на 5—25 дБ.

Наушники состоят из корпусов, которые плотно облегают ушную раковину и удерживаются дугообразным оголовьем. Они наиболее эффективно снижают шум в области средне- и высокочастотных шумов с эффективностью 35—40 дБ.

При шумах с высокими уровнями (более 120 дБ) вкладыши и наушники не обеспечивают необходимой защиты, и в этих случаях применяют противозумные каски, эффективность которых составляет 35—40 дБ, и, кроме органов слуха, они препятствуют передаче энергии звука через поверхность головы.

Эффективность различных средств индивидуальной защиты от шума приведена на рис. 5, из которого следует весьма важная их особенность с точки зрения охраны труда.

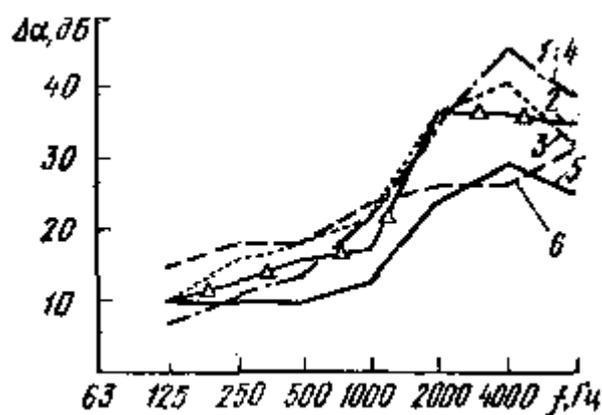


Рисунок 5. Эффективность различных средств индивидуальной защиты от шума: 1-наушники ВЦНИИОТ-2М; 2 — наушники ВЦНИИОТ А1; 3 — наушники ВЦНИИОТ-7И; 4 — противозумная каска ВЦНИИОТ-2; 5 — заглушки «Антифоны»; 6 — вкладыши «Беруши».

Большая их эффективность соответствует области наиболее опасных средне- и высокочастотных шумов. В низкочастотной области, т. е. в области разговорной речи, их эффективность значительно ниже и составляет 4—15 дБ. Это обеспечивает возможность принятия указаний и команд, подаваемых голосом, что особенно важно в аварийных ситуациях.

Для защиты от ультразвука, передающегося контактным путем, используют резиновые перчатки.

Защита от местных вибраций обеспечивается применением антивибрационных рукавиц, перчаток с защитными прокладками. При работе в условиях общей вибрации применяются антивибрационная спецодежда, наколенники, жилеты и костюмы.

Раздел 6. Борьба с шумом отдельных видов оборудования

Основными методами борьбы с производственным шумом являются:

- уменьшение шума в источнике;
- звукопоглощение и вибропоглощение;

- звукоизоляция и виброизоляция;
- акустическая обработка помещений;
- уменьшение шума на пути его распространения;
- рациональная планировка предприятия и цехов;
- установка глушителей шума;
- применение средств индивидуальной защиты.

Шум возникает вследствие упругих колебаний как машины в целом, так и отдельных ее деталей. Причины возникновения этих колебаний:

- механические;
- аэродинамические;
- гидродинамические;
- электроявления.

В связи с этим различают шумы:

- механические;
- аэродинамические;
- гидродинамические;
- электромагнитного происхождения.

Основным источником механического шума являются:

- подшипники качения;
- зубчатые передачи;
- неуравновешенные вращающиеся части машин.

Уменьшение механического шума может быть достигнуто путем совершенствования технологических процессов и оборудования:

- замена ударных процессов и механизмов безударными, например, применение оборудования с гидроприводом вместо оборудования с кривошипными и эксцентриковыми приводами; штамповку – прессованием, клепку – сваркой, обрубку – резкой;

- замена возвратно-поступательного движения – вращательными движениями, применение вместо прямозубых шестерен – косозубых и шевронных, повышение класса точности обработки, замена зубчатых и цепных передач – клиноременными, что дает снижение шума на 10-14 дБ;

- замена подшипников качения на скольжения, снижение шума на 10-15 дБ;
- замена металлических деталей на пластмассовые – 10-12 дБ снижение шума;
- применение принудительной смазки трущихся поверхностей;
- балансировка вращающихся элементов машин.

Основные источники шума станков можно разделить на 5 групп:

1. Зубчатые передачи – главного и вспомогательного движения, коробки передач.
2. Гидравлические агрегаты.
3. Электродвигатели.
4. Направляющие трубы токарных автоматов.
5. Прочие резания.

Кроме того, источником шума являются:

- подшипники;
- ременные передачи;
- кулачковые механизмы;
- дисковые муфты.

Насосы и электродвигатели должны монтироваться на виброизоляторах. На участках токарных автоматов источником шума являются удары обрабатываемого прутка по стенкам направляющих труб. Разработано большое количество конструкций малошумных направляющих труб.

Самым эффективным методом снижения шума при обработке металлов резанием является оснащение станка подвижными кожухами, герметично закрывающими зону резания. Обычные кожухи изготавливаются из листового железа, предназначены они только для защиты оператора от попадания эмульсии и стружки. Звукоизолирующий кожух состоит из 2-х слоев листового железа,

между которыми находится демпфирующий материал. Места контакта кожуха уплотнены вибропоглощающим материалом.

Кожухи и ограждения на станке, предназначенные для устранения случайного контакта человека с подвижным механизмом, необходимо выполнять герметичными, стенки должны быть многослойными или иметь демпфирующее покрытие.

Уровни силы производственных шумов (в дБ):

- обдирочный станок 95-105;
- токарный станок 93-96;
- строгальный станок 97;
- кузнечный цех 98;
- штамповочный цех 112;
- клепальный цех 117;
- реактивный двигатель до 130 (болевого порог человека);
- ракетный двигатель до 170.

Аэродинамические шумы являются главной составляющей шума вентиляторов, воздуходувок, компрессоров, газовых турбин, выпусков пара и воздуха в атмосферу, двигателей внутреннего сгорания и др. В двигателе внутреннего сгорания основным источником шума является шум систем выпуска и впуска. Аэродинамический шум в источнике может быть снижен увеличением зазора между лопаточными венцами, подбором соотношения чисел направляющих и рабочих лопаток; улучшением аэродинамических характеристик приточной части компрессоров, турбин и т. п. Часто меры по ослаблению аэродинамических шумов в источнике оказываются недостаточными, поэтому применяется звукоизоляция источников и установка глушителей.

Гидродинамические шумы возникают вследствие:

- стационарных;
- нестационарных процессов в жидкостях (кавитация, турбулентность потока, гидравлический удар).

Меры борьбы:

- улучшение гидродинамических характеристик насосов;
- выбор оптимальных режимов работы;
- при гидроударах – правильное проектирование и эксплуатация гидросистемы.

Электромагнитные шумы возникают в электромашинах и оборудовании. Причины – взаимодействие ферромагнитных масс под влиянием переменных магнитных полей.

Меры защиты:

- конструктивные изменения в электромашинах, например, изготовление скошенных пазов якоря ротора;
- в трансформаторах – более плотная прессовка пакетов, использование демпфирующих материалов.

Интенсивный шум, вызванный вибрацией, можно уменьшить покрытием вибрирующей поверхности материалом с большим внутренним трением (резина, асбест, битум), при этом часть звуковой энергии поглощается. Процесс поглощения звука происходит за счет перехода энергии колеблющихся частиц воздуха в теплоту вследствие потерь на трение в порах материала. Наиболее часто в качестве звукопоглощающей облицовки применяется конструкция в виде слоя однородного пористого материала определенной толщины, укрепленного непосредственно на поверхности ограждения либо отнесенного от него на некоторое расстояние (рис. 6).

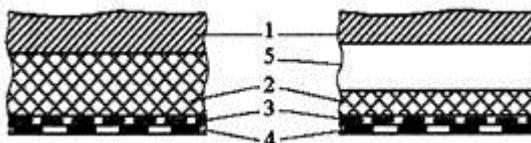


Рисунок 6. Звукопоглощающая облицовка. 1 – стена (потолок); 2 – звукопоглощающий материал; 3 – защитная оболочка; 4 – защитный перфорированный слой; 5 – воздушный промежуток.

Если стены помещения выполнены прозрачно или площадь свободной поверхности недостаточна для установления плоской звукопоглощающей облицовки, для уменьшения шума применяют объемные штучные звукопоглотители (рис. 7). Это объемные тела, заполненные звукопоглощающим материалом и подвешенные к потолку равномерно по помещению на определенной высоте.

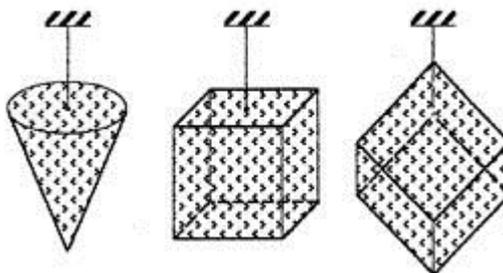


Рисунок 7. Объемные штучные звукопоглотители

В настоящее время применяются звукопоглощающие материалы:

- ультратонкое волокно;
- стекловолокно;
- капроновое волокно;
- минеральная вата;
- древесно-волоконные плиты;
- пористый поливинилхлорид.

Звукоизоляция – это метод снижения шума путем создания конструкций, препятствующих распространению шума из одного в другое изолированное помещение.

Звукоизолирующие конструкции изготавливают из плотных твердых материалов (металл, дерево, пластмасса), хорошо препятствующих распространению шума. Звукоизоляция однородной перегородки R , дБ может быть определена по формуле:

$$R = 20 \cdot \lg(m \cdot f) - 47,5$$

Где: m – масса 1 м² перегородки, кг; f – частота, Гц.

Шумные агрегаты можно изолировать с помощью звукоизолирующих кожухов, которые следует устанавливать без жестких связей с оборудованием. Для увеличения эффективности звукоизоляции внутреннюю поверхность кожухов облицовывают звукопоглощающими материалами (рис. 8).

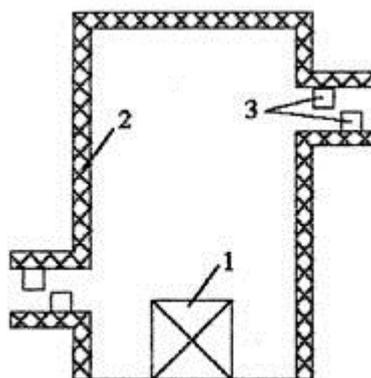


Рисунок 8. Звукоизоляция кожухом. 1 – источник шума; 2 – звукопоглощающий материал; 3 – глушитель шума.

Эффективность (звукоизоляция) кожухов определяется по формуле:

$$\Delta L = R + 10 \cdot \lg(a)$$

Где: a – коэффициент звукопоглощающей облицовки; R – звукоизоляция однородной перегородки, дБ.

Звукоизолирующие перегородки и звукопоглощающие кабины эффективно снижают только воздушный шум, но в производстве часто встречается и структурный шум (при работе вентиляторов, компрессоров, кузнечных молотов, насосов и др.). Вибрация этих машин в виде упругих волн распространяется от фундаментов по конструкции здания во все помещения, где и проявляется в виде шума. Ослабление такого шума достигается виброизоляцией и вибропоглощением.

Виброизоляция устраняет жесткие связи между неуравновешенными машинами и конструкцией здания за счет применения упругих прокладок (пружин, резины) (рис. 9).

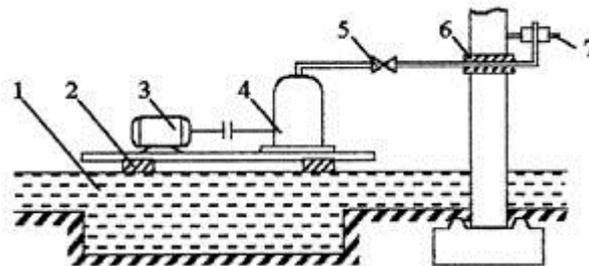


Рисунок 9. Виброизоляция. 1 – фундамент; 2 – амортизаторы; 3 – электродвигатель; 4 – насос, компрессор; 5 – вентиль; 6 – упругая прокладка; 7 – кронштейн.

Снижение вибрации, распространяющейся по трубопроводам вентиляции, достигается устройством разрывов в отдельных участках трубопроводов с установкой в эти участки мягких вставок из брезента (резины).

Для защиты работающих от прямого воздействия шума используют экраны, установленные между источником шума и рабочим местом (рис. 10).

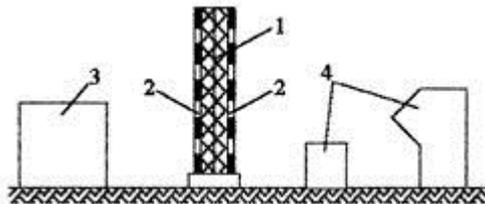


Рисунок 10. Экранирование рабочего места. 1 – экран; 2 – звукопоглощающая облицовка; 3 – оборудование; 4 – рабочее место.

Акустический эффект экрана основан на образовании за ним области тени, куда звуковые волны проникают лишь частично. Для уменьшения шума аэродинамических установок и устройств применяют в основном глушители шума. Они разделяются на:

- активные;
- реактивные;
- комбинированные.

Активные – поглощают шум, реактивные – отражают энергию обратно к источнику. Экраны глушители устанавливаются на выходе из канала в атмосферу или на входе в канал (рис. 11).

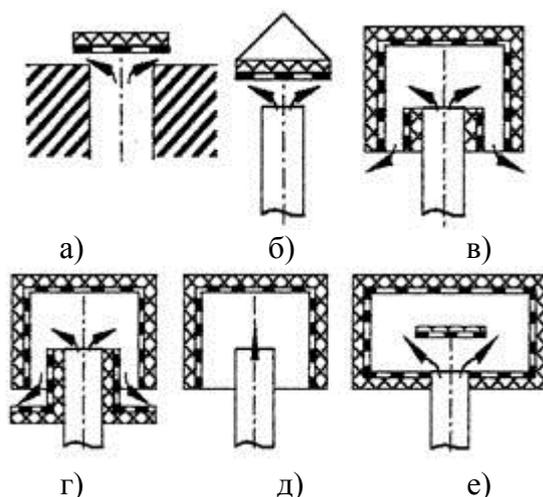


Рисунок 11. Разновидности экранных глушителей.  - звукопоглощающий материал;  - металлический лист.

На высоких частотах эффект их установления достигает 10-25 дБ. Большое значение имеют расстояние от экрана до канала и диаметр экрана; чем ближе расположен экран и чем больше его диаметр, тем эффективнее его установка. Снижение производственного шума может быть достигнуто рациональной планировкой цехов и предприятий. При планировке предприятия наиболее шумные цеха должны быть сконцентрированы в одном-двух местах. Между шумными цехами и тихими помещениями (заводоуправление, конструкторское бюро) должны быть размещены зеленые насаждения и соблюдаться необходимое расстояние. Внутри здания тихие помещения необходимо размещать вдали от шумных, чтобы их разделяло несколько других помещений или ограждений с хорошей изоляцией.

Общие технические решения не всегда позволяют снизить шум и вибрацию до допустимых величин. В этих случаях применяют индивидуальные защитные средства. К ним относят:

- вкладыши;
- наушники;
- шлемы.

Вкладыши в виде мягких тампонов из ультратонкого волокна, иногда пропитанных воском и парафином, жесткие вкладыши (эбонитовые, резиновые) вставляют в слуховой аппарат и снижают шум на 5-20 дБ. Широкое применение нашли «Беруши».

В промышленности широко применяют наушники ВЦНИИОТ, снижающие уровень звукового давления от 7 до 38 дБ. При воздействии шумов с высокими уровнями (>120 дБ) вкладыши и наушники не обеспечат необходимой защиты, так как шум действует непосредственно на мозг человека. В этих случаях применяют шлемы.

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ (УКАЗАНИЯ) К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

Оценка уровня шума оборудования в производственном помещении.

Расчетные точки в производственных и вспомогательных помещениях промышленных предприятий выбирают на рабочих местах и (или) в зонах постоянного пребывания людей на высоте 1,5 м от пола. В помещении с одним источником шума или с несколькими однотипными источниками одна расчетная точка берется на рабочем месте в зоне прямого звука источника, другая - в зоне отраженного звука на месте постоянного пребывания людей, не связанных непосредственно с работой данного источника.

В помещении с несколькими источниками шума, уровни звуковой мощности которых различаются на 10 дБ и более, расчетные точки выбирают на рабочих местах у источников с максимальными и минимальными уровнями. В помещении с групповым размещением однотипного оборудования расчетные точки выбирают на рабочем месте в центре групп с максимальными и минимальными уровнями.

Исходными данными для акустического расчета являются:

- план и разрез помещения с расположением технологического и инженерного оборудования и расчетных точек;
- сведения о характеристиках ограждающих конструкций помещения (материал, толщина, плотность и др.);
- шумовые характеристики и геометрические размеры источников шума.

Шумовые характеристики технологического и инженерного оборудования в виде октавных уровней звуковой мощности L_w , скорректированных уровней звуковой мощности L_{wA} , а также эквивалентных $L_{wAэкв}$ и максимальных $L_{wAмакс}$ скорректированных уровней звуковой мощности для источников непостоянного шума должны указываться заводом-изготовителем в технической документации.

Допускается представлять шумовые характеристики в виде октавных уровней звукового давления L или уровней звука на рабочем месте L_A (на фиксированном расстоянии) при одиночно работающем оборудовании.

Октавные уровни звукового давления L , дБ, в расчетных точках соразмерных помещений (с отношением наибольшего геометрического размера к наименьшему не более 5) при работе одного источника шума следует определять по формуле

$$L = L_w + 10 \lg \left(\frac{\chi \Phi}{\Omega r^2} + \frac{4}{kB} \right), \quad (1)$$

где L_w - октавный уровень звуковой мощности, дБ;

χ - коэффициент, учитывающий влияние ближнего поля в тех случаях, когда расстояние r меньше удвоенного максимального габарита источника ($r < 2l_{макс}$) (принимают по таблице 1);

Φ - фактор направленности источника шума (для источников с равномерным излучением $\Phi = 1$);

Ω - пространственный угол излучения источника, рад. (принимают по таблице 2);

r - расстояние от акустического центра источника шума до расчетной точки, м (если точное положение акустического центра неизвестно, он принимается совпадающим с геометрическим центром);

k - коэффициент, учитывающий нарушение диффузности звукового поля в помещении (принимают по таблице 3 в зависимости от среднего коэффициента звукопоглощения $\alpha_{ср}$);

B - акустическая постоянная помещения, м², определяемая по формуле

$$B = \frac{A}{1 - \alpha_{ср}}, \quad (2)$$

A - эквивалентная площадь звукопоглощения, м², определяемая по формуле

$$A = \sum_{i=1}^n \alpha_i S_i + \sum_{j=1}^m A_j n_j, \quad (3)$$

α_i - коэффициент звукопоглощения i -й поверхности;

S_i - площадь i -й поверхности, м^2 ;

A_j - эквивалентная площадь звукопоглощения j -го штучного поглотителя, м^2 ;

n_j - количество j -ых штучных поглотителей, шт.;

$\alpha_{\text{ср}}$ - средний коэффициент звукопоглощения, определяемый по формуле

$$\alpha_{\text{ср}} = \frac{A}{S_{\text{сзр}}}, \quad (4)$$

$S_{\text{сзр}}$ - суммарная площадь ограждающих поверхностей помещения, м^2 .

Таблица 2

$r/l_{\text{макс}}$	χ	$10 \lg \chi$, дБ
0,6	3	5
0,8	2,5	4
1,0	2	3
1,2	1,6	2
1,5	1,25	1
2	1	0

Таблица 3

Условия излучения	Ω , рад.	$10 \lg \Omega$, дБ
В пространство - источник на колонне в помещении, на мачте, трубе	4π	11
В полупространство - источник на полу, на земле, на стене	2π	8
В 1/4 пространства - источник в двухгранном углу (на полу близко от одной стены)	π	5
В 1/8 пространства - источник в трехгранном углу (на полу близко от двух стен)	$\pi/2$	2

Таблица 4

$\alpha_{\text{ср}}$	k	$10 \lg k$, дБ
0,2	1,25	1
0,4	1,6	2
0,5	2,0	3
0,6	2,5	4

Оценка уровня шума, создаваемого транспортным потоком на селитебной территории.

Для проектируемых или реконструируемых автомобильных дорог значение ШХТП в виде эквивалентного уровня звука $L_{\text{Аэкв}7,5}$ рассчитывают по формуле (1):

$$L_{\text{Аэкв}7,5} = L_{\text{Атпн}7,5} + \Delta L_{\text{Азруз}} + \Delta L_{\text{Асх}} + \Delta L_{\text{Арж}} + \Delta L_{\text{Алок}} + \Delta L_{\text{Арт}} + \Delta L_{\text{Аперс}}, \quad (1)$$

где $L_{\text{Атпн}7,5}$ - расчетное значение эквивалентного уровня звука транспортного потока, дБА, на расстоянии 7,5 м от оси ближайшей полосы движения и на высоте 1,5 м над уровнем проезжей части, определяется в зависимости от интенсивности движения по формуле (2) или таблице 1

(прямой горизонтальный участок дороги, мелкозернистое асфальтобетонное покрытие проезжей части, в составе транспортного потока 40% грузовых автомобилей и автобусов);

ΔL_{Azpyz} - поправка, дБА, учитывающая грузовые автомобили и автобусы в составе транспортного потока, определяется по таблице 2 (к грузовым относят автомобили, масса которых составляет более 3500 кг);

ΔL_{Asc} - поправка, дБА, учитывающая среднюю скорость движения, определяется по таблице 3;

ΔL_{Ayx} - поправка, дБА, учитывающая величину продольного уклона, определяется по таблице 4;

$\Delta L_{Aюк}$ - поправка, дБА, учитывающая тип покрытия проезжей части дороги, определяется по таблице 5;

$\Delta L_{Aпш}$ - поправка, дБА, учитывающая ширину центральной разделительной полосы, определяется по таблице 6;

$\Delta L_{Aперес}$ - поправка, дБА, учитывающая наличие пересечения автомобильной дороги

$$L_{Ampn7,5} = 50 + 8,8 \times \lg N, \quad (2)$$

Где N - расчетная интенсивность движения, авт./ч, в дневной или ночной периоды времени, определяемая по формулам (3) или (4):

$$N_D = 0,076 N_{сут}, \quad (3)$$

$$N_H = 0,039 N_{сут}, \quad (4)$$

Где N_D - расчетная интенсивность движения, авт./ч, за час наиболее интенсивного движения в дневное время (с 7-00 до 23-00);

N_H - расчетная интенсивность движения, авт./ч, за час наиболее интенсивного движения в ночное время (с 23-00 до 7-00);

$N_{сут}$ - среднегодовая суточная интенсивность движения, авт./сутки.

Таблица 1 - Расчетные значения эквивалентного уровня звука транспортного потока $L_{Ampn7,5}$

Интенсивность движения , авт./ч	Расчетное значение эквивалентного уровня звука $L_{Ampn7,5}$, дБА
50	65
60	66
80	67
100	68
140	69
170	70
230	71
300	72
400	73
500	74
660	75

880	76
1150	77
1650	78
2400	79
3000	80
4000	82
5000	83
6000	83
7000	84
8000	84
свыше 9000	85

Примечание - При промежуточных значениях интенсивности движения потока эквивалентный уровень звука $L_{Ampn7,5}$ определяется интерполированием.

Результат определения $L_{Ampn7,5}$ по формуле (2) или таблице 1 следует округлять с точностью до 0,5 дБА.

Таблица 2 - Поправка, учитывающая долю грузовых автомобилей и автобусов в составе потока

Доля грузовых автомобилей и автобусов в составе потока, %	<5	5-20	20-35	35-50	50-60	65-85	85-100
Поправка $\Delta L_{Aзруз}$, дБА	-3,0	-2,0	-1,0	0,0	+1,0	+2,0	+3,0

Таблица 3 - Поправка, учитывающая отличие фактической скорости движения транспортного потока от скорости движения соответствующей интенсивности движения, которая определена по формуле (2)

Скорость движения, км/час	-20	-17	-12	-7	+7	+15	+20
Поправка ΔL_{Asc} , дБА	-3,5	-3,0	-2,0	-2,0	+1,0	+2,0	+2,5

Таблица 4 - Поправка, учитывающая величину продольного уклона

Доля грузовых автомобилей и автобусов в составе транспортного потока, %	<25	25-50	50-85	85-100
Поправка $\Delta L_{Aук}$, дБА	при уклоне 2%	+2,0	+2,0	+3,0
	при уклоне 4%	+2,0	+3,0	+4,0

Таблица 5 - Поправка, учитывающая тип покрытия проезжей части

Тип покрытия проезжей части	Доля легковых автомобилей в потоке, %	Поправка, $\Delta L_{Aпок}$, дБА
Шероховатая поверхностная обработка	Менее 10	0,0
	10-30	+0,5
	30-55	+1,0
	55-75	+2,0
	75-90	+3,0
	90-100	+4,0
Асфальтобетон	Менее 15	0,0
	15-45	+0,5

	45-65	+1,0
	65-90	+1,5
	90-100	+3,0
Щебеночно-мастичный асфальтобетон (ЩМА)	До 55	-1,0
	Свыше 55	-2,0

Таблица 6 - Поправка, учитывающая ширину центральной разделительной полосы

Ширина центральной разделительной полосы, м	2 и менее	4	6	10	20 и более
Поправка $\Delta L_{Апр}$, дБА	0	-0,5	-0,75	-1,0	-1,5

При наличии пересечений поправка для пересечения со светофорным регулированием определяется по таблице 8.

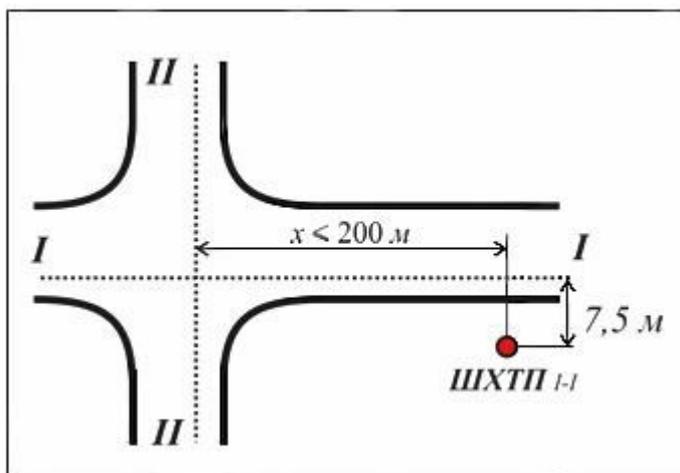
Таблица 7 - Поправка, учитывающая наличие регулируемого пересечения

Расстояние по оси проезжей части, м		Поправка ($\Delta L_{Аперес}$), дБА, при количестве грузовых автомобилей в составе транспортного потока				
		10	20	40	60	80
до стоп-линии	200	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	100	0,0	0,5	0,5	0,5	0,5
	50	0,0	1,0	1,0	1,5	2,0
	25	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
стоп-линия	0	1,0	1,5	2,0	2,5	3,5
после стоп-линии	25	0,5	1,5	2,0	3,0	3,5
	50	0,5	1,0	2,0	3,0	3,5
	100	0,0	0,5	1,0	2,0	2,5
	150	0,0	0,0	0,0	0,5	1,0
	200	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Примечания

1. Поправка определена при 60% продолжительности разрешающей фазы в цикле работы светофора, увеличение продолжительности фазы до 80% уменьшит поправку на 0,5 дБА, уменьшение до 40% увеличит на 0,5 дБА.
2. В случае расположения светофорного объекта в системе координированного регулирования поправку уменьшают на 1,0 дБА.
3. Поправка не учитывает влияния интенсивности движения на пересечении, которая должна учитываться энергетическим сложением эквивалентных уровней звука от движения по каждому из направлений.

Шумовая характеристика транспортного потока при наличии нерегулируемого пересечения в одном уровне учитывается только для расчетных сечений, расположенных на расстояниях не более 200 м от пересечения. При этом с учетом удаления расчетной точки от пересечения на расстояние , в соответствии с расчетной схемой, показанной на рисунке 1, для рассматриваемого сечения выполняется энергетическое суммирование шумовых характеристик транспортных потоков транспортных средств пересекающихся направлений по формуле (5).



- расстояние от расчетного сечения до оси ближайшей полосы движения пересекаемой дороги (улицы), не более 200 м

Рисунок 1 - Схема к определению поправки, учитывающей наличие нерегулируемого пересечения

Значение ШХТП в виде максимального уровня звука $L_{A_{\max 7,5}}$ следует принимать в соответствии с ГОСТ Р 41.51-2004, составляющие при скорости движения потока 50 км/ч:

- для потока легковых автомобилей $L_{A_{\max 7,5}} = 74$ дБА;

- при наличии в потоке грузовых автомобилей и/или автобусов $L_{A_{\max 7,5}} = 80$ дБА.

При скорости движения, отличной от 50 км/ч, максимальный уровень звука $L_{A_{\max 7,5}}$ следует рассчитывать по формуле (6) или принимать на основании номограммы, приведенной на рисунке 2.

$$L_{A_{\max 7,5}(V)} = L_{A_{\max 7,5}(V=50)} + 32 \lg \left(\frac{V}{50} \right), \quad (6)$$

где $L_{A_{\max 7,5}(V=50)}$ - максимальный уровень звука, соответствующий скорости движения 50 км/час, дБА;

$L_{A_{\max 7,5}(V)}$ - максимальный уровень звука, соответствующий скорости движения, отличной от 50 км/час, дБА;

V - скорость движения, км/час.

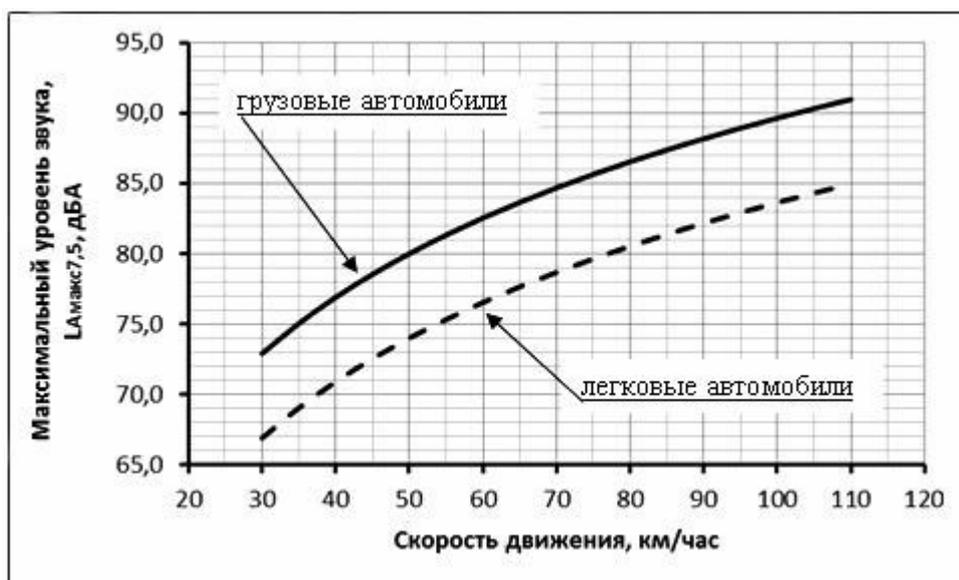


Рисунок 2 - Номограмма для определения $L_{Amax7,5}$ для легковых и грузовых автомобилей

Результат расчета по формуле (6) или значение, установленное согласно рисунку 2, следует принимать с точностью до 0,5 дБА.

Оценка эффективности виброизоляции оборудования

Одним из методов защиты рабочих мест от воздействия вибрации является виброизоляция источника и человека. Снижение вибрации здесь достигается установкой упругих элементов (амортизаторов) между источником вибрации и рабочим местом. Амортизаторы выполняются из стальных пружин, различных сортов резины, упругих видов пластмасс, упругих оболочек со сжатым воздухом и др.

Основным показателем, определяющим качество виброзащиты, является коэффициент передачи КП, физический смысл которого отношение амплитуды вибросмещения (виброскорости V_v , виброускорения силы W_v , виброизолированного основания A_b к амплитуде вибросмещения (виброскорости $V_{и}$, виброускорения $W_{и}$, силы $F_{и}$) в источнике вибрации $A_{и}$:

$$КП = \frac{\sigma_0}{\sigma} = \frac{v_0}{v} = \frac{a_0}{a} \quad (7)$$

Коэффициент передачи в системах, где можно пренебречь трением (стальные пружины), может быть рассчитан по формуле:

$$КП = \frac{1}{\left(\frac{f}{f_0}\right)^2 - 1} \quad (8)$$

где f - частота вынужденных колебаний источника, Гц;

f_0 - частота собственных колебаний виброизолированного основания, Гц.

Коэффициент передачи в системах, обладающих большим внутренним трением (резиновые амортизаторы), может быть рассчитан по формуле:

$$KП = \sqrt{\frac{1 + (2a \cdot b)^2}{(a^2 - 1)^2} + (2a \cdot b)^2} \quad (9)$$

где $a = \frac{f}{f_0}$; b - относительное демпфирование, зависящее от сорта резины и задаваемое по справочникам.

Если $b = 0$, формула (9) переходит в формулу (8).

Чем меньше значение КП, тем выше степень виброизоляции. Например, пружинные амортизаторы имеют коэффициент передачи $KП = \frac{1}{40} \div \frac{1}{60}$. Однако, оптимальные соотношения $\frac{f}{f_0} = 3 \dots 4$, что соответствует значениям

$$KП = \frac{1}{8} \div \frac{1}{15}.$$

Частота собственных колебаний виброизолированной машины, установленной на стальные пружинные амортизаторы, с ошибкой 4-8% определяется по формуле:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{M}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{X_{ст}}}, \quad (10)$$

где k - жесткость амортизатора, Н/м; M - масса виброизолированной машины, кг; $X_{ст}$ - статическая осадка амортизатора под действием массы вибро-изолированной машины, м; $g = 9,81$ м/с² - ускорение свободного падения.

Таким образом, для расчета частоты собственных колебаний достаточно определить величину $X_{ст}$:

$$X_{ст} = H_0 - H_{гр}, \quad (11)$$

где H_0 - высота пружины в ненагруженном состоянии, м;

$H_{гр}$ - высота пружины в нагруженном состоянии, м.

Из формулы (10) следует, что для изменения f_0 , а следовательно и для изменения КП, нужно изменить либо массу M виброизолированной машины, либо жесткость k пружинного амортизатора.

Оценка эффективности звукоизоляции ограждающих конструкций

Октавные уровни звукового давления L , дБ, в расчетных точках в изолируемом помещении, проникающие через ограждающую конструкцию из соседнего помещения с источником (источниками) шума или с территории, следует определять по формуле

$$L = L_{ш} - R + 10 \lg S - 10 \lg B_{ш} - 10 \lg k, \quad (12)$$

где $L_{ш}$ - октавный уровень звукового давления в помещении с источником шума на расстоянии 2 м от разделяющего помещения ограждения, дБ, определяют по формуле (1), при шуме, проникающем в изолируемое помещение с территории, октавный уровень звукового давления $L_{ш}$ снаружи на расстоянии 2 м от ограждающей конструкции определяют по формуле

$$L = L_{ш} - 20 \lg r + 10 \lg \Phi - \frac{\beta_2 r}{1000} - 10 \lg \Omega;$$

R - изоляция воздушного шума ограждающей конструкцией, через которую проникает шум, дБ;

S - площадь ограждающей конструкции, м²;

B_u - акустическая постоянная изолируемого помещения, м²;

k - то же, что и в формуле (1).

Если ограждающая конструкция состоит из нескольких частей с различной звукоизоляцией (например, стена с окном и дверью), R определяют по формуле

$$R = 10 \lg \frac{S}{\sum_{i=1}^n \frac{S_i}{10^{0,1 R_i}}}, \quad (13)$$

где S_i - площадь i -й части, м²;

R_i - изоляция воздушного шума i -й частью, дБ.

Если ограждающая конструкция состоит из двух частей с различной звукоизоляцией ($R_1 > R_2$), R определяют по формуле

$$R = R_1 - 10 \lg \frac{\frac{S_1}{S_2} + 10^{0,1(R_1 - R_2)}}{1 + \frac{S_1}{S_2}}. \quad (14)$$

При $R_1 \gg R_2$ при определенном соотношении площадей $\frac{S_1}{S_2}$ допускается вместо звукоизоляции ограждающей конструкции R при расчетах по формуле (12) вводить звукоизоляцию слабой части составного ограждения R_2 и ее площадь S_2 .

Эквивалентный и максимальный уровни звука L_A , дБА, создаваемого внешним транспортом и проникающего в помещения через наружную стену с окном (окнами), следует определять по формуле

$$L_A = L_{A2м} - R_{Атран.о} + 10 \lg S_o - 10 \lg B_u - 10 \lg k, \quad (15)$$

где $L_{A2м}$ - эквивалентный (максимальный) уровень звука снаружи на расстоянии 2 м от ограждения, дБА;

$R_{Атран.о}$ - изоляция внешнего транспортного шума окном, дБА;

S_o - площадь окна (окон), м²;

B_u - акустическая постоянная помещения, м² (в октавной полосе 500 Гц);

k - то же, что и в формуле (1).

3. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ (УКАЗАНИЯ) К ЛАБОРАТОРНЫМ ЗАНЯТИЯМ

Стенд (рисунок 1) представляет собой макет производственного помещения, который размещается на поверхности стола. Рядом с ним размещен измеритель шума.

Звукоизолирующий кожух представляет собой полый корпус, выполненный из полимерного материала. Сменные звукоизолирующие перегородки изготовлены из следующих материалов: фанеры; картона; поликарбоната; древесностружечной плиты (ДСП); оргалита; древесноволокнистой плиты (ДВП).

В качестве средства звукопоглощения используется короб из картона, облицованный изнутри пенополиуретаном.

Измеритель шума ВШВ-003-М2 предназначен для измерения уровня звука с частотными характеристиками А, В, С; уровня звукового давления в октавных полосах; виброускорения и виброскорости. Съём информации о шуме осуществляется капсулом микрофонным конденсаторным М101.

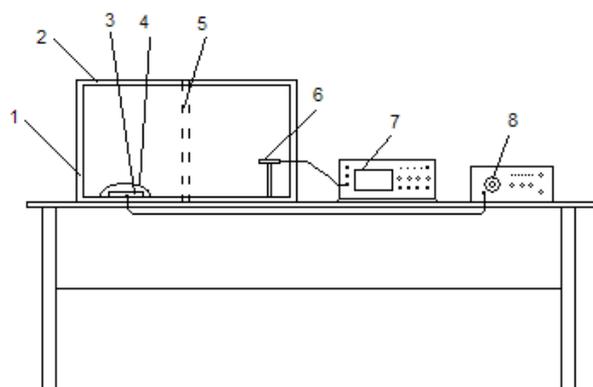


Рисунок 1 - Лабораторный стенд для исследования звукоизоляции и звукопоглощения. 1 - макет производственного помещения; 2 - откидная крышка-потолок; 3 - источник шума (динамик); 4 - звукоизолирующий кожух; 5 - звукоизолирующая перегородка; 6 - микрофон; 7 - измеритель шума ВШВ-003-М2; 8 - ЛАТР; 9 - звукопоглощающая облицовка (короб)

Правила пользования прибором ВШВ-003-м2

Подготовка прибора к работе

1. Установить прибор в вертикальное или горизонтальное положение механическим корректором нуля показывающего прибора совместить стрелку с делением 0 шкалы 0 – 1 (рис. 2).

2. Произвести контроль питания. Для этого переключатели установить в положения:

РОД РАБОТЫ – **→**

ДЛТ 1, дВ – 80

ДЛТ 2, дВ – 50

Стрелка показывающего прибора должна находиться в пределах от 7 до 10 шкалы $-\infty$ - 10 дБ. О наличии питания также сигнализирует свечение одного из светодиодов переключателей ДЛТ 1, дВ (дБ) и ДЛТ 2, дВ (дБ).

3. Электрическая калибровка. Проводится каждый раз перед началом измерений для поддержания постоянного коэффициента усиления измерительного тракта прибора.

С помощью кабеля длиной 5 м соединить предусилитель ВПМ-101 с разъемом прибора измерительного. Эквивалент капсулы М-101 соединить с предусилителем ВПМ-101. Соединительным кабелем длиной 0,5 м соединить эквивалент капсулы М-101 с гнездом 50 мV прибора измерительного.

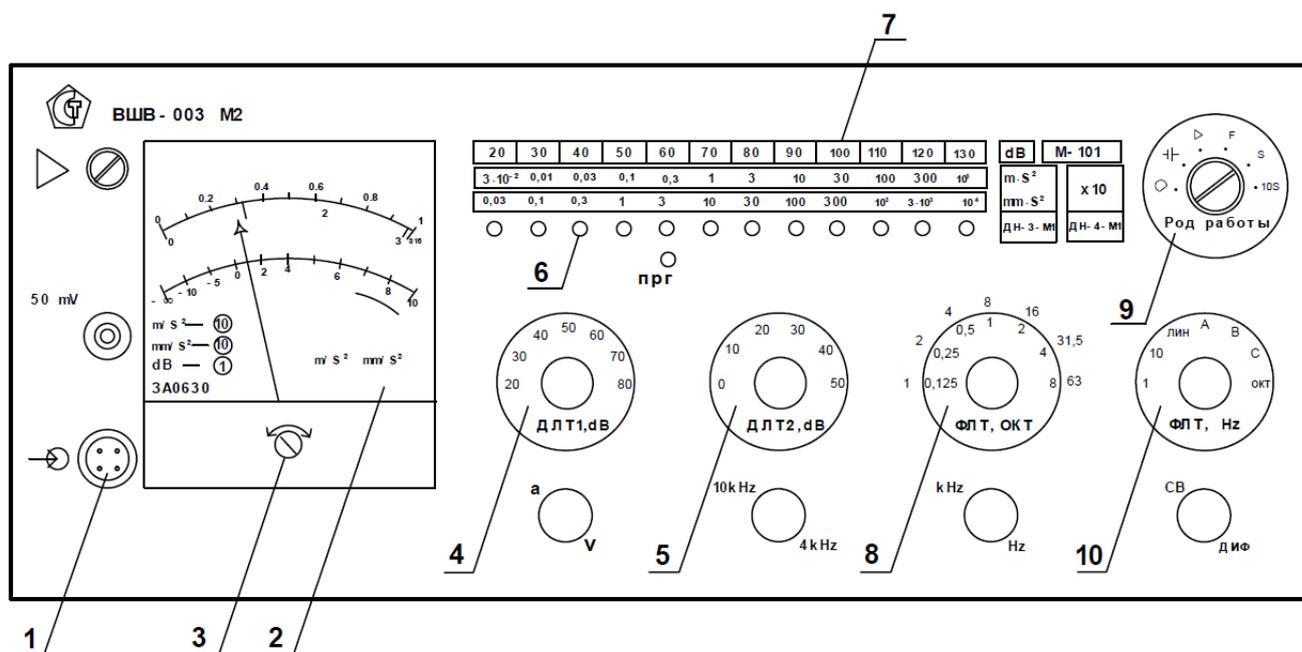


Рисунок 2. Панель прибора измерителя шума и вибрации ВШВ-003-М2: 1 - разъём входа; 2 - показывающий прибор; 3 - механический корректор нуля; 4 – переключатель диапазонов уровней звука и звукового давления ДЛТ1, dB; 5 – переключатель диапазона уровней звука и звукового давления ДЛТ2, dB; 6 – светодиоды; 7 – шкала dB М-101; 8 – переключатель октавных фильтров ФЛТ, ОКТ; 9 – переключатель Род работы; 10 – переключатель частотных характеристик ФЛТ, Hz.

Переключатели прибора измерительного установить в положения:

ДЛТ 1, dB – 40

ДЛТ 2, dB – 50

ФЛТ, Hz – ЛИН

РОД РАБОТЫ – ►

После 5 минут установления рабочего режима перевести резистором стрелку показывающего прибора на деление шкалы децибел – 4.

После калибровки переключатель РОД РАБОТЫ установить в положение ОТКЛ. Отсоединить эквивалент капсуля М-101 от предусилителя ВПМ-101.

Измерение параметров шума

Измерение уровня звука

1. Осторожно соединить капсуль М-101 с предусилителем ВПМ-101. Кнопки а/в, 10kHz/4kHz, kHz/Hz должны быть отключены (т.е. в отжатом состоянии). Нажать кнопку СВ/ДИФ.

2. Установить переключатели в положения:

ДЛТ 1, dB – 80

ДЛТ 2, dB – 50

ФЛТ, Hz – А

РОД РАБОТЫ – F

Проверить источник питания измерителя, для этого установить переключатели в положение:

Род работы ►►;

ДЛТ 1, dB- 80;

ДЛТ 2, dB- 50;

Показание измерителя должно быть в пределах сектора, указанного на шкале. Если это требование не выполняется, то необходимо устранить неисправность в блоке питания или заменить батареи.

Измерение эквивалентного уровня звука $L_{экв}$, дБА.

Род работы – F;

ДЛТ 1, dB- 80;

ДЛТ 2, dB- 50;

ФЛТ, Hz- А;

Все кнопки отжаты.

При этом светится индикатор 130 dB.

Если при измерении стрелка измерителя находится в начале шкалы, то следует ввести ее в сектор 6-10 шкалы децибел сначала переключателем ДЛТ 1, dB (если периодически загорается индикатор ПРГ, то следует переключить переключатель ДЛТ 1, dB на более высокий уровень (вправо), пока не погаснет индикатор ПРГ), затем ДЛТ 2, dB.

При измерениях низкочастотных составляющих могут возникнуть флуктуации (колебания) стрелки измерителя, тогда следует перевести переключатель РОД РАБОТЫ из положения F в положение S.

Для определения результата измерения следует сложить показание соответствующее светящемуся индикатору, и показание по шкале децибел.

Измерение уровней звука в октавных полосах частот проводится при положении переключателя ФЛТ, Hz, ОКТ.

Необходимый октавный фильтр включается переключателем ФЛТ, ОКТ, а частотный диапазон кГц или Гц кнопкой (кГц – кнопка отжата, Hz – кнопка нажата).

При измерении уровня звука (звукового давления) в диффузном поле, когда производственные помещения небольшие и большое количество отражающих поверхностей, то следует нажать кнопку СВ, ДИФ.

Подготовка к работе, порядок проведения эксперимента.

К работе допускаются лица, ознакомленные с устройством стенда.

Включение и выключение приборов производит преподаватель!

Вынуть из макета звукопоглощающий короб, перегородки и звукоизолирующий кожух.

Подключить к стенду трансформатор переменного напряжения (ЛАТР). Подать на источник шума напряжение, при котором уровень звукового давления, показываемого измерителем шума, должен быть в пределах от 90 до 100 дБ.

Измерить уровень звукового давления L , дБ, на частотах 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 и 8000 Гц (результаты записать в таблицу 1).

Установить звукоизолирующую перегородку, измерить уровень звукового давления $L_{з.пер}$ на тех же частотах. Определить изменение уровня звукового давления по формуле:

$$\Delta L = L - L_{пер}$$

где L - уровень звукового давления без звукоизоляции, дБ;

$L_{пер}$ - уровень звукового давления с применением звукоизолирующей перегородки, дБ.

Снять звукоизолирующую перегородку.

Установить звукопоглощающую облицовку (короб) внутри макета. Измерить уровень звукового давления $L_{облиц}$ на тех же частотах. Результаты записать в таблицу 1.

Определить изменение уровня звукового давления при использовании звукопоглощающей облицовки $\Delta L_{з.облиц}$.

Вынуть звукопоглощающий короб.

Накрыть громкоговоритель звукоизолятором (кожухом). Измерить уровень звукового давления $L_{\text{кожух}}$ на тех же частотах (125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 и 8000 Гц). Определить изменение звукового давления при использовании звукопоглощающего кожуха $\Delta L_{\text{з.кож.}}$.

Все данные записать в таблицу 1. Построить графики уровней звукового давления L , $L_{\text{пер}}$, $L_{\text{облиц}}$, $L_{\text{доп}}$, $L_{\text{кож}}$ и сравнить с допустимыми значениями $L_{\text{доп}}$ (рисунок 3).

После окончания измерений переключатель РОД РАБОТЫ установить в положение ОТКЛ, переключатель ФЛТ ОКТ – в положение 31,5, переключатель ФЛТ, Hz – на А, переключатели ДЛТ 1, dB и ДЛТ 2, dB – соответственно на 80 и на 50. Все кнопки должны быть отключены (т.е. в отжатом состоянии).

После выполнения всех замеров осторожно снять капсулю микрофонный М-101 и уложить в футляр. Отсоединить предусилитель ВПМ-101 с кабелем от прибора. Надеть на предусилитель защитный поролоновый экран. После выполнения лабораторной работы преподаватель отключает ЛАТР и стенд от сети.

Обработка результатов, оформление отчета.

Отчет должен содержать: название работы, задачи работы, схему измерения уровней звукового давления, результаты измерений (таблицу 1), рисунок 3, выводы.

Таблица 1 - Результаты измерений уровня звукового давления

Условия измерения	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
L - без звукоизоляции, дБ								
$L_{\text{пер}}$ - с звукоизолирующей перегородкой, дБ								
$L_{\text{облиц}}$ - с звукопоглощающей облицовкой, дБ								
$L_{\text{кож}}$ - со звукоизолирующим кожухом, дБ								
Нормативное значение звукового давления, дБ	95	87	82	78	75	73	71	69

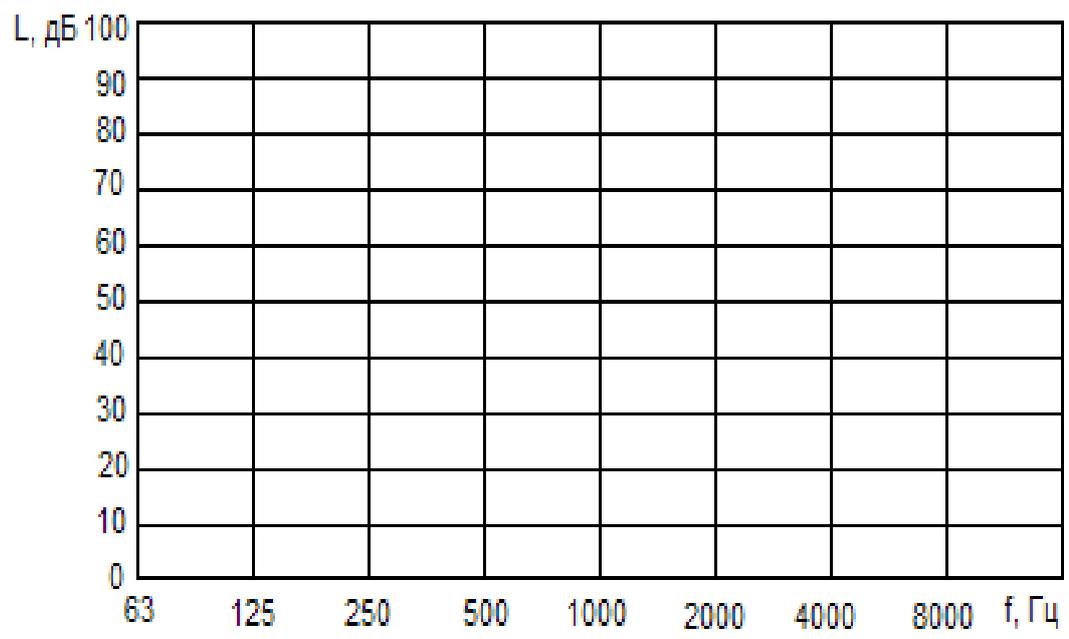


Рисунок 3 - Уровни звукового давления

4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

4.1 Методические рекомендации при работе над конспектом лекций во время проведения лекции

В ходе лекционных занятий вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации, положительный опыт в ораторском искусстве. Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

4.2 Методические рекомендации при подготовке к практическим занятиям

Целью проведения практических занятий является закрепление полученного на лекциях теоретико-методического материала, развитие логического мышления и аналитических способностей у будущих бакалавров. Методика проведения практических занятий предусматривает решение общих (типовых) задач и нескольких задач для самостоятельного решения. Темы практических занятий сообщаются студентам заранее и определены рабочей программой дисциплины.

Методические рекомендации для выполнения практических работ, в которых кратко изложен основной теоретический материал по теме практической работы, а также приведен порядок выполнения работы с требованиями к отчету, выдаются на первом занятии в электронном виде.

В ходе подготовки к практическим занятиям необходимо изучить основную литературу, ознакомиться с дополнительной литературой, новыми публикациями в периодических изданиях по теме практического занятия. Изучить выданный преподавателем материал по темам практических работ. При этом учесть рекомендации преподавателя и требования рабочей программы. Ознакомиться с исходными данными для выполнения индивидуального задания. На практических занятиях задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Не ранее чем за две недели до окончания семестра сдать и защитить расчетно-графическую работу.

Оформление индивидуальных заданий выполняется в соответствии с требованиями стандарта АмГУ СТО СМК 4.2.3.05-2011 «Оформление выпускных квалификационных и курсовых работ (проектов)». Нормоконтроль проходить не требуется. Титульный лист приведен на рисунке 1.

В содержании должны быть отражены следующие пункты:

1. Содержание
2. Условие задачи
3. Теоретическая часть
4. Расчетная часть
5. Анализ результатов расчета
6. Выводы
7. Библиографический список
8. Приложения (при необходимости), например листинги программ по которым производились расчеты

Начиная подготовку к лабораторному занятию, студент должен уяснить место конкретной лабораторной работы в изучаемом курсе, поработать с дополнительной литературой, сделать записи по рекомендованным источникам.

В ходе подготовки к лабораторным занятиям необходимо изучить основную литературу, ознакомиться с дополнительной литературой, новыми публикациями в периодических изданиях. При этом учесть рекомендации преподавателя и требования рабочей программы.

Методические рекомендации для выполнения лабораторных работ, в которых кратко изложен основной теоретический материал по теме лабораторной работы, порядок выполнения лабораторной работы и требования к отчету, выдаются на первом занятии в электронном виде.

Методика проведения лабораторных работ предусматривает их выполнение в микро группах с написанием отчета и его защитой.

Не ранее чем за две недели до окончания семестра сдать и защитить отчеты по лабораторным работам.

Оформление отчета по лабораторным работам выполняется в соответствии с требованиями стандарта АмГУ СТО СМК 4.2.3.05-2011 «Оформление выпускных квалификационных и курсовых работ (проектов)». Нормоконтроль проходить не требуется. Титульный лист приведен на рисунке 2.

В содержании отчета по лабораторной работе должны быть отражены следующие пункты:

1. Содержание;
2. Цель работы;
3. Оборудование;
4. Теория, касающаяся объекта(ов) исследования;
5. Результаты исследований (в том числе таблицы, приведенные в описании к лабораторной работе);
6. Обработка результатов измерений;
7. Выводы;
8. Ответы на контрольные вопросы;
9. Библиографический список;
10. Приложения (при необходимости).

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ФГБОУВО «АмГУ»)

Факультет:
Кафедра:
Направление подготовки бакалавров:
Направленность (профиль) образовательной программы:

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № _____

на тему: _____

по дисциплине: _____

Выполнил

студент группы _____

И.О.Ф.

(подпись, дата)

Проверил

должность, ученая степень _____

И.О.Ф.

(подпись, дата)

Благовещенск 20 _____

Рисунок 2 – Титульный лист отчета по лабораторной работе

4.4 Групповая консультация

Разъяснение является основным содержанием данной формы занятий, наиболее сложных вопросов изучаемого программного материала. Цель – максимальное приближение обучения к практическим интересам с учетом имеющейся информации и является результативным материалом закрепления знаний.

Групповая консультация проводится в следующих случаях:

- когда необходимо подробно рассмотреть практические вопросы, которые были недостаточно освещены или совсем не освещены в процессе лекции;
- с целью оказания помощи в самостоятельной работе (выполнение расчетно-графической работы, выполнение курсового проекта, сдача экзаменов).

4.5 Методические рекомендации студентам по изучению рекомендованной литературы

Эти методические рекомендации раскрывают рекомендуемый режим и характер различных видов учебной работы (в том числе самостоятельной работы над рекомендованной литературой) с учетом специфики выбранной студентом очной формы.

Изучение дисциплины следует начинать с проработки настоящей рабочей программы, особое внимание, уделяя целям и задачам, структуре и содержанию курса.

Студентам рекомендуется получить в научной библиотеке университета учебную литературу по дисциплине или доступ к электронным библиотечным ресурсам, которые необходимы для эффективной работы на всех видах аудиторных занятий, а также для самостоятельной работы по изучению дисциплины.

Теоретический материал курса становится более понятным, когда дополнительно к прослушиванию лекции и изучению конспекта, изучаются и книги. Легче освоить курс, придерживаясь одного учебника и конспекта. Рекомендуется, кроме «заучивания» материала, добиться состояния понимания изучаемой темы дисциплины. С этой целью рекомендуется после изучения очередного параграфа выполнить несколько простых упражнений на данную тему. Кроме того, очень полезно мысленно задать себе следующие вопросы (и попробовать ответить на них): о чем этот параграф, какие новые понятия введены, каков их смысл, что даст это на практике?

Успешное освоение курса предполагает активное, творческое участие студента путем планомерной, повседневной работы.