

МОСКОВСКИЙ АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ ИНСТИТУТ  
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)

---

Кафедра техносферной безопасности

У т в е р ж д а ю  
Зав. кафедрой д-р техн. наук, проф.  
\_\_\_\_\_ Ю.В. Трофименко  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2007 г.

Н. А. ЕВСТИГНЕЕВА, С. В. КАРЕВ

## **ЗАЩИТА ОТ ШУМА**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ  
ПО КУРСАМ  
«БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ»,  
«ОСНОВЫ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА»

Москва 2007

УДК 331.43

ББК 30 н

Настоящие методические указания содержат основные сведения о звуке, источниках шума естественного и техногенного происхождения, биологическом действии шума на организм человека, нормировании шума, средствах и методах защиты от него. Изложена методика исследования эффективности акустических средств коллективной защиты от шума.

Введение, разделы 1, 3...5 написаны канд. техн. наук, доц. *Н.А. Евстигнеевой*; раздел 2 – зав. лабораторией *С.В. Каревым*.

Методические указания предназначены для студентов всех специальностей МАДИ (ГТУ).

## ВВЕДЕНИЕ

Эксплуатация современного промышленного оборудования и средств транспорта сопровождается значительным шумовым загрязнением окружающей среды. Шум является одним из наиболее распространенных вредных производственных факторов и при определенных условиях может выступать как опасный производственный фактор.

*Цель настоящей лабораторной работы* – закрепление на практике теоретических знаний о методах и средствах защиты работающих от шума, полученных студентами при изучении курсов «Безопасность жизнедеятельности» и «Основы безопасности труда».

В ходе выполнения работы перед студентами ставятся следующие задачи:

- изучить средства защиты от шума;
- исследовать спектральную эффективность акустических средств коллективной защиты от шума (звукоизоляции и звукопоглощения);
- сопоставить результаты исследований с гигиеническими нормативами параметров шума.

## 1. ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

### 1.1. Звук: физические характеристики

**Звук** – это механические колебания, распространяющиеся в упругой среде (твердой, жидкой или газообразной). Каждая из час-

тиц среды при этом колеблется около положения устойчивого равновесия. Основным признаком механических колебаний – повторность процесса движения через определенный промежуток времени (рис.1). Минимальный промежуток времени, через который происходит повторение движения тела, называют периодом колебаний  $T$ ,

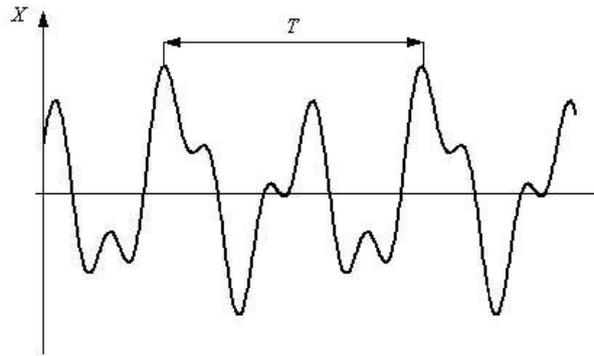


Рис.1. Периодическое колебание произвольной формы

а обратную ему величину – частотой колебаний  $f$ <sup>1</sup>. Эти величины связаны между собой простым соотношением:

$$f = \frac{1}{T}, \quad (1)$$

где  $f$  – частота колебаний, Гц;  $T$  – период колебаний, с.

В общем случае периодическое колебание может быть выражено в виде:

$$x(t + T) = x(t), \quad (-\infty < t < \infty), \quad (2)$$

где  $x$  – смещение тела (частицы среды) от положения равновесия;  $t$  – время.

Одним из наиболее частых видов колебаний, существующих в

---

<sup>1</sup> Частота колебаний определяется числом колебаний, произошедших за 1 секунду. Единица измерения частоты герц (Гц),  $1 \text{ Гц} = 1 \text{ с}^{-1}$ .

природе, являются гармонические колебания<sup>2</sup> (рис.2), описываемые уравнением

$$x = x_{\max} \cdot \sin(\omega \cdot t + \phi_0) , \quad (3)$$

где  $x$  – смещение тела (частицы среды) от положения равновесия;

$x_{\max}$  – максимальное значение смещения от положения равновесия, или амплитуда колебания;

$\omega \cdot t + \phi_0$  – фаза колебания;

$\omega$  – циклическая (круговая) частота колебаний<sup>3</sup>,  $\omega = \frac{2 \cdot \pi}{T} = 2 \cdot \pi \cdot f$ ;

$t$  – время;

$\phi_0$  – начальная фаза колебаний, характеризуется величиной и направлением отклонения колебания от положения равновесия в начальный момент времени  $t = 0$ .

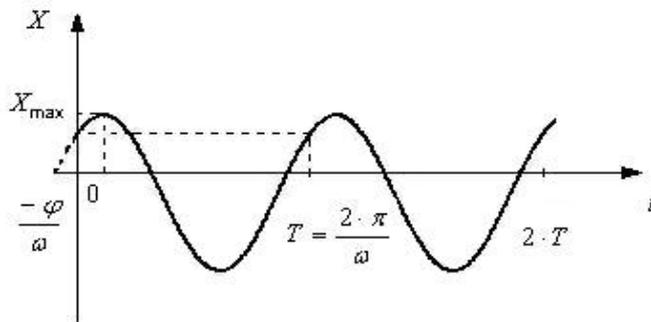


Рис. 2.  
Гармоническое  
(синусоидальное)  
колебание

Для описания колебательных процессов в упругой среде используют следующие характеристики и понятия.

Скорость колебаний  $v$  – скорость движения частиц среды относительно положения равновесия:

$$v = \frac{\partial x}{\partial t} . \quad (4)$$

<sup>2</sup> В природе и технике *строго* периодических (гармонических, монохроматических) колебаний не существует, однако с достаточным приближением большое число явлений можно описать *набором гармонических функций*.

<sup>3</sup> *Циклическая частота* – число колебаний, происходящих за  $2 \cdot \pi$  секунд.

Процесс распространения колебаний в упругой среде называется волной. Расстояние между двумя соседними частицами, находящимися в одинаковом режиме движения или в одной одинаковой фазе, называется длиной волны  $\lambda$ . Различают продольные и поперечные волны. Для продольных волн направление колебаний (смещения) частиц совпадает с направлением распространения волны; данный тип волн характерен для твердых, жидких и газообразных сред. Для поперечных волн направление колебаний частиц перпендикулярно направлению распространения волны; данный тип волн характерен только для твердых сред.

Скорость распространения колебаний в пространстве (скорость звука)  $c$  называется скоростью волны. Ее величина постоянна для данной среды и условий распространения волны. В случае периодических колебаний скорость распространения волны в упругой среде связана с периодом  $T$  и частотой колебаний  $f$  соотношением:

$$c = \frac{\lambda}{T} = \lambda \cdot f . \quad (5)$$

Скорость распространения звуковых волн  $c$  в газообразной среде (идеальном газе) определяется выражением

$$c_{\text{газ}} = \sqrt{\frac{\chi \cdot P}{\rho}} , \quad (6)$$

где  $\chi$  – показатель адиабаты (для воздуха  $\chi = 1,41$ );

$P$  – давление невозмущенного газа, Па;

$\rho$  – плотность газа, кг/м<sup>3</sup>.

$$\chi = \frac{C_p}{C_v} , \quad (7)$$

где  $C_p$  и  $C_v$  – теплоемкость среды соответственно при постоянном давлении и постоянном объеме.

По современным измерениям скорость звука в воздухе при нормальных условиях ( $t=20^\circ\text{C}$ ,  $P=10^5 \text{ Па}$ ) равна 331 м/с. При других

температурах скорость звука в воздухе может быть определена по формуле

$$c_{\text{газ}} = 20,5 \cdot \sqrt{t + 273} , \quad (8)$$

где  $t$  – температура воздуха, °С.

В жидких и твердых средах скорость звука определяется плотностью среды  $\rho$  и модулем упругости  $E$  (модулем Юнга) для соответствующего вида деформации:

$$c_{\text{ж,тв}} = \sqrt{\frac{E}{\rho}} . \quad (9)$$

В *табл. 1* приведены скорости распространения звуковых волн в различных веществах при комнатной температуре. Скорость распространения продольных волн всегда больше скорости поперечных волн не менее чем в  $\sqrt{2}$  раз.

*Таблица 1*

Скорость распространения волн для различных веществ при комнатной температуре

Вещество	Скорость распространения волн, м/с	
	продольных	поперечных
Алюминий	6320	3130
Железо	5900	3230
Никель	5894	3219
Кварцевое стекло	5570	3520
Медь	4730	2300
Цинк	4120	2350
Свинец	2160	700
Вода (0°С)	1481	–
Воздух	331	–

Звуковые волны переносят энергию; средний поток энергии в какой-либо точке среды характеризуется интенсивностью звука – количеством энергии, переносимой через единицу площади поверхности, нормальной (расположенной под углом 90°) к направлению распространения волны. Интенсивность звука выражается следую-

щим образом

$$I = \frac{P^2}{\rho \cdot c}, \quad (10)$$

где  $P$  – звуковое давление (разность между мгновенным значением полного давления и средним давлением, которое наблюдалось в невозмущенной среде), Па.

$$P = \rho \cdot c \cdot v, \quad (11)$$

где  $\rho$  – плотность среды, кг/м<sup>3</sup>;

$\rho \cdot c$  – удельное акустическое сопротивление среды, Па·с/м (для воздуха – 410 Па·с/м, для воды –  $1,5 \cdot 10^6$  Па·с/м, для стали –  $4,8 \cdot 10^7$  Па·с/м).

В природе величины звукового давления и интенсивности звука, генерируемые различными источниками шума, меняются в широких пределах: по давлению – до  $10^8$  раз, а по интенсивности – до  $10^{16}$  раз. Пользоваться абсолютными значениями этих характеристик шума неудобно. Кроме того, анализаторы человека (в том числе и слуховой) реагируют не на абсолютное изменение интенсивности раздражителя, а на его относительное изменение. Согласно закону Вебера – Фехнера ощущения человека пропорциональны логарифму отношения энергий двух сравниваемых раздражителей. Поэтому звуковое давление и интенсивность звука принято характеризовать их логарифмическими значениями – уровнями звукового давления и интенсивности звука, единицей измерения которых служит децибел (дБ). Для относительной логарифмической шкалы в качестве нулевых уровней выбраны показатели, характеризующие минимальный порог восприятия звука человеческого голоса на частоте 1000 Гц:

$$P_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Па}, \quad I_0 = 10^{-12} \text{ Вт/м}^2.$$

Уровень интенсивности звука определяют по формуле

$$L_I = 10 \cdot \lg \frac{I}{I_0}, \text{ дБ}. \quad (12)$$

Уровень звукового давления равен

$$L_P = 10 \cdot \lg \frac{P^2}{P_0^2}, \text{ дБ} . \quad (13)$$

Уровень интенсивности и уровень звукового давления связаны соотношением:

$$L_I = L_P + 10 \cdot \lg \left( \frac{\rho_0 \cdot c_0}{\rho \cdot c} \right) , \quad (14)$$

где  $\rho_0$  и  $c_0$  – плотность среды и скорость звука при нормальных атмосферных условиях ( $t = 20^\circ\text{C}$ ,  $P = 10^5 \text{ Па}$ );

$\rho$  и  $c$  – плотность среды и скорость звука в условиях измерения.

При распространении звука в нормальных атмосферных условиях  $L_I = L_P$ .

Важной характеристикой, определяющей распространение шума и его воздействие на человека, является частота. Диапазон звуковых частот разбивают на частотные полосы (октавные диапазоны). В октавном диапазоне частот верхняя граничная частота  $f_в$  вдвое больше нижней граничной частоты  $f_н$ :

$$f_в = 2 \cdot f_н . \quad (15)$$

Октавная полоса характеризуется среднегеометрической частотой:

$$f_{сг} = \sqrt{f_н \cdot f_в} . \quad (16)$$

В технике приняты октавные полосы со среднегеометрическими частотами 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 Гц.

Различают биологическое и физическое понятие звука. **К биологическому понятию звука** относят колебания и волны, которые воспринимаются человеческим органом слуха. Ощущение звука проявляется только в том случае, когда частота колебаний и их интенсивность лежат в определенных пределах. *Для человеческого уха спектр слышимых звуковых колебаний лежит в диапазоне от*

20 Гц до 20 000 Гц, если не принимать во внимание индивидуальные способности и возрастные ограничения (рис.3).

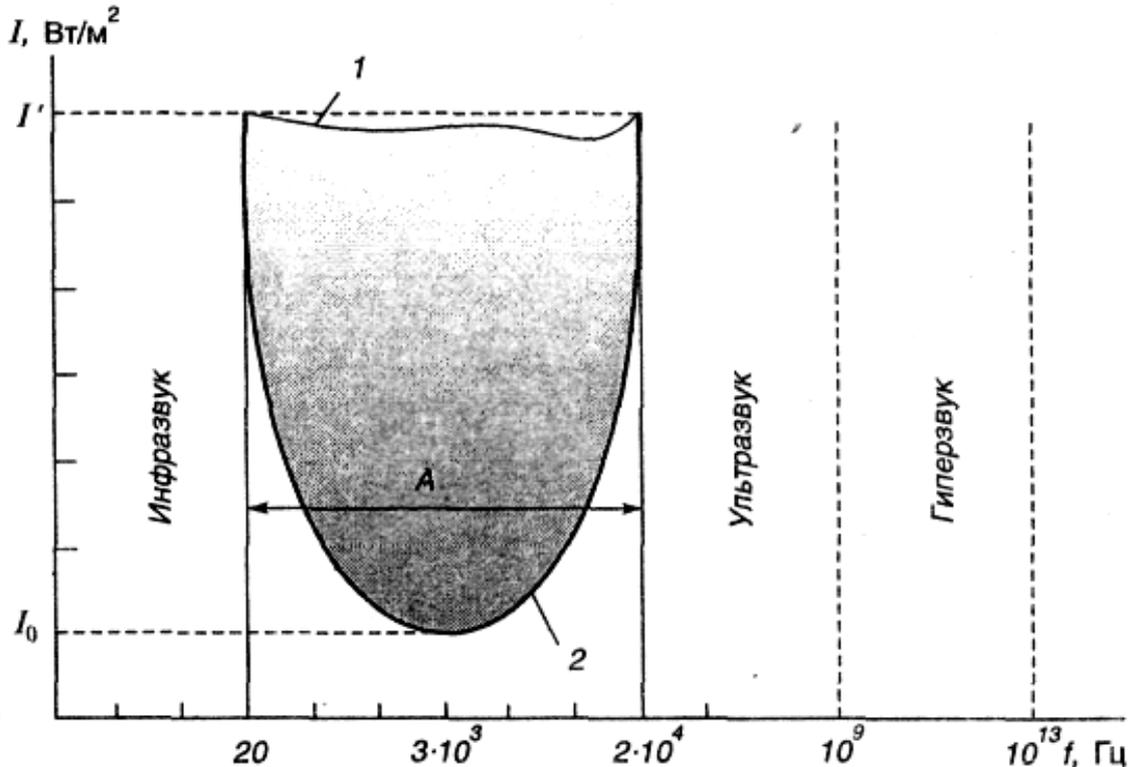


Рис. 3. Спектральная чувствительность человеческого уха: 1 – порог болевого ощущения; 2 – порог слышимости ( $I_0 = 10^{-12} \text{ Вт/м}^2$ ); A – слышимый диапазон частот;  $I' = 1 \text{ Вт/м}^2$  (болевого порога). Обозначения на осях координат проставлены без соблюдения масштаба

**Физическое понятие звука** объединяет как слышимые, так и неслышимые колебания упругих сред (условно от 0 до  $10^{13}$  Гц). Колебания с частотами ниже 20 Гц называются **инфразвуком**. Нижний предел частот инфразвука не ограничен. В окружающей нас природной среде встречаются инфразвуковые колебания с частотами в тысячные доли Гц. Изучение диапазона инфразвуковых волн представляет значительный интерес. Примером могут служить **сейсмические волны**, возникающие в земной коре. По характеру их распространения можно изучать строение земной коры и производить разведку полезных ископаемых.

Колебания упругих сред с частотами более 20 кГц называют

**ультразвуком**, который тоже не вызывает слуховых ощущений. Ультразвук широко применяется в современных технологиях (дефектоскопии, ультразвуковой технологии обработки материалов и т.п.), медицине (диагностике, хирургии и т. п.), радиотехнике и многих других областях науки и техники.

В диапазоне частот  $10^9 \dots 10^{13}$  Гц находятся колебания упругих сред, называемых **гиперзвуком**. Верхняя граница гиперзвуковых волн имеет ограничение по принципиальным соображениям ввиду атомно-молекулярного строения сред. Длина волны упругих колебаний в газах должна быть больше длины волны свободного пробега молекул. Длина волны упругих колебаний в твердых телах и в жидкостях должна быть больше удвоенного межатомного или межмолекулярного расстояния. Поэтому верхний предел частот гиперзвука в газах ограничен частотой  $10^9$  Гц, а в твердых телах и жидкости –  $10^{12} \dots 10^{13}$  Гц.

## 1.2. Понятие о шумах. Источники шума

С физиологической точки зрения **шумом называется любой нежелательный звук, оказывающий вредное воздействие на организм человека**. Интенсивность шумов может быть самой различной: от шелеста листьев деревьев до шума грозового разряда. **Источником шума** может быть любой процесс, который вызывает местное изменение давления или механические изменения в среде. Различают источники шума естественного и техногенного происхождения.

**Источники шума естественного происхождения.** В реальной атмосфере вне зависимости от человека всегда присутствуют шумы естественного происхождения с весьма широким спектральным диапазоном от инфразвука с частотами  $3 \cdot 10^{-3}$  Гц до ультразвука и гиперзвука. Примерами шумов естественного происхождения являются шумы морского прибоя, горного обвала, грозового разряда, извержения вулкана, ветра в лесу, пения птиц, голоса животных, шум низвергающегося водопада.

Источниками инфразвуковых шумов могут быть различные метеорологические и географические явления, такие, как магнитные бури, полярные сияния, движения воздуха в кучевых и грозовых облаках, ураганы, землетрясения. В слышимой области частот под действием ветра всегда создается звуковой фон. В природе при обтекании потоком воздуха различных тел (углов зданий, гребней морских волн и т. п.) за счет отрыва вихрей образуются инфразвуковые колебания и слышимые низкие частоты.

**Источники шума техногенного происхождения.** К источникам шума техногенного происхождения относятся все применяемые в современной технике механизмы, оборудование и транспорт, которые создают значительное шумовое загрязнение окружающей среды.

Техногенный шумовой фон создается источниками, находящимися в постройках, сооружениях, зданиях и на территории между ними. Примерами источников шумов техногенного происхождения являются: рельсовый, водный, авиационный и колесный транспорт, техническое оборудование промышленных и бытовых объектов, вентиляционные установки, санитарно-техническое оборудование, теплоэнергетические системы, электромеханические устройства, газотурбокомпрессоры, электротехнические приборы и оборудование, аэрогазодинамические установки и т. п.

**Классификация шумов по физической природе.** Техногенные шумы по физической природе происхождения могут быть классифицированы на следующие группы:

- **механические шумы**, возникающие при взаимодействии различных деталей в механизмах (одиночные или периодические удары), а также при вибрациях поверхностей машин и оборудования;
- **электромагнитные шумы**, возникающие вследствие колебаний элементов электромеханических устройств под влиянием переменных магнитных сил (колебания статора и ротора электрических машин, сердечника трансформатора и др.);

- **аэродинамические шумы**, возникающие в результате стационарных или нестационарных процессов в газах (истечение сжатого газа (воздуха) из отверстий, пульсация давления при движении потоков газа (воздуха) в трубах или при движении в воздухе тел с большими скоростями; горение жидкого или распыленного топлива в форсунках и др.);
- **гидродинамические шумы**, вызываемые различными стационарными и нестационарными процессами в жидкостях (турбулентность потока, возникновение гидравлического удара при быстром сокращении кавитационных пузырей, кавитация в ультразвуковом технологическом оборудовании, в жидкостных системах самолетов и т. п.).

**Классификация шумов по спектрально-временным характеристикам.** Спектрально-временные характеристики шумов обладают большим многообразием. Для технической оценки шумов введена их классификация по спектральным и временным характеристикам.

По характеру спектра шум подразделяется на *широкополосный* и *тональный* (рис. 4, а). **Под широкополосным шумом** понимается шум, имеющий непрерывный спектр шириной более одной октавы. **Тональный шум** характеризуется тем, что в его спектре присутствуют отдельные слышимые дискретные тона. Тональный характер шума устанавливается измерением уровня звукового давления в *третьоктавных*<sup>4</sup> полосах частот по превышению уровня в одной полосе над соседними не менее чем на 10 дБ.

По временным характеристикам шум подразделяется на *постоянный* и *непостоянный*. **Постоянным шумом** считается шум, уровень звука которого за 8-часовой рабочий день при измерении на временной характеристике «медленно» шумомера<sup>5</sup> изменяется во

---

<sup>4</sup> Для *третьоктавной полосы* выполняется соотношение  $f_8 = \sqrt[3]{2} \cdot f_H$ .

<sup>5</sup> *Шумомер* – прибор для измерения уровня звука.

времени не более чем на 5 дБА<sup>6</sup>. В случае **непостоянного шума** это изменение должно быть более чем на 5 дБА.

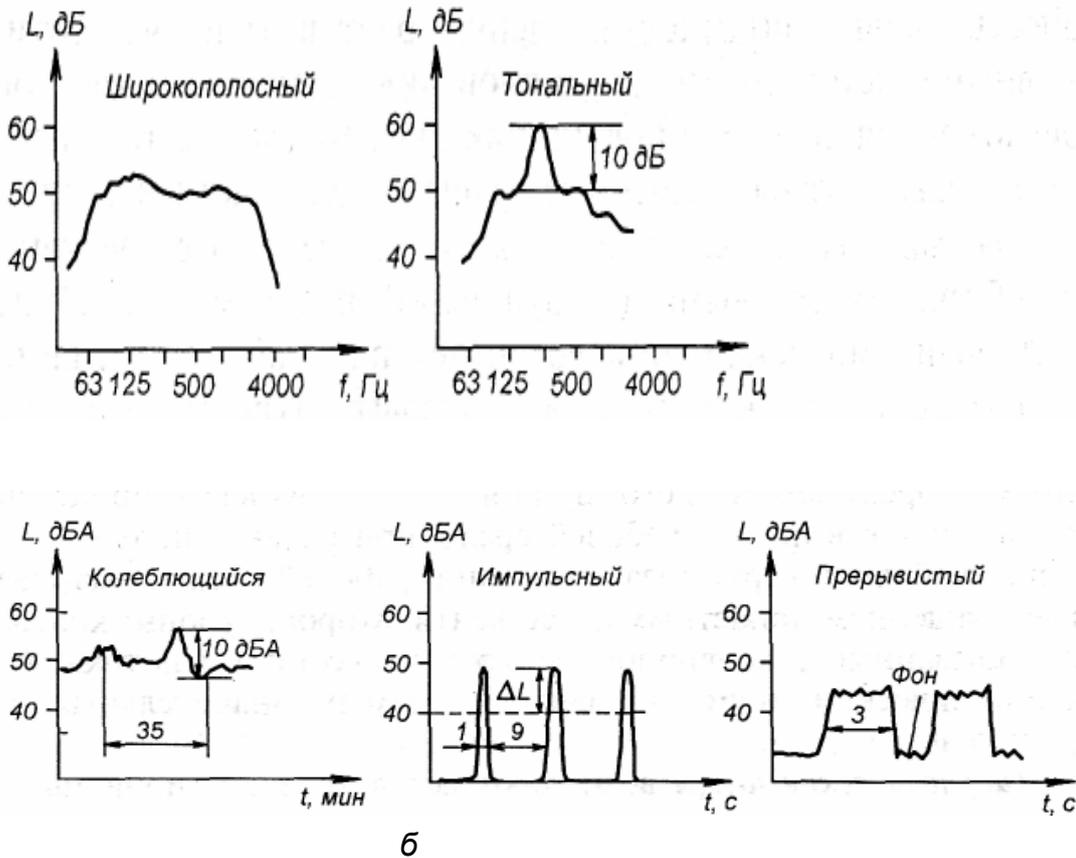


Рис. 4. Характеристики шума: а – спектральные; б – временные

В свою очередь, **непостоянный шум** разделяется на (рис. 4, б):

- **колеблющийся во времени**, уровень звука которого непрерывно изменяется во времени;
- **импульсный шум**, состоящий из одного или нескольких звуковых сигналов, каждый длительностью менее 1 с, при этом уровни звука в дБА<sub>1</sub> и дБА, измеренные соответственно на временных характеристиках «импульс» и «медленно» шумомера, отличаются не менее чем на 7 дБ;

<sup>6</sup> Уровень звука, определенный по шкале А шумомера (на характеристике «медленно»), имеет специальное обозначение  $L_A$  и единицу измерения (дБА). При измерении по шкале А характеристика чувствительности шумомера имитирует кривую чувствительности уха человека.

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

При одновременном воздействии нескольких источников может возникнуть шумовое поле со сложным спектрально-временным распределением. Методом последовательного выключения источников шума, если это возможно в процессе эксплуатации различных установок, можно определить вклад каждого из них.

**Классификация шумов по среде распространения.** В технике измерений шумов в зависимости от среды распространения различают *воздушный* и *структурный* шумы. **Воздушный шум** распространяется по воздуху от источника до точки измерения (регистрации, восприятия). **Структурный шум** – шум, излучаемый поверхностями колеблющихся конструкций стен, перекрытий, перегородок зданий в звуковом диапазоне частот.

### 1.3. Биологическое действие шумов на организм человека

Орган слуха человека (ухо) может воспринимать и анализировать звуки в широком диапазоне частот и интенсивностей. Сила воздействия звуковой волны на барабанную перепонку уха и вызываемое ею ощущение громкости зависят от звукового давления.

В связи с этим для оценки воздействия шума на человека используют уровень звукового давления  $L_p$ .

Область слышимых звуков ограничена двумя пороговыми кривыми: нижняя – *порогом слышимости*, верхняя – *порогом болевого ощущения* (рис.5). Самые низкие значе-

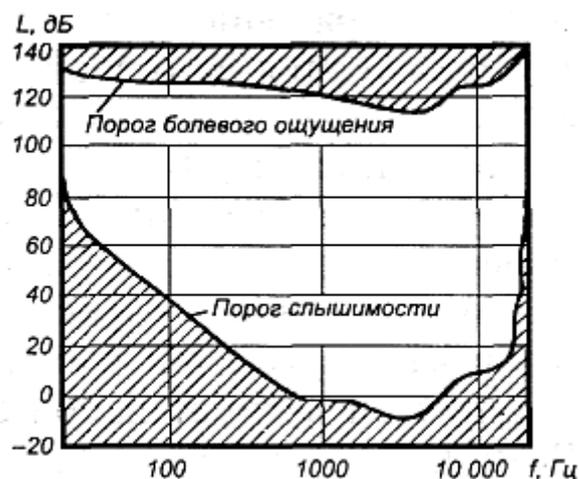


Рис.5. Слуховое восприятие человека

ния порогов лежат в диапазоне 1000...5000 Гц; самые высокие – на частотах, близких к нижнему и нижнему и верхнему пределу слышимости (20 и 20000 Гц соответственно). Порог слуха молодого человека составляет 0 дБ на частоте 1000 Гц; на частоте 100 Гц порог слухового восприятия значительно выше, так как *ухо менее чувствительно к звукам низкой частоты*. Звуки, превышающие по своему уровню порог болевого ощущения (120...130 дБ), могут вызывать боли и повреждения в слуховом аппарате (перфорация или даже разрыв барабанной перепонки). Предел переносимости шума определяется величиной *154 дБ*. При этом появляется удушье, сильная головная боль, нарушение зрительных восприятий, тошнота и т.д. Воздействие на организм человека шума, уровень которого *около 196 дБ*, приводит к повреждению легочной ткани (порог легочного повреждения).

В биологическом отношении шум является заметным стрессовым фактором, способным вызвать срыв приспособительных реакций <sup>7</sup>. Акустический стресс может привести к разным проявлениям: от функциональных нарушений регуляции центральной нервной системы до морфологически обозначенных дегенеративных деструктивных процессов *в разных органах и тканях*.

Вредное действие шумов проявляется в:

- *специфическом поражении слухового аппарата;*
- *неспецифических изменениях других органов и систем человека.*

При воздействии на человека шумов имеют значение их *уровень, характер, спектральный состав, продолжительность действия, состояние центральной нервной системы и индивидуальная чувствительность организма к акустическому раздражителю*. Считают, что повышенная чувствительность к шуму присуща 11% населения. Особенно чувствительны к шуму детский и женский организм. Высокая индивидуальная чувствительность может быть

---

<sup>7</sup> С другой стороны, шум набегающей морской волны, шелест листьев, пение птиц и т. п. успокаивающе действует на человека.

одной из причин повышенной утомляемости и развития неврозов. Если сравнивать шумы с одинаковым уровнем звукового давления, то *высокочастотные шумы* ( $f > 1000$  Гц) *более неприятны для человека*, чем низкочастотные ( $f < 1000$  Гц).

Специфическое шумовое воздействие, сопровождающееся повреждением слухового аппарата, проявляется медленно прогрессирующим *снижением слуха*. При профессиональной тугоухости, как правило, происходит нарушение восприятия частот в диапазоне от 4000 до 8000 Гц. Оценка состояния слуховой функции базируется на количественном определении потерь слуха и производится по показателям аудиометрического исследования. Основным методом исследования слуха является *тональная аудиометрия*. При оценке слуховой функции определяющими приняты средние показатели порогов слуха в области восприятия речевых частот (500, 1000, 2000 Гц), а также потеря слухового восприятия в области 4000 Гц. Критерием профессионального снижения слуха в речевом диапазоне принят показатель средней арифметической величины снижения слуха *в речевом диапазоне*, равный 10 дБ и более (табл.3).

Таблица 3

Критерии оценки состояния слуховой функции для лиц,  
работающих в условиях шума (ГОСТ 12.4.062 – 78)

Степень потери слуха	Величины потери слуха, дБ	
	при речевых частотах (500, 1000, 2000 Гц)	при частоте 4000 Гц
0-я степень (признаки воздействия)	менее 10 (500 Гц – 5 дБ 1000 Гц – 10 дБ 2000 Гц – 10 дБ)	менее 40
1-я степень (легкое снижение слуха)	10 ... 20	60 ... 20
2-я степень (умеренное снижение слуха)	21 ... 30	65 ... 20
3-я степень (значительное снижение слуха)	31 и более	70 ... 20

Снижение слуха на 10 дБ практически неощутимо, на 20 дБ – начинает серьезно мешать человеку, так как нарушается способность слышать важные звуковые сигналы, наступает ослабление разборчивости речи. Чаще всего снижение слуха развивается в течение 5...7 лет и более, однако у некоторых лиц серьезное шумовое повреждение слуха может наступить в первые месяцы воздействия. Работники жалуются на ухудшение слуха, головные боли, шум и писк в ушах.

Помимо патологии органа слуха при воздействии шума наблюдаются *отклонения в состоянии вестибулярной функции*, а также общие неспецифические изменения в организме: рабочие жалуются на *головные боли, головокружение, боли в области сердца, повышение артериального давления, боли в области желудка и желчного пузыря, изменение кислотности желудочного сока*. Шум вызывает снижение функций защитных систем и общей устойчивости организма к внешним воздействиям. Неспецифическое действие шума иногда проявляется раньше, чем поражение слуха.

На производстве интенсивный шум способствует *снижению внимания и увеличению ошибок* при выполнении работы. Из-за шума снижается производительность труда (до 60%) и ухудшается качество работы (число ошибок в расчетах увеличивается более чем на 50%). Шум затрудняет своевременную реакцию работающих на предупредительные сигналы внутрицехового транспорта (автопогрузчики, мостовые краны и т. п.), что *способствует возникновению несчастных случаев на производстве*.

#### **1.4. Нормирование шума на рабочих местах**

Гигиенические нормативы шума слышимого диапазона на рабочих местах определены ГОСТ 12.1.003-83 (с изменениями 1989 г.) и санитарными нормами СН 2.2.4/2.1.8.562-96.

Для нормирования постоянных шумов применяют предельно

допустимые уровни (ПДУ) звукового давления в девяти октавных полосах частот в зависимости от тяжести и напряженности трудового процесса. **ПДУ шума** – это уровень фактора, который при ежедневной (кроме выходных дней) работе, но не более 40 часов в неделю в течение всего рабочего стажа, не должен вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений. Соблюдение ПДУ шума не исключает нарушения здоровья у сверхчувствительных лиц.

Для ориентировочной оценки в качестве характеристики постоянного *широкополосного шума* на рабочих местах допускается принимать уровень звука в дБА, измеренный на временной характеристике «медленно» шумомера.

Нормируемым параметром непостоянного шума является эквивалентный (по энергии) уровень звука  $L_{АЭКВ}$  (дБА) – уровень звука постоянного широкополосного шума, который имеет такое же среднее квадратическое звуковое давление, что и данный непостоянный шум в течение определенного интервала времени:

$$L_{АЭКВ} = 10 \cdot \lg \frac{1}{\tau} \cdot \int_0^{\tau} \left( \frac{P_A(t)}{P_0} \right)^2 dt, \quad (17)$$

где  $P_A(t)$  – текущее значение звукового давления с учетом коррекции «А» шумомера, Па;

$P_0$  – пороговое значение звукового давления в воздухе  
 $P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$  Па;

$\tau$  – время действия шума, ч.

Эквивалентный по энергии уровень звука в дБА может быть измерен специальными интегрирующими шумомерами либо рассчитан по формуле

$$L_{\text{Экв}} = 10 \cdot \lg \left( \frac{1}{100} \cdot \sum_{i=1}^n t_i \cdot 10^{\frac{\bar{L}_i}{10}} \right), \quad (18)$$

где  $t_i$  – относительное время воздействия шума  $i$ -го класса  $\bar{L}_i$ , %;  
 $\bar{L}_i$  – средний уровень звука в  $i$ -ом классе, дБА;  
 $n$  – число классов.

Для этого уровни непостоянного шума, записанные на ленте самописца или считанные с шумомера, разбивают на классы с диапазоном по 5 дБА и производят расчет по формуле (18).

ПДУ звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах с учетом напряженности и тяжести трудовой деятельности представлены в *табл. 4*.

Таблица 4

ПДУ звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах для трудовой деятельности разных категорий тяжести и напряженности, дБА

Категория напряженности трудового процесса	Категория тяжести трудового процесса				
	Легкая физическая нагрузка	Средняя физическая нагрузка	Тяжелый труд 1 степени	Тяжелый труд 2 степени	Тяжелый труд 3 степени
Напряженность легкой степени	80	80	75	75	75
Напряженность средней степени	70	70	65	65	65
Напряженный труд 1 степени	60	60	–	–	–
Напряженный труд 2 степени	50	50	–	–	–

Примечания к табл. 4:

1. Для *тонального и импульсного шума* ПДУ на 5 дБА меньше значений, указанных в *табл. 4*.
2. Для *шума, создаваемого в помещениях установками кондиционирования воздуха, вентиляции и воздушного отопления* – ПДУ на 5 дБА меньше фактических уровней шума в помещениях (измеренных или рассчитанных), если последние не превышают значения, указанные в *табл. 4* (поправка для тонального и импульсного шума в этом случае не учитывается); в противном случае – на 5 дБА меньше значений, указанных в *табл. 4*.

3. Дополнительно для *колеблющегося во времени и прерывистого шума* максимальный уровень звука<sup>8</sup> не должен превышать 110 дБА, а для *импульсного шума* – 125 дБА.

ПДУ звукового давления в октавных полосах частот, уровни звука и эквивалентные уровни звука для некоторых видов трудовой деятельности и рабочих мест, разработанные с учетом категорий тяжести и напряженности труда, приведены в *Приложении*.

## **1.5. Средства и методы защиты от шума**

Выбор методов и средств защиты работающего от звуковых колебаний производится на основе акустических расчетов и измерений и их сравнения с нормированными шумовыми характеристиками.

### **1.5.1. Классификация средств и методов защиты от шума**

Классификация средств и методов защиты от шума определена ГОСТ 12.1.029-80. *По отношению к защищаемому объекту* средства и методы защиты подразделяются на (рис. 6):

- средства и методы коллективной защиты;
- средства индивидуальной защиты.

Средства и методы коллективной защиты от шума *в зависимости от способа реализации* подразделяются на: архитектурно-планировочные; организационно-технические; акустические.

*Архитектурно-планировочные методы защиты* включают:

- рациональные акустические решения планировок зданий и генеральных планов объектов;
- рациональное размещение технологического оборудования, машин и механизмов;

---

<sup>8</sup> *Максимальный уровень звука  $L_{Amax}$ , дБА* – уровень звука, соответствующий максимальному показателю шумомера при визуальном отсчете, или значение уровня звука, превышаемое в течение 1% времени измерения – при регистрации автоматическим устройством.

- рациональное размещение рабочих мест;
- рациональное акустическое планирование зон и режима движения транспортных средств и транспортных потоков;
- создание шумозащищенных зон в различных местах нахождения человека.

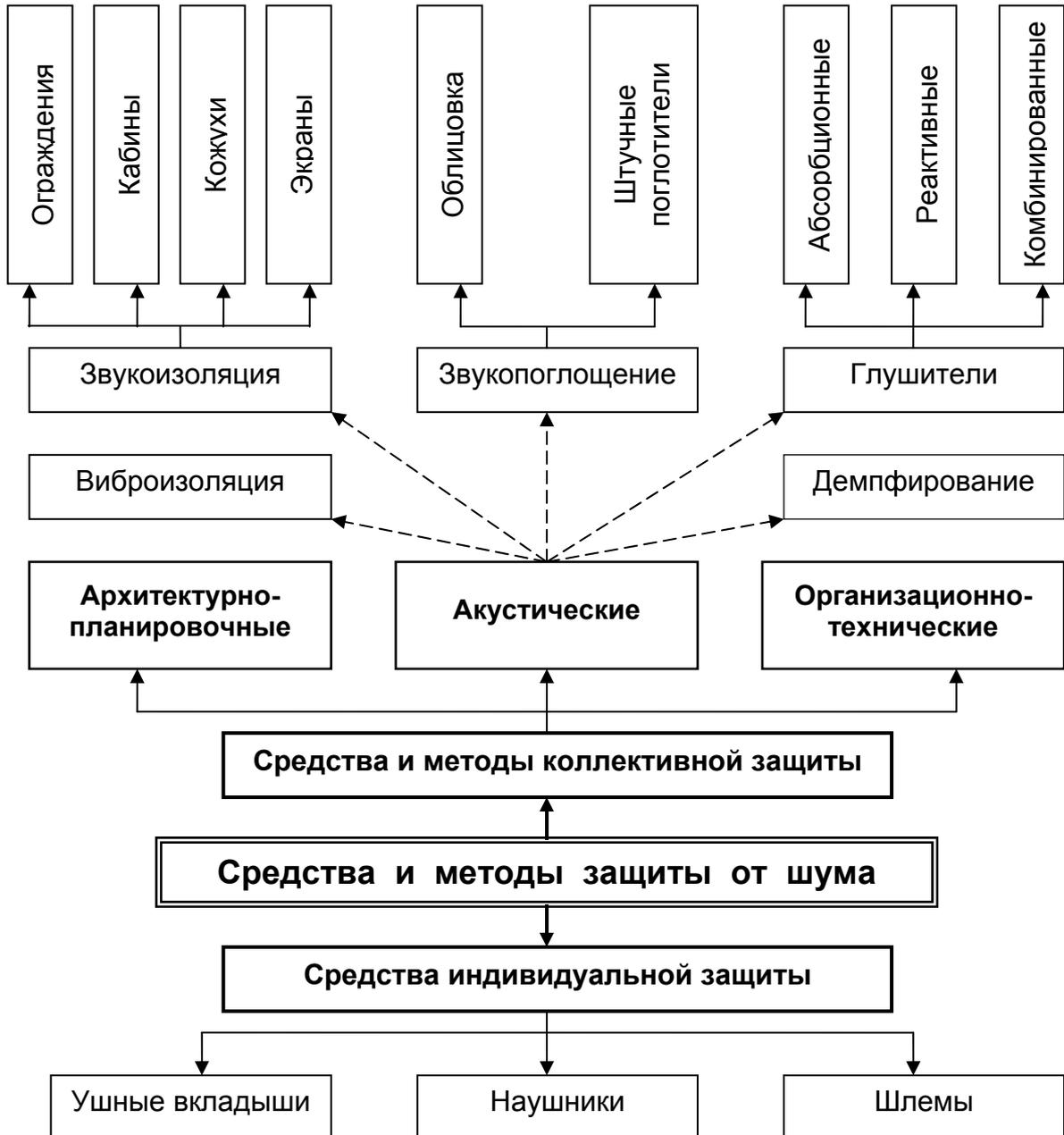


Рис.6. Классификация средств и методов защиты от шума

К организационно-техническим методам защиты относят:

- применение малошумных технологических процессов (изменение технологии производства, способа обработки и транспортирования материала и др.);
- оснащение шумных машин средствами дистанционного управления и автоматического контроля;
- применение малошумных машин, изменение конструктивных элементов машин, их сборочных единиц;
- совершенствование технологии и обслуживания машин;
- использование рациональных режимов труда и отдыха работников на шумных предприятиях.

*Акустические средства защиты от шума* в зависимости от принципа действия классифицируются на:

- средства звукоизоляции;
- средства звукопоглощения;
- средства виброизоляции;
- средства демпфирования;
- глушители шума.

Средства индивидуальной защиты человека от шума в зависимости от конструктивного исполнения подразделяются на:

- противошумные наушники, закрывающие ушную раковину снаружи;
- противошумные вкладыши, перекрывающие наружный слуховой проход или прилегающие к нему;
- противошумные шлемы и каски.

### **1.5.2. Средства и методы коллективной защиты**

Наиболее эффективный метод уменьшения шума – **снижение шума в источнике его возникновения**. В зависимости от характера образования шума различают:

- средства, снижающие шум *механического (вибрационного)* происхождения;

- средства, снижающие шум *аэродинамического* происхождения;
- средства, снижающие шум *электромагнитного* происхождения;
- средства, снижающие шум *гидродинамического* происхождения.

Для уменьшения механического шума необходимо своевременно проводить ремонт оборудования, заменять ударные процессы на безударные (штамповку – прессованием, клепку – сваркой, обрубку – фрезерованием и т.д.), возвратно-поступательные перемещения деталей на вращательные, шире применять принудительное смазывание трущихся поверхностей, применять балансировку вращающихся частей. Значительное снижение шума достигается при замене подшипников качения на подшипники скольжения, зубчатых и цепных передач – клиноременными и гидравлическими, металлических деталей – деталями из пластмасс.

Снижения аэродинамического шума можно добиться уменьшением скорости обтекания газовыми (воздушными) потоками препятствий; улучшением аэродинамики конструкций, работающих в контакте с потоками; снижением скорости истечения газовой струи и уменьшением диаметра отверстия, из которого эта струя истекает. Однако уменьшить аэродинамические шумы в источнике их возникновения зачастую не удастся и приходится использовать другие средства борьбы с ними (применение звукоизоляции источника, установка глушителей).

Гидродинамические шумы снижают за счет выбора оптимальных режимов работы насосов для перекачивания жидкостей, правильного проектирования и эксплуатации гидросистем и ряда других мероприятий.

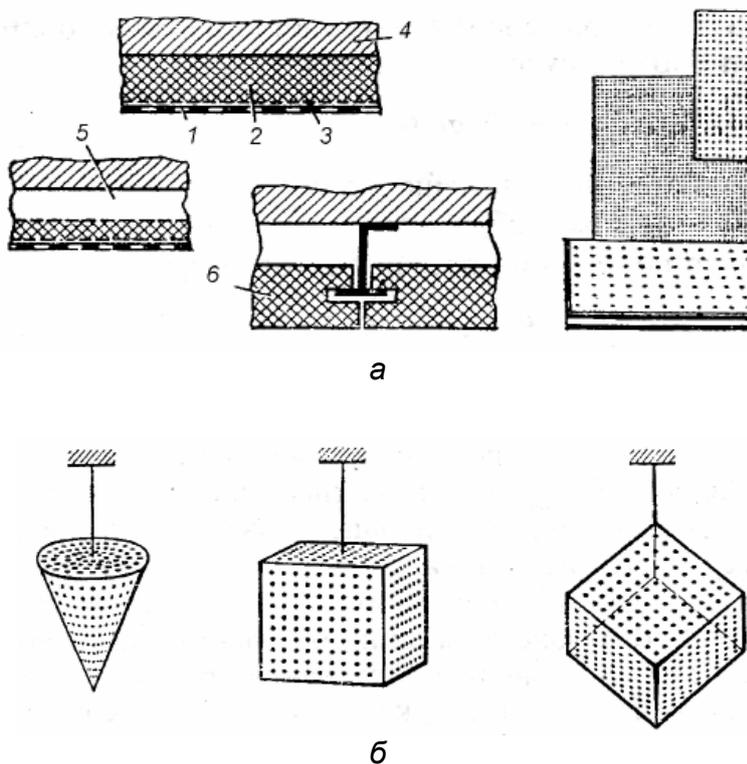
Для борьбы с шумами электромагнитного происхождения рекомендуется тщательно уравнивать вращающиеся детали электромашин (ротор, подшипники), осуществлять тщательную притирку щеток электродвигателей, применять плотную прессовку пакетов трансформаторов, использовать демпфирующие материалы и т.д.

Широкое применение получили **акустические средства защиты от шума на пути его распространения:**

- средства звукопоглощения;
- средства звукоизоляции;
- глушители шума.

Использование звукопоглощения для снижения шума в помещении именуется *акустической обработкой помещения*. С этой целью применяют:

- облицовку части внутренних поверхностей помещения звукопоглощающими материалами (*рис. 7, а*);
- размещение в помещении штучных звукопоглотителей различных конструкций, подвешиваемых на потолочные перекрытия (*рис. 7, б*).



*Рис. 7. Акустическая обработка помещений:*

*а – звукопоглощающая облицовка помещений:*

*1 – защитный перфорированный слой; 2 – звукопоглощающий материал; 3 – защитная стеклоткань; 4 – стена или потолок; 5 – воздушный промежуток; 6 – плита из звукопоглощающего материала;*

*б – звукопоглотители различных конструкций*

Поглощение звука происходит путем перехода энергии колеблющихся частиц воздуха в теплоту за счет потерь на трение в пористом материале облицовки или звукопоглотителя. Для звукопоглощающей облицовки помещения используются стекловата, минеральная и капроновая вата, мягкие пористые волокнистые материа-

лы, акустические плиты с зернистой или волокнистой структурой типа «Акмигран», «Акминит», «Силакпор» и др. Для большей эффективности звукопоглощения пористый материал должен иметь открытые со стороны падения звука незамкнутые поры. Звукопоглощающие материалы характеризуются коэффициентом звукопоглощения  $\alpha$ , равным отношению звуковой энергии  $E_{\text{погл.}}$ , поглощенной материалом, к энергии  $E_{\text{пад.}}$ , падающей на него <sup>9</sup>:

$$\alpha = \frac{E_{\text{погл.}}}{E_{\text{пад.}}} . \quad (19)$$

Звукопоглощающие материалы должны иметь коэффициент звукопоглощения  $\alpha$  не менее 0,2. Звукопоглощающие свойства облицовки определяются толщиной слоя пористого материала, частотой звука, наличием воздушной прослойки между материалом облицовки и поверхностью помещения. Наибольший эффект обеспечивается в низких помещениях (до 4...6 м) при высоких частотах шума.

Штучные поглотители используются в помещениях, где затруднена установка облицовки. Поглотители различных конструкций, представляющие собой объемные тела, изготовленные в виде конуса, куба, параллелепипеда, заполненные звукопоглощающим материалом (тонкими волокнами), подвешивают к потолку равномерно по площади помещения.

Поскольку эффективность акустической обработки помещений невелика, при необходимости ее следует сочетать с другими мерами по защите от шума.

К средствам звукоизоляции относятся: звукоизолирующие ограждения, кожуха, кабины, а также акустические экраны.

К звукоизолирующим ограждениям относятся: стены, перекрытия, перегородки, остекленные проемы, окна, двери. Они позволяют изолировать источник шума от помещения или само помещение от шума, проникающего извне. Звукоизоляция достигается созданием

---

<sup>9</sup> Вместо звуковой энергии можно выбрать отношение соответствующих интенсивностей (поглощенной  $I_{\text{погл.}}$  и падающей  $I_{\text{пад.}}$ ).

герметичной преграды на пути распространения воздушного шума. Физическая сущность звукоизолирующих преград состоит в том, что падающая на ограждение энергия звуковой волны отражается в значительно большей степени, чем проходит через него. Основная количественная характеристика эффективности звукоизолирующих свойств ограждений – коэффициент звукопроницаемости  $\tau$ , который может быть рассчитан по формуле

$$\tau = \frac{I_{пр.}}{I_{пад.}}, \quad (20)$$

где  $I_{пр.}$  и  $I_{пад.}$  – соответственно интенсивности прошедшего через ограждение и падающего звука, Вт/м<sup>2</sup>.

Эффект снижения шума за счет применения однослойной звукоизолирующей перегородки может быть определен по формуле <sup>10</sup>

$$\Delta L = 10 \cdot \lg \frac{1}{\tau} = 20 \cdot \lg(\rho \cdot h \cdot f) - 47,5, \quad \text{дБ}, \quad (21)$$

где  $\rho$  – плотность материала перегородки, кг/м<sup>3</sup>;  
 $h$  – толщина перегородки, м;  
 $f$  – частота звука, Гц.

Как видно из формулы (21), звукоизоляция перегородки тем выше, чем она массивнее и чем выше частота звука. Перегородки выполняются из плотных твердых материалов (металла, бетона, железобетона, кирпича, керамических блоков, стекла и др.).

Наиболее шумные механизмы и машины закрывают звукоизолирующими кожухами, изготовленными из конструкционных материалов (стали, сплавов алюминия, пластмасс, ДСП и др.) и облицованными изнутри звукопоглощающим материалом. Кожух должен плотно закрывать источник шума, но при этом не соединяться жестко с механизмом, так как это дает отрицательный эффект – кожух

---

<sup>10</sup> В формуле (21) не учтено влияние жесткости и размеров ограждения. Для корректного расчета необходимо пользоваться методиками, изложенными в специальной литературе, например [11].

становится дополнительным источником шума. Как и в случае звукоизолирующих ограждений, кожухи более эффективно снижают уровень шума на высоких, чем на низких частотах. Так, стальной кожух с размером стенки 4 м x 4 м и толщиной 1,5...2,0 мм обеспечивает снижение шума на частоте  $f = 63$  Гц на 21 дБ, а на частоте  $f = 4000$  Гц – на 50 дБ.

Звукоизолирующие кабины представляют собой локальные средства шумозащиты, устанавливаемые на автоматизированных линиях у постов управления и рабочих местах в шумных цехах для изоляции человека от источника шума. Их изготавливают из кирпича, бетона, стали, ДСП и других материалов. Окна и двери кабины должны иметь специальное конструктивное исполнение. Окна с двойными стеклами по всему периметру заделываются резиновой прокладкой, двери выполняются двойными с резиновыми прокладками по периметру.

Если нет возможности полностью изолировать либо источник шума, либо самого человека с помощью ограждений, кожухов и кабин, то частично уменьшить влияние шума можно путем создания на пути его распространения *акустических экранов*. Они представляют собой конструкцию, изготовленную из сплошных твердых листов (из металла, фанеры, оргстекла и т.п.) толщиной не менее 1,5...2 мм<sup>11</sup>, с покрытой звукопоглощающим материалом поверхностью. *Акустический эффект экрана* (снижение уровня шума) основан на:

- *образовании за экраном области тени*, куда звуковые волны проникают лишь частично. Степень проникновения зависит от соотношения между размерами экрана и длиной волны: чем больше длина волны, тем меньше при данных размерах область тени за экраном, а следовательно, тем меньше снижение шума. Поэтому экраны применяют в основном для защиты от средне- и высокочастотного шума, а при низких частотах они малоэффективны, так

---

<sup>11</sup> Толщина стальных, алюминиевых листов 1,5...2 мм, листов из легких сплавов 2...3 мм, фанеры 5... 15 мм, органического стекла 5... 10 мм.

как за счет эффекта дифракции звук легко их огибает. Важно также *расстояние* от источника шума до экранируемого рабочего места: *чем оно меньше, тем больше эффективность экрана*. Экран оказывается эффективным лишь тогда, когда отсутствуют огибающие его отраженные волны, т. е. либо на открытом воздухе, либо в акустически обработанном помещении;

- *отражении звука* от конструкции экрана;
- *поглощении звука* звукопоглощающим материалом, покрывающим поверхность экрана.

*Плоские экраны* эффективны в зоне действия прямого звука, начиная с частоты 500 Гц; *вогнутые* экраны различной формы (П-образные, С-образные и т.д.) эффективны также в зоне отраженного звука, начиная с частоты 250 Гц.

Следующим средством снижения шума на пути его распространения служат глушители шума. Их применяют для снижения аэродинамического шума. По принципу действия глушители шума делятся на глушители:

- активного (абсорбционного) типа;
- реактивного (отражающего) типа;
- комбинированные.

В глушителях активного типа снижение шума происходит за счет превращения *звуковой энергии в тепловую в звукопоглощающем материале* (т.е. за счет потерь звуковой энергии на трение в звукопоглощающем материале), размещенном во внутренних полостях воздуховодов. Глушители этого типа *эффективны в широком диапазоне частот*. К наиболее распространенным глушителям абсорбционного типа относится облицованный звукопоглощающим материалом аэродинамический тракт, так называемый трубчатый глушитель.

В реактивных глушителях снижение шума обеспечивается за счет отражения части звуковой энергии обратно к источнику. Звуковые волны, попадая в полость реактивного глушителя, возбуждают в

нем собственные колебания, поэтому в одних частотных диапазонах происходит ослабление звука, в других – усиление. Глушители этого типа представляют по сути акустические фильтры и характеризуются чередующимися полосами заглушения и пропускания звука, а поэтому применяются для снижения шума с резко выраженными дискретными составляющими спектра.

Реактивные глушители подразделяются на:

- *камерные*, выполненные в виде расширительных камер, (часто конструируются в виде серии расширительных камер, соединенных короткими трубками). Звуковые волны отражаются от противоположной стенки камеры и, возвращаясь к началу в противофазе по отношению к прямой волне, уменьшают ее интенсивность;
- *резонансные*, в которых снижение шума достигается за счет потерь звуковой энергии на колебательный процесс в резонаторе (расчитаны на определенную длину звуковой волны). Они наиболее эффективны в случае присутствия в спектре шума дискретных составляющих высокого уровня.

На практике глушитель выполняют в виде комбинаций камер и резонаторов, каждый из которых рассчитан на глушение шума определенного диапазона. Реактивные глушители широко используются для снижения шума выпуска выхлопных газов двигателей внутреннего сгорания.

В комбинированных глушителях, содержащих активные и реактивные элементы, снижение шума достигается за счет сочетания поглощения и отражения звука. Так, камеры реактивного глушителя могут быть облицованы внутри звукопоглощающим материалом, тогда в низкочастотной области они работают как отражатели, а в высокочастотной – как поглотители звука.

Тип и размеры глушителей подбирают в зависимости от величины требуемого снижения шума с учетом его частоты из табличных данных акустической эффективности.

### 1.5.3. Средства индивидуальной защиты

Средства индивидуальной защиты от шума призваны лишь дополнять коллективные средства и методы защиты, если последние не могут уменьшить шум до допустимых величин. Исследования, проведенные с помощью современных физиологических методов, показали, что индивидуальные средства в значительной мере защищают организм от раздражающего действия шума, обеспечивая предупреждение различных глубоких функциональных нарушений и расстройств. Применение средств индивидуальной защиты от интенсивных шумов является эффективным, если они рационально выбраны, систематически и правильно используются.

Вкладыши – это вставляемые в слуховой канал мягкие тампоны из ультратонкого волокна, иногда пропитанные смесью воска и парафина, или жесткие тампоны (из легкого каучука, эластичных пластмасс, резины, эбонита) в форме конуса. Это самые дешевые, но недостаточно эффективные и удобные средства.

Наушники плотно облегают ушную раковину и удерживаются на голове дугообразной пружиной. Наиболее эффективны при высоких частотах. Снижают уровень звукового давления от 7 дБ на частоте 125 Гц до 38 дБ на частоте 8000 Гц.

Шлемы применяются при воздействии шумов с очень высокими уровнями (более 120 дБ), когда шум действует непосредственно на мозг человека, проникая не только через ухо человека, но и непосредственно через черепную коробку. В этих условиях вкладыши и наушники не обеспечивают необходимой защиты. Шлемы герметично закрывают всю околоушную область и снижают уровень звукового давления на 30...40 дБ в диапазоне частот 125...8000 Гц.

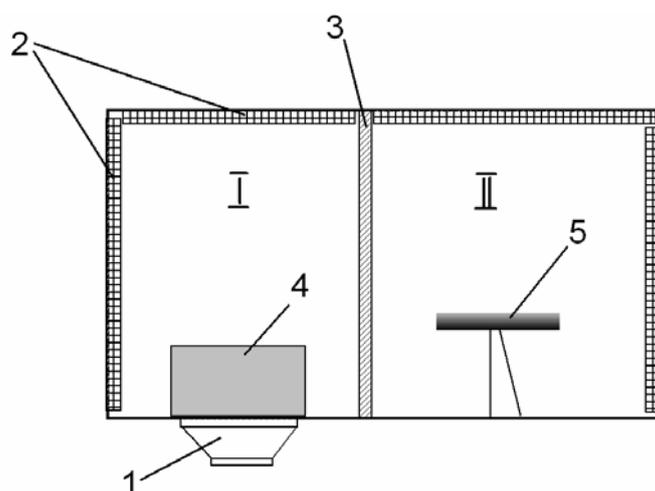
В заключение отметим, что использование средств индивидуальной защиты не решает проблему борьбы с шумом в целом. Только правильно разработанный комплекс описанных выше мероприятий может полностью предотвратить вредные воздействия шума на организм работающих.

## 2. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

### 2.1. Лабораторный стенд БЖ 2

Стенд БЖ 2 обеспечивает возможность демонстрации акустических средств коллективной защиты от шума, а также изучение их эффективности. Его схема приведена на *рис.8*.

Стенд выполнен в виде макета производственных помещений, одно из которых является производственным участком I, а второе – конструкторским бюро II. Передняя стенка стенда имеет два смотровых окна. Обе камеры снабжены осветительными лампами, тумблеры для включения которых находятся на передней стенке стенда.



*Рис. 8.* Схема лабораторного стенда БЖ 2

В левой камере I расположены макеты заводского оборудования (на *рис.8* не показаны), а под ее «полом» – источник шума (динамик громкоговорителя) 1. Звуковой сигнал определенной частоты подается на источник шума от звукового генератора лабораторной установки БЖ 4/1. В правой камере II размещены макеты оборудования конструкторского бюро (на *рис.8* не показаны), а на подставке в центре камеры закреплен микрофон 5, соединенный с шумомером ВШВ-003-М2 (на *рис.8* не показан).

Камеры выполнены с возможностью установки на их боковые и верхние ограждающие поверхности («стены» и «потолок») звукопо-

*глощающих панелей 2*. Каждая из звукопоглощающих панелей представляет собой лист из полиуретана толщиной около 20 мм, заключенный в металлическую рамку и защищенный по бокам металлической сеткой.

Внутри стенда на передней и задней стенках имеются направляющие, обеспечивающие установку *звукоизолирующей перегородки 3*, геометрически разделяющей стенд на правую и левую камеры. Стенд укомплектован набором звукоизолирующих перегородок толщиной по 5 мм, выполненных из различных материалов (фанеры, стали, пропилена и др.).

В состав стенда также входит *звукоизолирующий кожух 4*, служащий для укрытия источника шума (динамика громкоговорителя) *1*. Кожух *4* выполнен в виде полого металлического корпуса с рукояткой, внутренние поверхности и нижний торец которого оклеены пенополиуретаном.

## **2.2. Описание применяемых приборов**

### **2.2.1. Генератор звуковых сигналов**

Для подачи сигнала на источник шума (динамик) используется генератор сигналов лабораторной установки БЖ 4/1. Принцип действия генератора основан на формировании слаботоочного синусоидального сигнала и усилении его. Передняя панель генератора представлена на *рис. 9*.

### **2.2.2. Шумомер ВШВ - 003 - М2**

Прибор<sup>12</sup> позволяет проводить акустические измерения уровней звукового давления в октавных полосах частот и уровней звука по различным частотным характеристикам. Частотный диапазон измерений – 1...20000 Гц, уровень измеряемого звукового давле-

---

<sup>12</sup> Шумомер ВШВ-003-М2 снабжен пьезоэлектрическими датчиками, что позволяет использовать его также и для измерения вибраций.

ния – 10...130 дБ.

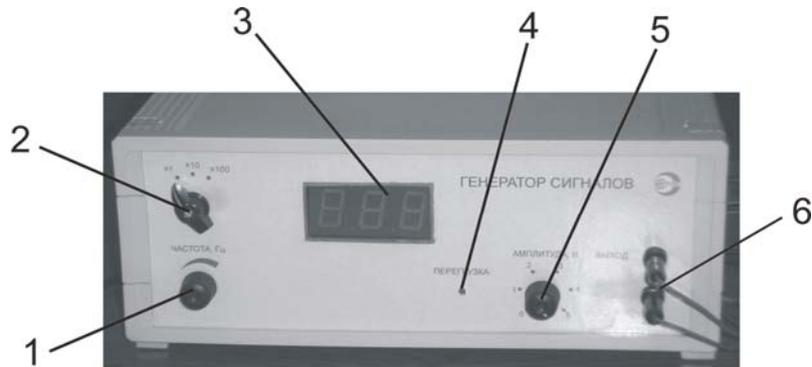


Рис. 9. Передняя панель генератора звуковых сигналов:

- 1 – регулятор частоты;
- 2 – переключатель диапазона частот;
- 3 – трехразрядный индикатор частоты;
- 4 – индикатор перегрузки;
- 5 – регулятор выходного напряжения;
- 6 – гнезда для подключения нагрузки (стенда)

Лицевая панель прибора ВШВ-003-М2 с выведенными на нее органами управления, регулирования и индикации, представлена на *рис.10*.

### 2.3. Меры безопасности при работе

1. К работе допускаются лица, ознакомленные с устройством стенда, описаниями генератора звуковых сигналов и шумомера, а также мерами безопасности в соответствии с требованиями, приведенными в настоящем разделе.
2. Перед началом работы провести внешний осмотр шумомера, микрофона и генератора звуковых сигналов; электропроводки, вилок и розеток электросети; убедиться в наличии защитного заземления шумомера и генератора звуковых сигналов. О замеченных неисправностях немедленно сообщить преподавателю или лаборанту.
3. **Запрещается** проводить самостоятельно любые ремонтные работы стенда и используемых приборов.

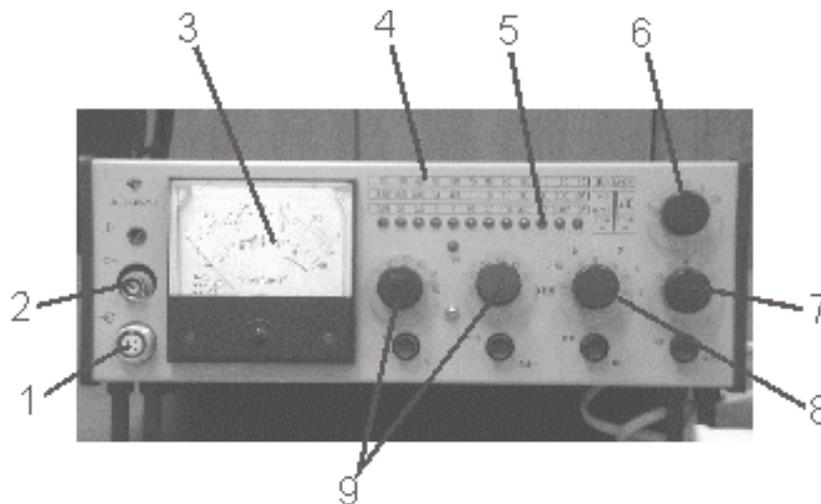


Рис. 10. Лицевая панель прибора ВШВ-003-М2:

- 1 – гнездо подключения микрофона;
- 2 – переключатель для включения прибора в режим калибровки;
- 3 – стрелочный индикатор для отсчета уровня звукового давления и уровня звука (пределы измерений нижней шкалы: - 10 дБ ... + 10 дБ);
- 4, 5 – соответственно шкала и ряд индикаторов верхнего предела измерений шумомера;
- 6 – переключатель «Род работы», для включения прибора в режим измерения с различной «выдержкой»: «F» – быстро, «S» – медленно, «10S» – 10 секунд;
- 7 – переключатель «ФЛТ, Hz» с положениями:
- «1; 10» – для включения фильтра высоких частот (ФВЧ), ограничивающего частотный диапазон при измерении виброускорения или виброскорости;
  - «ЛИН» – для включения фильтра низких частот (ФНЧ), ограничивающего частотный диапазон при измерении уровня звукового давления по характеристике «ЛИН»;
  - «А», «В», «С» – для включения корректирующих фильтров А, В, С;
  - «ОКТ» – для включения режима частотного анализа в октавных полосах;
- 8 – переключатель «ФЛТ ОКТ» (с кнопкой «kHz, Hz») – для включения одного из четырнадцати октавных фильтров со среднегеометрическими частотами 1...8 000 Гц;
- 9 – ступенчатые переключатели «ДЛТ 1, dB»; «ДЛТ 2, dB» – для установки верхнего предела измерений по шкале стрелочного индикатора 3

4. **Запрещается** во время выполнения работы оставлять без присмотра включенное оборудование.

5. При возникновении перегрузки (при этом на лицевой панели генератора загорается индикатор «Перегрузка» (поз. 4 рис.9)) следует

выключить сетевое питание генератора тумблером, расположенным на задней стенке прибора. Повторное включение сетевого питания возможно только после того, как индикатор нагрузки погаснет.

6. Не допускать ударов по корпусу микрофона.

#### **2.4. Порядок выполнения работы**

1. Подготовить стенд к работе, для чего снять со стенда все акустические средства защиты от шума (звукопоглощающие панели, звукоизолирующие перегородки, звукоизолирующий кожух).
2. Подключить генератор сигналов с помощью проводов к стенду (гнезда для подключения расположены на передней панели стенда).
3. Подключить стенд к электросети (~220 В, 50 Гц).
4. С помощью тумблеров, расположенных на передней панели стенда, включить освещение внутри камер стенда.
5. Подключить провод микрофона к шумомеру (гнездо для подключения находится на передней панели шумомера (поз. 1 *рис. 10*)).
6. Подключить шумомер к электросети (~220 В, 50 Гц).
7. Подключить генератор сигналов к электросети (~220 В, 50 Гц).
8. Включить генератор (выключатель расположен на его задней стенке) и прогреть его в течение 10 мин.
9. На генераторе с помощью переключателя и регулятора частоты (поз. 1, 2 *рис.9*) задать частоту синусоидального сигнала  $f = 250$  Гц.
10. Установить диапазон измерений стрелочного индикатора (поз.3 *рис.10*) шумомера в пределах от 90 до 100 дБ. Для этого переключатель «ДЛТ 1, dB» шумомера установить на отметке «80», а переключатель «ДЛТ 2, dB» – на отметке «20», при этом должен загореться индикатор (поз.5 *рис.10*) верхнего предела измерений «100 dB» ( $80 \text{ дБ} + 20 \text{ дБ} = 100 \text{ дБ}$ ).
11. Включить шумомер в режим частотного анализа в октавных полосах, для чего переключатель «ФЛТ, Hz» установить в положение «ОКТ».
12. С помощью переключателя шумомера «ФЛТ ОКТ» и кнопки

«kHz, Hz» установить октавный фильтр со среднегеометрической частотой  $f = 250$  Гц (переключатель «ФЛТ ОКТ» на отметке «0,25», кнопка «kHz, Hz» в отжатом положении).

13. С помощью регулятора выходного напряжения генератора (поз. 5 рис.9) задать такую амплитуду синусоидального сигнала, при которой величина измеряемого шумомером уровня звукового давления находится в пределах от 90 до 100 дБ (при этом стрелка индикатора должна находиться в диапазоне «0...10 дБ» нижней шкалы).

14. Отсчет величины уровня звукового давления следует производить по нижней шкале стрелочного индикатора шумомера (поз. 3 рис.10) с учетом величины установленного верхнего предела измерений.

15. Поочередно генерируя сигналы различных частот  $f$  : 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц (см. п.9), определить уровни звукового давления  $L(f)$  (см. п.14) в соответствующих октавных полосах (установка требуемого октавного фильтра производится с помощью переключателя «ФЛТ ОКТ» и кнопки «kHz, Hz»). При необходимости следует варьировать пределы измерений стрелочного индикатора с помощью переключателей «ДЛТ 1 dB» и «ДЛТ 2, dB», добиваясь установки стрелки индикатора в диапазоне «0...10 дБ» нижней шкалы. Так, если стрелка индикатора находится в начале шкалы (левее «0»), то ее следует вывести в правую часть сначала с помощью переключателя «ДЛТ 2, dB»; а затем – «ДЛТ 1, dB», уменьшая верхний предел измерений прибора. Если стрелка находится правее «10» – необходимо увеличить верхний предел измерений.

16. Результаты измерений уровней звукового давления  $L(f)$  представить в табл. 5 и на графике  $L = \varphi(f)$ .

17. Установить поочередно имеющиеся звукоизолирующие перегородки, геометрически разделяющие стенд на две камеры, и повторить действия в соответствии с п.15.



25. Установить на стенд все средства защиты от шума.
26. Отключить стенд и приборы от электросети.
27. Отключить приборы от стенда.
28. Привести в порядок рабочее место и сдать его преподавателю или лаборанту.

### **3. ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ОТЧЕТА**

Отчет выполняется в тетради или на отдельных листах и должен содержать следующее.

1. Титульный лист по форме 1 (рис.11).
2. Изложение цели работы.
3. Порядок выполнения работы (в виде блок-схемы).
4. Шаблоны табл. 5, 6.
5. Результаты измерений, сведенные в табл. 5, 6. Все необходимые расчеты должны быть проведены в соответствии с правилами приближенных вычислений.
6. Выполненные на миллиметровой бумаге графики зависимостей:
  - 1)  $L = \varphi (f)$ ,  $L_i = \varphi (f)$  – до и после установки всех изученных средств защиты от шума;
  - 2)  $\Delta L_i = \varphi (f)$  – для всех изученных средств защиты.
7. Выводы.

### **4. УСЛОВИЯ ДОПУСКА К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ**

1. Наличие оформленных п. 1...4 отчета.
2. Успешное прохождение теста, определяющего подготовленность к выполнению работы.

Московский автомобильно-дорожный институт (государственный технический университет)	
Кафедра техносферной безопасности	
<b>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА</b>	
по курсу « _____ »	
<b>ЗАЩИТА ОТ ШУМА</b>	
Студент:	<u>Ф.И.О.</u>
	<u>группа</u>
Преподаватель:	<u>Ф.И.О.</u>
Отметка о допуске	_____ <u>дата</u> <u>подпись преподавателя</u>
Отметка о выполнении	_____ <u>дата</u> <u>подпись преподавателя</u>
Отметка о защите	_____ <u>дата</u> <u>подпись преподавателя</u>
Москва 20__ год	

Рис. 11. Форма 1

## 5. УСЛОВИЕ ДОПУСКА К ЗАЩИТЕ РАБОТЫ

Наличие полностью оформленного отчета с отметками преподавателя о допуске и выполнении работы.

## ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 12.1.003-83. Шум. Общие требования безопасности / ССБТ. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 6 с.
2. ГОСТ 12.1.029-80. Средства и методы защиты от шума. Классификация – ССБТ. М.: Изд. Стандартов, 1982. – 5 с.
3. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. – М.: Информ.-издат. центр Минздрава России, 1997. – 19 с.
4. Безопасность жизнедеятельности: Учебник для вузов/ С.В. Белов, В.А. Девисилов, А.Ф. Козьяков и др.; Под общ. ред. С.В. Белова. – 5-е изд., испр. и доп. – М.: Высш. шк., 2005. – 606 с.
5. Безопасность жизнедеятельности: Учебное пособие для вузов/ Под ред. проф. Л.А.Муравья. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. – 431с.
6. Безопасность жизнедеятельности. Производственная безопасность и охрана труда / П.П. Кукин, В.Л. Лапин, Н.Л. Пономарев и др.; Учеб. пособие. – М.: Высш. шк., 2001. – 431 с.
7. Девисилов В.А. Охрана труда: Учебник. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2005. – 448 с.
8. Охрана труда в машиностроении: Учебник для машиностроительных вузов / Е.Я. Юдин, С.В. Белов, С.К. Баланцев и др.; Под ред. Е.Я.Юдина, С.В. Белова – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1983. – 432 с.
9. Паспорт лабораторного стенда «Звукоизоляция и звукопоглощение БЖ 2» . – М.: РНПО «Росучприбор», 1999.
10. Смирнов С.Г., Комкин А.И. Исследование глушителей шума: Методические указания к лабораторной работе [Электронный ресурс] – М.: МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2000. – ([http://www.mhts.ru/biblio/metod/smironov\\_komkin/metodsm-kom.htm](http://www.mhts.ru/biblio/metod/smironov_komkin/metodsm-kom.htm)).
11. Средства защиты в машиностроении / Под ред. С.В. Белова. – М.: Машиностроение, 1989. – 368 с.

ПДУ звукового давления, уровни звука и эквивалентные уровни звука для основных наиболее типичных видов трудовой деятельности и рабочих мест (извлечение из СН 2.2.4/2.1.8.562-96)

Вид трудовой деятельности, рабочее место	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами в Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>Предприятия, учреждения и организации</b>										
1.Творческая деятельность, руководящая работа с повышенными требованиями, научная деятельность, конструирование и проектирование, программирование, преподавание и обучение, врачебная деятельность. Рабочие места в помещениях дирекции, проектно-конструкторских бюро; расчетчиков, программистов вычислительных машин, в лабораториях для теоретических работ и обработки данных, приема больных в здравпунктах	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50
2. Высококвалифицированная работа, требующая сосредоточенности, административно-управленческая деятельность, измерительные и аналитические работы в лаборатории. Рабочие места в помещениях цехового управленческого аппарата, в рабочих комнатах конторских помещений, лабораториях	93	79	70	63	58	55	52	50	49	60
3. Работа, выполняемая с часто получаемыми указаниями и акустическими сигналами; работа, требующая постоянного слухового контроля; операторская работа по точному графику с инструкцией; диспетчерская работа. Рабочие места в помещениях диспетчерской службы, кабинетах и помещениях наблюдения и дистанционного управления с речевой связью по телефону; машинописных бюро, на участках точной сборки, на телефонных и телеграфных станциях, в помещениях мастеров, в залах обработки информации на вычислительных машинах	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65

Продолжение табл.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
4. Работа, требующая сосредоточенности, работа с повышенными требованиями к процессам наблюдения и дистанционного управления производственными циклами: рабочие места за пультами в кабинах наблюдения и дистанционного управления без речевой связи по телефону; в помещениях лабораторий с шумным оборудованием, в помещениях для размещения шумных агрегатов вычислительных машин	103	91	83	77	73	70	68	66	64	75
5. Выполнение всех видов работ (за исключением перечисленных в пп. 1...4 и аналогичных им) на постоянных рабочих местах в производственных помещениях и на территории предприятий	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80
<i>Автобусы, грузовые, легковые и специальные машины</i>										
14. Рабочие места водителей и обслуживающего персонала грузовых автомобилей	100	87	79	72	68	65	63	61	59	70
15. Рабочие места водителей и обслуживающего персонала (пассажиры) легковых автомобилей и автобусов	93	79	70	63	58	55	52	50	49	60
<i>Сельскохозяйственные машины и оборудование, строительно-дорожные, мелиоративные и др. аналогичные виды машин</i>										
16. Рабочие места водителей и обслуживающего персонала тракторов, самоходных шасси, прицепных и навесных сельскохозяйственных машин, строительно-дорожных и др. аналогичных машин	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80
<i>Пассажирские и транспортные самолеты и вертолеты</i>										
17. Рабочие места в кабинах и салонах самолетов и вертолетов:										
♦ допустимые	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80
♦ оптимальные	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65

Примечания к табл.:

1. Допускается в отраслевой документации устанавливать более жесткие нормы для отдельных видов трудовой деятельности с учетом напряженности труда.

2. Запрещается даже кратковременное пребывание в зонах с октавными уровнями звукового давления свыше 135 дБ в любой октавной полосе.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение . . . . .	3
1. Основные теоретические положения . . . . .	4
1.1. Звук: физические характеристики . . . . .	4
1.2. Понятие о шумах. Источники шума . . . . .	11
1.3. Биологическое действие шумов на организм человека . . . . .	15
1.4. Нормирование шума на рабочих местах . . . . .	18
1.5. Средства и методы защиты от шума . . . . .	21
1.5.1. Классификация средств и методов защиты от шума . . . . .	21
1.5.2. Средства и методы коллективной защиты . . . . .	23
1.5.3. Средства индивидуальной защиты . . . . .	31
2. Методика проведения работы . . . . .	32
2.1. Лабораторный стенд БЖ 2 . . . . .	32
2.2. Описание применяемых приборов . . . . .	33
2.2.1. Генератор звуковых сигналов . . . . .	33
2.2.2. Шумомер ВШВ - 003 - М2 . . . . .	33
2.3. Меры безопасности при работе . . . . .	34
2.4. Порядок выполнения работы . . . . .	36
3. Требования к оформлению отчета . . . . .	39
4. Условия допуска к выполнению работы . . . . .	39
5. Условие допуска к защите работы . . . . .	40
Литература . . . . .	41
Приложение . . . . .	42

Редактор *И.А. Короткова*

Технический редактор *И.А. Короткова*

Компьютерный набор *Н.А. Евстигнеевой, С.В. Карева*

Компьютерная верстка *Н.А. Евстигнеевой*

Тем. план 2007 г., п. 24

---

Подписано в печать 19.09.2007 г.

Формат 60x84/16

Печать офсетная

Усл. печ. л. 2,7

Уч.-изд. л. 2,2

Тираж 800 экз.

Заказ

Цена 18 руб.

---

Ротапринт МАДИ (ГТУ). 125319, Москва, Ленинградский проспект, 64