

Министерство образования Российской Федерации  
Липецкий государственный технический университет

Кафедра безопасности жизнедеятельности

**Исследование производственного шума и оценка  
звукоизолирующей способности ограждающих устройств**

Методические указания к лабораторной работе

Составитель В.И. Стуров

Липецк 2003

Министерство образования Российской Федерации  
Липецкий государственный технический университет

Кафедра безопасности жизнедеятельности

**Исследование производственного шума и оценка  
звукоизолирующей способности ограждающих устройств**

Методические указания к лабораторной работе

Составитель В.И. Стуров

Липецк 2003

УДК 628.5(07)

С884

Исследование производственного шума и оценка звукоизолирующей способности ограждающих устройств: Методические указания к лабораторной работе/ Сост. В.И. Стуров. Липецк: ЛГТУ. 2003. 20с.

Методические указания предназначены для студентов всех специальностей и всех форм обучения. В них изложены основные теоретические понятия и параметры шума. Приводится описание лабораторного прибора измерителя шума и методика определения звукоизолирующей способности перегородки.

Табл. 3.11л. 3. Библиогр.: 5 назв.

Рецензент: к.т.н., доц. Дежемесов А.А.

© Липецкий государственный  
технический университет, 2003

Цель работы - изучение основных характеристик производственного шума, освоение методики их определения и расчета звукоизолирующих средств.

## 1. Общие сведения

### 2.

Шум как гигиенический фактор представляет собой совокупность аperiodических звуков различной интенсивности, частоты и физической природы, неблагоприятно воздействующих на организм человека.

Человек воспринимают звуки с частотой от 20 до 20000 Гц. Звуки с частотой ниже 20 Гц (инфразвук) и выше 20000 Гц (ультразвук) не вызывают слуховых ощущений, но оказывают биологическое воздействие на организм. Область слышимых звуков ограничена двумя пороговыми кривыми:

нижняя - порог слышимости человека зависит от частоты и представляет собой звук с уровнем 0 дБ на частоте 1000 Гц;

верхняя - порог болевого ощущения представляет собой звук с уровнем 140 дБ, что соответствует звуковому давлению 200 Па.

Звуковой диапазон частот разделяют на полосы (октавы), в которых верхняя граничная полоса в 2 раза больше нижней, а среднегеометрические частоты составляют 31.5, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 и 8000 Гц.

В результате звуковых колебаний в воздухе возникает звуковое давление, обозначаемое  $P$  (Па), которое представляет собой переменное избыточное давление, возникающее дополнительно к атмосферному. Величина звукового давления, воспринимаемая слуховым аппаратом человека, изменяется в пределах от  $2 \cdot 10^{-5}$  Па до 200 Па..

Шумы, воздействующие на человека, классифицируются по характеру спектра и по временным характеристикам.

По характеру спектра шума выделяют:

- широкополосный шум с непрерывным спектром шириной более 1 октавы;

-тональный шум, в спектре которого имеются выраженные тона.

Тональный характер шума для практических целей устанавливается по превышению уровня в одной полосе над соседними не менее чем на 10 дБ.

По временным характеристикам шума выделяют:

-постоянный шум, уровень звука которого за 8-часовую рабочую смену или за время измерений изменяется во времени не более чем на 5 дБ;

-непостоянный шум, уровень звука которого за 8-часовой рабочий день или за время измерений изменяется во времени не менее чем на 5 дБ.

Непостоянные шумы, в свою очередь, подразделяются на:

-колеблющийся во времени шум, уровень звука которого непрерывно изменяется во времени;

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

-импульсный шум, состоящий из одного или нескольких звуковых сигналов, каждый длительностью менее 1с, при этом уровни звука отличаются не менее чем на 7 дБ.

Характеристиками постоянного шума на рабочих местах являются уровни звуковых давлений в октавных полосах частот  $L$ , измеряемые в децибелах (дБ) и определяемые по формуле

$$L = 20 \lg \frac{P}{P_0}$$

где  $P$  - среднеквадратичная величина звукового давления в данной полосе частот, Па;

$P_0$  - исходное значение звукового давления в воздухе,  $2 \cdot 10^{-5}$  Па.

Для ориентировочной оценки допускается за характеристику постоянного шума на рабочем месте принимать уровень звука  $L_A$ , определяемый по формуле

$$L_A = 20 \lg \frac{P_A}{P_0}$$

где  $P_A$  — среднеквадратичная величина звукового давления во всём слышимом диапазоне частот, определяемая по шкале «А» шумомера с учётом коррекции низкочастотной составляющей с приближением результатов объективных измерений к субъективному восприятию.

Нормируемыми параметрами непостоянного шума являются эквивалентные (по энергии) уровни звука  $L_A$  экв (дБА) и максимальные уровни звука  $L_A \max$  (дБА).

Эквивалентный (по энергии) уровень звука  $L_A$  экв (дБА) непостоянного шума - уровень звука постоянного широкополосного шума, который имеет такое же среднеквадратичное звуковое давление, что и данный непостоянный шум в течение определённого интервала времени.

Максимальный уровень звука  $L_A \max$  (дБА) непостоянного шума – уровень звука, соответствующий максимальному показателю шумомера при визуальном отчёте, или значение уровня звука, превышающее в течение 1 % времени измерения при регистрации автоматическим устройством.

Допустимый уровень шума - это уровень, который не вызывает у человека значительного беспокойства и существенных изменений показателей функционального состояния систем и анализаторов, чувствительных к шуму.

Предельно допустимый уровень (ПДУ) шума - это уровень, 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 в процессе работы или в отдалённые сроки жизни настоящего и последующих поколений.

Оценка непостоянного шума на соответствие допустимым уровням проводится одновременно по эквивалентному и максимальному уровням звука. Превышение одного из показателей рассматривается как несоответствие санитарным нормам.

Нормы устанавливают допустимые значения звукового давления октавных полосах частот и допустимые уровни звука на рабочих местах для широкополосного шума. Для тонального и импульсного шумов значения допустимых уровней принимаются на 5 дБ меньше, чем для широкополосных шумов.

Борьба с шумом на производстве осуществляется по следующим основным направлениям:

-борьба с шумом в источнике его возникновения, что целесообразно осуществлять при создании новой техники (повышение точности изготовления деталей замена возвратно-поступательного движения вращательным, замена металлических деталей пластмассовыми и т.д.);

-борьба с шумом на пути его распространения, что достигается строительными мероприятиями, устройством звукоизолирующих преград (стен, перегородок, кожухов), а также облицовкой шумных помещений шумопоглощающими пористыми материалами.

Кроме этого, для уменьшения влияния шума на организм работающих часто используют средства индивидуальной защиты (наушники, «беруши» и т.д.).

В данной работе студентам предлагается оценить эффективность снижения шума за счёт применения звукоизолирующих перегородок.

## 2. Измерение параметров шума

Измерение параметров шума производится с помощью измерителя шума и вибрации ИШВ-1. Измеритель шума и вибрации построен по принципу преобразования звуковых, колебаний в пропорциональные им электрические с Игнаты. В качестве преобразователя звуковых колебаний в электрические сигналы используется капсуль микрофонный конденсаторный МК-101. Электрические сигналы предварительно усиливаются в предусилителе микрофоном ПМ-4, а затем усиливаются и измеряются с помощью прибора измерительного ПИ-6 с встроенными октавными фильтрами

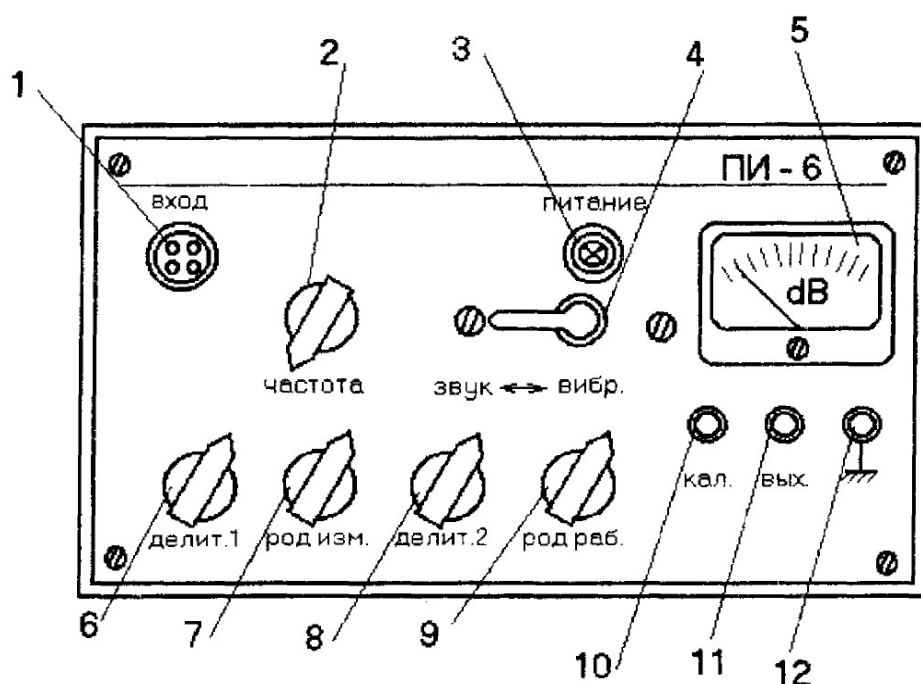


Рис. 1. Панель прибора ПИ-6 измерителя шума и вибрации ИШВ-1  
1 - вход; 2 - переключатель «ЧАСТОТА»; 3 - контрольная лампочка питания;  
4 - переключатель «ЗВУК-ВИБРАЦИЯ»; 5 - прибор измерительный;  
6 - переключатель «ДЕЛИТЕЛЬ I»; 7 ~ переключатель «РОД ИЗМЕРЕНИЙ»;  
8 - переключатель «ДЕЛИТЕЛЬ II»; 9 - переключатель «РОД РАБОТЫ»;  
10 - гнездо электрической калибровки; 11 - гнездо «ВЫХОД»;  
12 - гнездо «ЗЕМЛЯ»



Перед проведением измерений необходимо установить переключатели на панели измерительного прибора в следующие положения;

«ДЕЛИТЕЛЬ I» - в положение 80; «ДЕЛИТЕЛЬ II» - в положение 40;

«РОД ИЗМЕРЕНИЯ» - в положение «ЛИН»; «ЗВУК - ВИБРАЦИЯ» - в положение «ЗВУК».

Установить переключатель «РОД РАБОТЫ» в положение «КОНТР. ПИТАНИЯ», при этом сигнальная лампа (3) должна мигать, а стрелка прибора

(5) находится в секторе «БАТАРЕЯ». После 5 минут прогрева прибор готов к работе.

Для измерения уровней звука установить переключатель «РОД РАБОТЫ» в положение «БЫСТРО», Измерить уровень шума, добиваясь, чтобы стрелка измерительного прибора (5) находилась в правой части шкалы. Для этого поворачивать в сторону уменьшения величины «ДЕЛИТЕЛЬ I» а затем если необходимо, и «ДЕЛИТЕЛЬ II». Результат измерений складывается из цифр, указывающих положение переключателей «ДЕЛИТЕЛЬ I»,

ДЕЛИТЕЛЬ II», и показаний измерительного прибора.

Измерение уровней звукового давления в октавных полосах частот производится после измерения по характеристике «ЛИН». При этом переключатель «РОД ИЗМЕРЕНИИ» устанавливается в положение

ФИЛЬТРЫ», а переключатель «ЧАСТОТА» - поочередно в положения 65...8000. При измерении уровней звукового давления в октавных полосах частот пользуются только переключателем «ДЕЛИТЕЛЬ II», устанавливая его в каждой измеряемой октавной полосе частот в такое положение, при котором стрелка измерительного прибора располагается в правой части шкалы. При измерении уровней звукового давления в октавных полосах частот пользоваться переключателем «ДЕЛИТЕЛЬ I» не допускается. Результаты измерений внести в таблицу 2 отчета.

### 3. Расчет звукоизолирующей способности ограждающих устройств

Звукоизоляция - это свойство ограждающих конструкций препятствовать распространению звука за счет его отражения. Физическая сущность данного метода состоит в том, что звуковая волна, излучаемая источником шума, отражается от преграды и не попадает в защищаемое помещение. С целью увеличения коэффициента отражения акустического сопротивления перегородки ( $\rho^*c$ ) стараются подобрать как можно более отличным от акустического сопротивления воздуха.

Явление, обратное звукоизолирующей способности ограждающих конструкций, - это звукопроницаемость, то-есть отношение энергии, проникающей через бесконечно протяженную преграду в пространство, к

$$\tau = \frac{I_{np}}{I_{пад}} = \frac{P_{np}}{P_{пад}}$$

энергии, поступающей на эту преграду из соседнего пространства:

где  $P_{np}$  - звуковое давление в прошедшей через преграду волне;

$P_{пад}$  - звуковое давление в падающей на перегородку волне.

Величина звукоизоляции ограждения от воздушного шума, измеряемая в

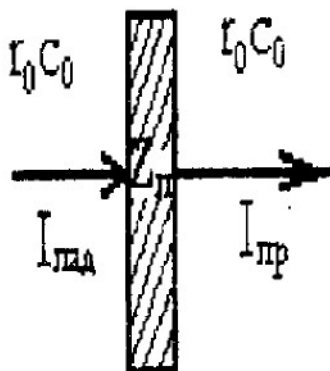
$$R = 10 \lg \frac{1}{\tau}$$

дБ, определяется из выражения:

Так как в лабораторной работе толщина ограждающих перегородок меньше длин продольных звуковых волн в материалах, из которых они сделаны, можно допустить, что акустическое сопротивление перегородок не зависит от их упругих свойств. Если на перегородку нормально падает звуковая волна (рис. 2), то колебательные скорости передней и задней поверхности перегородки равны, т.е. отдельные участки пластины можно рассматривать как сосредоточенные системы с массой  $t$ .

Сопротивление прохождению звуковой волны через преграду будет складываться из акустического сопротивления (импеданса) перегородки  $Z_{пер}$  и

$$Z = Z_{пер} + \rho_0 c_0$$



акустического сопротивления воздуха за ней:

Рис. 2. Схема для определения коэффициента звукопроницаемости при нормальном падении

Акустическое сопротивление перегородки имеет массовый характер:

$$Z_{пер} = m j \omega$$

где  $m$  - поверхностная масса пластины (масса 1 \Gamma пластины), равная

$$m = h\rho$$

где:  $h$  - толщина перегородки;

$\rho$  - плотность материала перегородки;

$\omega$  – круговая частота, равная:

$$\omega = 2\pi f$$

Звукопроницаемость перегородки можно определить по формуле

$$\tau = 1 - \left| \frac{z - \rho_0 c_0}{z + \rho_0 c_0} \right|^2$$

Учитывая выражения (7) и (8), получим

$$\tau = \frac{1}{1 + \left( \frac{m\omega}{2\rho_0 c_0} \right)^2}$$

Подставляя выражение звукопроводности в формулу (6), получим

значение звукоизоляции тонкой перегородки

$$R = 10 \lg \left[ 1 + \left( \frac{m\omega}{2\rho_0 c_0} \right)^2 \right]$$

Учитывая выражения (9) и (10), получим

$$R = 10 \lg \left[ 1 + \left( \frac{hf\rho\pi}{\rho_0 c_0} \right)^2 \right]$$

Или, преобразуя десятичный логарифм в натуральный, получим

$$R = 4,3429 \ln \left[ 1 + \left( \frac{hf\rho\pi}{\rho_0 c_0} \right)^2 \right] .$$

Для не тонких перегородок с большой звукоизоляцией (например, кирпичная стена) единицей в квадратных скобках можно пренебречь. Подставляя значения  $\rho_0$  и  $c_0$ , получим:

$$R = 20 \lg(mf) - 42,5$$

Эта формула получила название «закона масс». Из него следует, что при возрастании частоты излучения или поверхностной массы перегородки в 2 раза звукоизолирующая способность возрастает на 6 дБ.

Этот расчет справедлив для бесконечной звукоизолирующей перегородки. В случае ограниченных размеров перегородки звуковая энергия передаваться по смежным частям конструкции. Фактическая величина звукоизоляции определяется путем практических замеров уровней звукового давления без ограждения  $L_6$  и за ограждением  $L_3$ .

$$R = L_6 - L_3 + \Delta L$$

где  $\Delta L$  - поправка на условия опыта, учитывающая передачу звука

через смежные части конструкций.

Расчетный метод применяется при проектировании конструкции, а натурные испытания ограждений - для окончательной оценки звукоизоляции.

#### **4. Установка для измерения звукоизоляции ограждающих перегородок**

Лабораторная установка для определения звукоизоляции (рис. 3) состоит из двух камер: (1) - напорной, в которой на упругих элементах (5) подвешен громкоговоритель (4), и измерительной (2) с микрофоном (8). Стенки каждой из камер покрыты звукопоглощающим покрытием (3), чтобы уменьшить звукопередачу из напорной камеры в измерительную через стенки. Устройство для измерения звукоизоляции установлено на упругие амортизаторы (11) для уменьшения передачи микрофону шума и вибрации от внешних источников. Источник шума - громкоговоритель, работающий от магнитофона (10). Приемник шума (конденсаторный микрофонный капсюль МК-101) преобразует энергию звуковых колебаний в электрические сигналы, которые, усиливаясь в предусилителе ПМ-4, измеряются прибором ИМ-6 (9) с встроенными октавными фильтрами измерителя шума и вибрации ИШВ - I. Между камерами (1) и (2) устанавливаются испытываемые перегородки (6). Чтобы уменьшить передачу звуковых колебаний от стенок камер, перегородки устанавливаются на виброизолирующих прокладках

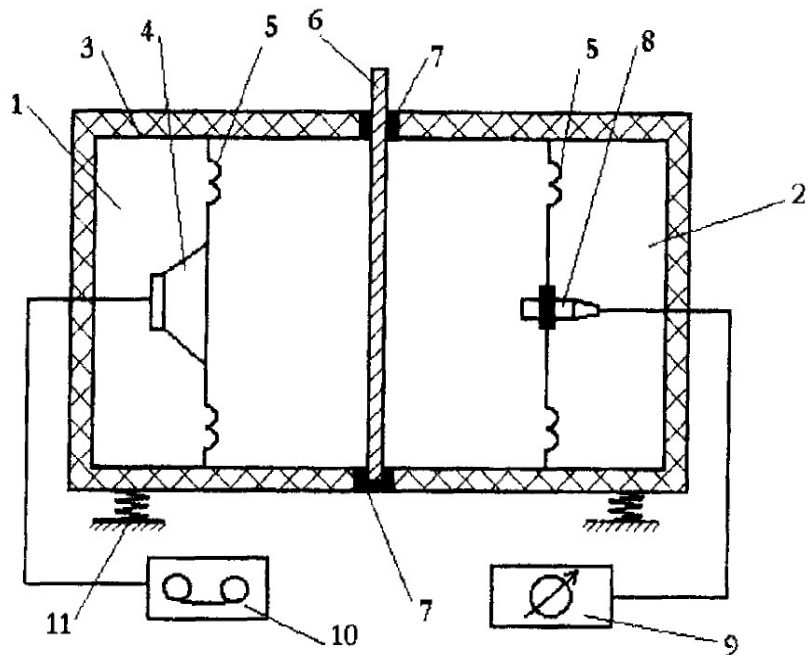


Рис. 3. Схема лабораторной установки для изучения звукоизоляции:  
 1 - напорная камера; 2 - измерительная камера; 3 – звукопоглощающее покрытие;  
 4 - упругие подвески; 5 - громкоговоритель; 6 – испытуемая перегородка; 7 - прокладки; 8 - микрофон МК-101 и пред- усилитель ПМ-4; 9 - прибор ГИИ-6; 10 - магнитофон; 11 - амортизаторы

## 5. Порядок выполнения работы

1. В соответствии с вариантом задания выбрать допустимые уровни звукового давления в октавных полосах частот (табл. 1) и внести взятые значения в соответствующую графу отчета (табл.2).

2. Включить источник шума и измерительный прибор и провести измерения уровней звукового давления в октавных полосах частот, начиная с среднегеометрической частоты  $63 \text{ Гц}$ ; результаты замеров занести в отчёт. Отключить источник шума и измерительный прибор.

3. Для каждой октавной полосы определить требуемое снижение шума.

Таблица 1

Варианты задания и предельно допустимые уровни звукового давления, уровни звука и эквивалентные уровни звука для некоторых видов трудовой деятельности и рабочих мест (СН 2.2.4/2.1.8.562-96)

№	Вид трудовой деятельности, рабочее место	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах, Гц									Уро- вень зву- ка, дБА
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Творческая, научная, врачебная и руководящая деятельность. Конструирование, проектирование, преподавание, обучение	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50
2	Высококвалифицированная работа, требующая сосредоточенности. Измерительные и аналитические работы в лаборатории. Административно- управленческая деятельность. Рабочие места в помещениях цехового аппарата, рабочие комнаты конторских помещений	93	79	70	68	58	55	52	52	49	60
3	Работа, выполняемая с часто получаемыми акустическими сигналами. Рабочие места в помещениях мастеров, диспетчерской службы, наблюдения и дистанционного управления с речевой связью по телефону, на участках точной сборки, на телефонных и телеграфных станциях, при обработке информации на вычислительных машинах	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4	Работа с повышенными требованиями к процессам наблюдения и дистанционного управления производственными циклами. Рабочие места за пультами в кабинах наблюдения без речевой связи по телефону, в помещениях лабораторий с шумным оборудованием, в помещениях для размещения шумных агрегатов вычислительных машин. Рабочие места в кабинах машинистов скоростных и пригородных электропоездов	103	91	83	77	73	70	68	66	64	75
5	Выполнение всех видов работ (за исключением перечисленных в п.п. 1...4) на постоянных рабочих местах в производственных помещениях и на территории предприятий.	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80
6	Помещения для персонала вагонов поездов дальнего следования, служебных помещений, рефрижераторных секций, помещений для отдыха багажных и почтовых отделений. Рабочие места водителей и обслуживающего персонала легковых автомобилей и автобусов	93	79	70	63	58	55	52	50	49	60
7	Служебные помещения багажных и почтовых вагонов, вагонов-ресторанов. Рабочие места водителей и обслуживающего персонала грузовых автомобилей	100	87	79	72	68	65	63	61	59	70



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
8	Рабочие места водителей и обслуживающего персонала тракторов, самоходных шасси, прицепных и навесных сельскохозяйственных, строительно-дорожных и других аналогичных машин	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80
9	Рабочие места в кабинах и салонах самолётов и вертолётов	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

<sup>51</sup> Примечание. Запрещается даже кратковременное пребывание в зонах с уровнями звукового давления свыше 135 дБ в любой октавной полосе.

Таблица 2

## Характеристика защищаемого помещения

Величина	Характеристика перегородки	Единицы измерения	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц								
			63	125	250	500	1* 10³	2* 10³	4* 10³	8* 10³	
Нормативные уровни звукового давления, $L_{н}$	-										
Уровни звукового давления без звукоизоляции, $L_{б}$	-										
Требуемое снижение шума, $L_{б} - L$	-										
Поправка, $\Delta L$	-										
Требуемая звукоизоляция ограждения, $R_{тп} = L_{б} - L_{н} + \Delta L$	-										
Материал		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Толщина, мм		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Расчётная звукоизоляция перегородки, $R_{рас}$	-										
Уровни звукового давления в звукоизолированной камере, $L_{з}$	-										
Фактическая звукоизоляция перегородки, $R_{ф} = L_{б} - L_{з} + \Delta L$	-										

4. Вычитанием из измеренных величин уровней звукового давления соответствующих величин допустимого уровня. Результаты внести в отчет.

5. Внести в отчёт величины поправок  $A_L$ , учитывающих условия проведения измерения (из характеристик лабораторной установки),

6. Рассчитать требуемую звукоизоляцию ограждающей конструкции  $R_{гр}$ , прибавляя поправки  $A_L$  к соответствующим значениям требуемого снижения шума в октавных полосах частот. Результаты занести в отчёт.

7. Используя данные табл. 3 определить по формуле (J3) для выбранной перегородки звукоизолирующую способность  $R_{рас}$ , обеспечивающую требуемую звукоизоляцию  $R_{ip}$  и внести в отчёт данные о материале, толщине и расчётной звукоизоляции перегородки в октавных полосах частот.

8. Выбрать из набора образцов, находящихся на рабочем месте, пластину в соответствии с заданием, и установить её между напорной и измерительной камерами лабораторной установки.

9. Включить источник шума и измерительный прибор и провести измерения уровней звукового давления в октавных полосах частот ( $L_3$ ) внести данные в отчёт. Отключить источник шума и измерительный прибор.

10. Рассчитать фактическую звукоизоляцию перегородки  $R_{<j}$ , в октавных полосах частот и результаты внести в отчёт.

11. В выводах сравнить расчётную и фактическую звукоизоляцию перегородки и дать санитарно-гигиеническую оценку уровней шума в защищаемом помещении после применения звукоизолирующего ограждения.

### **Контрольные вопросы**

1. Что такое шум?
2. Как влияет производственный шум на работающих?
3. Какими методами осуществляется борьба с шумом?

4. Что такое уровень звукового давления?
5. Что такое октава?
6. Как классифицируются шумы?
7. Что такое звукоизоляция?
8. Какой закон положен в основу расчёта звукоизоляции ограждений?
9. От чего зависит звукоизолирующая способность материалов?
10. Что такое поверхностная плотность ограждающей конструкции?
11. Какие приборы используются для измерения шума?
12. Когда используется расчётный метод звукоизоляции ограждения?
13. Когда используется метод натуральных испытаний звукоизоляции?

Таблица 3

Физико-акустические свойства некоторых материалов

Материал	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Скорость продольной звуковой волны, м/с
Алюминий	2700	5200
Сталь	7800	5100
Медь	8900	3700
Латунь	8500	3200
Свинец	11300	1250
Стекло	2500	4900
Дерево, фанера	600	2500
Оргстекло	1150	2000
Воздух (при 293К)	1,21	344

## Библиографический список

1. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.562-96 М.: Минздрав России, 1997,
2. Белов СВ. Безопасность жизнедеятельности/ СВ. Белов. М.: Высшая школа, 1999.
3. Арустамов Э.А. Безопасность жизнедеятельности/ Э.А. Арустамов. М.: Дашков и К<sup>0</sup>, 2000.
4. ГОСТ 12.1,003.-83\* Шум. Общие требования безопасности. М.: Издательство стандартов, 1989.
5. СНиП П-12-77. Защита от шума. Нормы проектирования. М: Стройиздат, 1978.

Исследование производственного шума и оценка звукоизолирующей способности ограждающих устройств  
Методические указания к лабораторной работе

Составитель Стуров Владимир Иванович  
Редактор Н.Ю. Бирлева

---

Подписано в печать Z'5-ОЧ 6ЛЗ. Формат 60x84 1/16 Бумага газетная  
Ризография. Печ.л. 1,25. Тираж 500 экз. Заказ № £\$&  
Липецкий государственный технический университет  
398600 Липецк, ул. Московская. 30.  
Типография ЛГТУ. 398600 Липецк, ул. Московская. 30.