

Министерство образования Российской Федерации
Ульяновский государственный технический университет

ЗАЩИТА ОТ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ШУМА

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

Составитель А.Н.Кудрин

Ульяновск 2001

УДК 658.9 (076)
ББК 38.113я7
З-40

Рецензент декан строительного факультета УлГТУ,
канд.техн.наук., доцент В.И.Тур

Одобрено секцией методических пособий научно-методического совета
университета

З-40 Защита от производственного шума: Методические указания к лабораторной работе / Сост. А.Н.Кудрин. - Ульяновск: УлГТУ, 2001 .-32 с.

Составлены в соответствии с учебными программами курса «Безопасность жизнедеятельности» для студентов всех специальностей.

В методических указаниях приведены основные сведения о производственном шуме и методах борьбы с ним, дано описание приборов для измерения параметров шума, изложен порядок выполнения лабораторной работы, приведены нормативные данные для оценки шума, дан перечень контрольных вопросов .

Работа подготовлена на кафедре «Безопасность жизнедеятельности, экология и химия»

УДК 658.9 (076)
ББК38.113я7

© Ульяновский государственный технический университет, 2001

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Требования по технике безопасности при выполнении лабораторных работ.....	4
2. Цель работы.....	4
3. Содержание работы.....	4
4. Общие сведения.....	5
4.1. Основные характеристики и единицы измерения.....	6
4.2. Классификация шума.....	9
4.3. Действие шума на человека. Аудиометрия.....	10
4.4. Нормирование шума.....	12
4.5. Защита от шума.....	15
4.6. Расчет звукоизоляции однослойных плоских ограждений...	19
5. Описание реальной физической лабораторной установки.....	22
6. Описание виртуальной физической установки	25
7. Порядок выполнения работы.....	27
8. Отчет о работе.....	30
9. Контрольные вопросы.....	31
Список литературы.....	32

1. ТРЕБОВАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

1.1. Перед выполнением лабораторных работ каждый студент получает инструктаж по технике безопасности и расписывается в журнале учета инструктажа.

1.2. Работа выполняется бригадой, состоящей не менее чем из двух человек в строгом соответствии с методическими указаниями. Делать какие-либо переключения на приборах, не предусмотренные программой работы, запрещено.

1.3. Приступать к выполнению работы можно только после изучения описания и с разрешения преподавателя.

2. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Ознакомление с основными понятиями о производственном шуме, его влиянием на организм человека, нормированием и методами борьбы, приобретение практических навыков измерения шума, расчета и экспериментального исследования звукоизолирующих свойств конструкций.

3. СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

3.1. До начала лабораторных занятий изучите по разделу 4 необходимые сведения о производственном шуме и методах борьбы с ним.

3.2. Получите у преподавателя вариант задания.

3.3. Ознакомьтесь с порядком выполнения работы согласно заданию и устройством лабораторной установки (разделы 5, 6, 7).

3.4. Исследуйте звукоизолирующие свойства заданных преград в соответствии с п.7

3.5. Оформите отчет по работе согласно разделу 8.

3.6. Ответьте на контрольные вопросы.

4. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

В последние десятилетия в связи с бурным развитием техники, сопровождающимся постоянным увеличением мощности и производительности машин, скорости их рабочих органов, шум на рабочих местах постоянно возрастает на 1...3 дБ в год и во многих случаях значительно превышает допустимые нормы.

Избыточный шум вредно воздействует на состояние здоровья работающих, снижает производительность и качество труда, является косвенной причиной производственного травматизма, поэтому борьба с шумом имеет важное социально-экономическое значение (по оценке различных экспертов в США, общая стоимость потерь от шума в стране составляет от 120 млн. до 1 млрд. долларов в год).

Шумом называется совокупность звуков, имеющих различную частоту и интенсивность, неблагоприятно воздействующих на организм человека.

По физической сущности шум представляет собой волнообразно распространяющееся механическое колебательное движение частиц упругой (газовой, жидкой или твердой) среды. В жидкости и газе могут распространяться только продольные волны. Изменение состояния среды при распространении звуковой волны характеризуется звуковым давлением P - превышением давления над давлением в невозмущенной среде в паскалях. При нормальных атмосферных условиях (температура 293 К и давление 1034 ГПа) скорость звука в воздухе равна 344 м/с (в жидкостях 1500 м/с, в твердых телах 4000 м/с).

Колебания в диапазоне частот 16 Гц-20 кГц могут восприниматься ухом человека как звуки. Колебания с частотой менее 16 Гц - инфразвуки и с частотой более 20 кГц - ультразвуки ухом не воспринимаются, но могут также оказывать неблагоприятное воздействие на человеческий организм.

Согласно ГОСТ 12.1.029-80 по условиям возникновения производственные шумы могут быть **механического, аэродинамического, электромагнитного и гидродинамического** происхождения, по условиям распространения различают **воздушный и структурный** шумы.

Шум **механического** происхождения - шум, возникающий вследствие вибрации поверхностей машин и оборудования, а также одиночных или периодических ударов в сочленениях деталей, сборочных единиц или конструкций в целом.

Шум **аэродинамического** происхождения - шум, возникающий вследствие стационарных или нестационарных процессов в газах (например, истечение воздуха или газа из отверстий).

Шум **электромагнитного** происхождения - шум, возникающий вследствие колебаний элементов электромеханических устройств под

влиянием переменных магнитных сил (например, колебания ротора и статора электрических машин, сердечника трансформатора и др.).

Шум **гидродинамического** происхождения - шум, возникающий вследствие стационарных и нестационарных процессов в жидкостях (например, гидравлические удары, турбулентность потока и др.).

Шум, возникающий и распространяющийся в воздушной среде от источника возникновения до места наблюдения, называется **воздушным**.

Шум, распространяющийся в твердых телах и излучаемый их колеблющимися поверхностями, называется **структурным**.

В большинстве (более чем в 90%) случаев промышленный шум имеет механическое происхождение.

4.1. ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ

Основными физическими параметрами, характеризующими звук, является **звуковое давление** P и **интенсивность звука** I . Слуховой аппарат человека реагирует на величину, пропорциональную среднему квадрату звукового давления

$$P^2 = \frac{1}{T} \int_0^T P^2(t) dt,$$

где $p(t)$ – разность между мгновенными значениями полного давления и средним давлением в среде при отсутствии звукового поля;

T – время усреднения, которое для уха человека равно 30...1000 мс.

При распространении звуковой волны происходит перенос энергии. **Интенсивностью звука** называется количество звуковой энергии, переносимое звуковой волной в единицу времени через единицу поверхности.

Звуковое давление измеряется в паскалях ($1 \text{ Па} = 1 \text{ Н/м}^2$), а

интенсивность звука - в Вт/м^2

Интенсивность звука связана со звуковым давлением зависимостью

$$I = P^2 / (\rho \cdot C),$$

где ρ – плотность среды, кг/м^3 ;

C – скорость звука, м/с.

Область слышимости звуков ограничивается не только определенными частотами, но и определенными значениями давления и интенсивности звука. Максимальные и минимальные звуковые давления

интенсивности, воспринимаемые человеком как звук, называются **пороговыми**. Минимальные значения (порог слышимости) соответствуют едва ощущаемым звукам и при частоте 1000 Гц равны $P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па, $I_0 = 10^{-12}$ Вт/м². Звуки, относящиеся к порогу слышимости, воспринимают только люди с весьма острым слухом, примерно 1% от числа испытуемых. У 50% людей кривая порога слышимости лежит на 15 дБ выше условно принятой кривой.

Максимальные значения (порог болевого ощущения) соответствуют звукам, которые вызывают в органах слуха болевые ощущения и при частоте 1000 Гц равны $P_6 = 2 \cdot 10^2$ Па и $I_6 = 10^2$ Вт/м². Таким образом, величины звукового давления и интенсивность звука, которые различает человек, могут меняться в широком диапазоне: по давлению до 10^7 раз, по интенсивности до 10^{14} раз. Естественно, что оперировать такими цифрами неудобно. Кроме того, по закону Вебера-Фехнера раздражающее действие шума на человека пропорционально не квадрату звукового давления, а логарифму от него.

Поэтому были введены логарифмические величины — **уровни звукового давления и интенсивности**, измеряемые в децибелах (дБ):

$$L = 10 \lg \frac{I}{I_0} = 10 \lg \frac{P^2}{P_0^2} = 20 \lg \frac{P}{P_0}, \text{ дБ},$$

где I_0 и P_0 - интенсивность звука и звуковое давление, соответствующие порогу слышимости на частоте 1000 Гц.

Слуховой аппарат человека обладает неодинаковой чувствительностью к звукам различной частоты: наибольшей чувствительностью на средних и высоких частотах (800...4000 Гц) и наименьшей – на низких (20...100 Гц). Одинаковые по интенсивности, но разные по частоте звуки воспринимаются как звуки разной громкости. Поэтому для физиологической оценки шума используются кривые равной громкости, позволяющие судить о том, какой звук субъективно сильнее или слабее, и вводится понятие уровня громкости звука, единицей измерения которого является **фон**. На частоте 1000 Гц уровни громкости приняты равными уровням звукового давления, следовательно, 1 фон – уровень громкости звука, для которого уровень звукового давления равногромкого звука на этой частоте равен 1 дБ.

При измерении шума для того, чтобы приблизить результаты объективных измерений к субъективному восприятию, используют **корректированный** уровень звукового давления (уровень интенсивности). Коррекция заключается в том, что вводятся зависящие от частоты звука поправки к уровню соответствующей величины (путем коррекции частотной характеристики шумомера). Эти поправки стандартизованы в международном масштабе.

Наиболее употребительна коррекция А. **Корректированный уровень звукового давления**

$$L_A = L - \Delta L_A$$

называется **уровнем звука** и измеряется в дБА.

Стандартное значение коррекции приведено ниже:

Частота, Гц	16	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Коррекция L_A , дБ	80	42	26,3	16,1	8,6	3,2	0	-1,2	-1,0	-1,0

Постоянный шум может быть разложен на **тональные** (гармонические, синусоидальные) составляющие с указанием интенсивности и частоты каждого тона (разложение в ряд Фурье).

Зависимость уровня тональных составляющих от частоты называется **частотным спектром шума**. Всякий производственный шум имеет свой характерный для него **спектр**. Изучение спектра шума позволяет обнаружить неисправности в работе машин, выделить доминирующие источники шума, производить рациональный выбор средств защиты от шума (эффективность работы различных средств зависит от спектрального состава шума).

Спектры получают используя анализаторы шума – набор полосовых электрических фильтров. Для анализа и нормирования шума наибольшее распространение получили фильтры с постоянной относительной полосой пропускания, в частности, октавные полосовые фильтры, в которых верхняя граничная частота в два раза больше нижней $f_v/f_n = 2$.

Любой источник шума (машина) описывается рядом шумовых характеристик, установлены методы их определения [1].

При проектировании новых предприятий и цехов нужно знать ожидаемые уровни шума в расчетных точках (на рабочих местах).

Определение уровня звукового давления в расчетной точке по шумовым характеристикам источника шума и необходимого его снижения являются задачами акустического расчета [1,2].

4.2. КЛАССИФИКАЦИЯ ШУМА

Согласно ГОСТ 12.1.003-83 шум классифицируется по его спектральным и временным характеристикам.

По **характеру спектра** шум подразделяется на:

- **широкополосный** с непрерывным спектром шириной более одной октавы;
- **тональный**, в спектре которого имеются выраженные дискретные тона. Тональный характер шума, для практических целей, устанавливают измерением в третьоктавных полосах частот по превышению уровня звукового давления в одной полосе над соседними не менее чем на 10 дБ. Например, шум дисковой пилы является тональным, а реактивного двигателя – широкополосным.

По **временным характеристикам** шум подразделяется на :

- **постоянный**, уровень звука которого за 8-часовой рабочий день изменяется во времени не более чем на 5 дБА;
- **непостоянный**, уровень звука которого за 8-часовой рабочий день изменяется во времени более чем на 5 дБА.

В свою очередь непостоянный шум подразделяется на:

- **колеблющийся** во времени, уровень звука которого непрерывно изменяется во времени;
- **прерывистый**, уровень звука которого ступенчато изменяется (на 5 дБА и более), причем длительность интервалов, в течение которых уровень остается постоянным, составляет 1 с и более;
- **импульсный**, состоящий из одного или нескольких звуковых сигналов, каждый длительностью менее 1 с.

4.3. ДЕЙСТВИЕ ШУМА НА ЧЕЛОВЕКА. АУДИОМЕТРИЯ

В зависимости от уровня и характера шума можно выделить несколько ступеней его воздействия на человека.

4.3.1. Шума нет - полное отсутствие шума противостоит естественно. Абсолютная тишина угнетает. Пребывание в полной тишине более нескольких суток ведет к психическим расстройствам.

4.3.2. Шум 20...60 дБА, - шумовой фон, постоянно действующий на человека в повседневной деятельности. Степень вредности такого шума во многом зависит от индивидуального отношения к нему. Привычный шум или шум, производимый самим человеком, не беспокоит. Шум свыше 40 дБА может создавать повышенную нагрузку на нервную систему, особенно при умственной работе. Воздействие на психику возрастает с увеличением частоты и уровня шума, а также с уменьшением ширины полосы частот шума,

4.3.3. Шум 60...80 дБА оказывает психологическое воздействие, создавая значительную нагрузку на нервную систему человека (особенно при умственной работе). В результате наблюдается повышенная утомляемость, раздражительность, ослабляется внимание, замедляются психические реакции, как следствие, снижается производительность и качество труда. При импульсных и нерегулярных шумах степень воздействия шума повышается.

4.3.4. Шум 80...110 дБА оказывает физиологическое воздействие на человека, приводя к видимым изменениям в его организме. Под влиянием шума свыше 80 дБА наблюдается ухудшение слуха (снижение слуховой чувствительности в первую очередь на высоких частотах),

Однако действие сильного шума на организм человека не характеризуется только по состоянию слуха. Изменения в функциональном состоянии нервной системы и ряда органов наступают гораздо раньше, их совокупность характеризуется как **шумовая болезнь**. К объективным симптомам шумовой болезни относятся: снижение слуховой чувствительности, изменение функции пищеварения, выражающееся в понижении кислотности, сердечно-сосудистая недостаточность, нейроэндокринные расстройства. Длительное воздействие шума вызывает ряд таких серьезных заболеваний, связанных с перенапряжением нервной системы, как гипертоническая и язвенная болезни, в ряде случаев желудочно-кишечные и кожные заболевания.

Работающие в условиях сильного шума испытывают головные боли, головокружения, снижение памяти, боли в ушах. Человек затрачивает в

среднем на 10...20% больше физических и нервно–психических усилий, чтобы сохранить выработку, достигнутую им при уровне звуке ниже 70 дБА, Все это снижает работоспособность человека, безопасность его труда. Производительность труда снижается шум больше, чем сложнее трудовой процесс и чем больше в нем элементов умственного труда.

Установлено, что при работах, требующих повышенного внимания , при увеличении уровня звука от 70 до 90 дБА имеет место снижение производительности труда на 20%.

Повышенный уровень шума приводит к росту не только профессиональной, но и общей заболеваемости. Об этом говорит тот факт, что общая заболеваемость рабочих шумных производств увеличена на 15...20%.

4.3.5. Шум выше 110 дБА оказывает травматическое действие на органы слуха. При шуме более 140 дБА возможен разрыв барабанной перепонки.

4.3.6. Аудиометрия.

В настоящее время в России и за рубежом оценка приемлемости производственного шума с уровнем выше 80 дБА базируется на выявлении воздействия шума на органы слуха человека. **Аудиометрией** называется проверка органов слуха с целью определения потерь слуха от влияния производственного шума. Аудиометрические исследования проводят согласно ГОСТ 12.4.062-78 «Шум. Методы определения деления потерь слуха человека.» Испытуемый через наушники слушает подаваемые на каждое ухо чистые тона различной интенсивности, минимальная слышимая интенсивность тона фиксируется. Оценка результатов исследований производится по среднему арифметическому значению снижения порогов слуховой чувствительности (потеря слуха) на речевых частотах (500, 1000, 2000 Гц) и на частоте 4000 Гц.

Результаты медицинского контроля при поступлении на работу и периодических осмотров (в целях профилактики профессиональных заболеваний) показали, что тугоухость в последние годы выходит на ведущее место в структуре профессиональных заболеваний и не имеет тенденций к снижению.

4.4.НОРМИРВАНИЕ ШУМА

Целью санитарного нормирования является установление научно обоснованных предельно допустимых величин шума, которые при ежедневном систематическом воздействием в течение всего рабочего дня и в течение многих лет не вызывают существенных изменений в состоянии здоровья человека и не мешают его нормальной трудовой деятельности.

В условиях производства в большинстве случаев технически очень трудно снизить шум до очень малых уровней, поэтому при нормировании исходят не из оптимальных (комфортных), а из терпимых условий, т.е. таких, когда вредное действие шума на человека не проявляется или проявляется незначительно. Санитарные нормы – это компромисс между гигиеническими требованиями и техническими возможностями на данном этапе развития науки и техники.

Характеристики и допустимые уровни шума на рабочих местах регламентируются ГОСТ 12.1.003-83. «Шум. Общие требования безопасности.»

Нормируемой характеристикой постоянного шума являются уровни звуковых давлений в децибелах в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц. Как известно, среднегеометрическое значение f_{cp} для полосы с верхней граничной частотой f_B и нижней f_H (для октавной полосы f_B в два раза больше f_H) определяется выражением $f_{cp} = \sqrt{f_B f_H}$, например, если $f_{cp}=63$ Гц, то $f_H=45$ Гц и $f_B=90$ Гц.

Совокупность восьми допустимых уровней звукового давления в октавных полосах частот называется **предельным спектром**, а указанный метод нормирования – **нормированием по предельному спектру шума**.

Предельные спектры обозначают сокращением ПС с цифровым индексом, соответствующим уровню звукового давления в октавной полосе со средне-геометрической частотой 1000 Гц. Например, ПС-80 обозначает предельный спектр, имеющий в указанной октавной полосе допустимый уровень звукового давления 80 дБ. Значения предельно допустимых уровней звукового давления в нормируемых октавных полосах частот установлены с учетом одинакового физиологического и психологического воздействия шума на человека.

Для ориентировочной оценки (например, при проверки органами надзора, выявлении необходимости осуществления мер по шумоглушению и др.) постоянного шума на рабочих местах допускается использование интегрального показателя – уровня звука в дБА, который измеряется шумомером с скорректированной частотной характеристикой А (наряду с линейной частотной характеристикой, шумомеры имеют коррекцию А, имитирующую нелинейную амплитудно-частотную характеристику слухового аппарата человека) и определяется по формуле

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

Где P_A – среднеквадратическое значение звукового давления с учетом коррекции А шумомера, Па;

P_0 – звуковое давление, соответствующее порогу слышимости (в воздухе $P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па).

Уровень звука связан с предельным сектором зависимостью :

$$L_A = \text{ПС} + 5 \text{дБ}.$$

Характеристикой непостоянного шума является эквивалентный (по энергии) уровень звука в дБА – уровень звука постоянного широкополосного шума , который имеет то же самое среднеквадратичное звуковое давление (оказывает на человека такое же воздействие) , что и данный непостоянный шум , определяемый по формуле

$$L_{A. \text{экв.}} = 10 \lg \frac{1}{T} \int_1^T \frac{P_A^2(t)}{P_0^2} dt$$

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

T – время действия шума .

Эквивалентный уровень измеряется интегрирующими шумомерами и может быть определён расчетным методом. Суть метода в том, что диапазон, подлежащий измерению уровней звука, разбивают на интервалы, затем через равные промежутки времени в течение определенного периода производят измерения уровня звука по шкале А шумомера и подсчитывают количество отсчетов в каждом интервале .

Расчет ведется по формуле :

$$L_{A.э\kappa\text{в}} = 10 \cdot \lg \frac{1}{100} \left(\sum_{i=1}^n f_i \cdot 10^{0.1L_i} \right),$$

где f_i – доля числа отсчетов в данном интервале от общего числа отсчетов, % ;

L_i – средний уровень звука в данном интервале .

i – 1,2,3,..., n – число интервалов .

Допустимые уровни звукового давления в октавных полосах частот, уровни звука и эквивалентные уровни звукового широкополосного постоянного и непостоянного шума указаны в таблице 1 .

Таблица 1.

Рабочие места	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами в Гц								Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА
	63	125	2 5 0	5 0 0	1 0 0 0	2 0 0 0	4 0 0 0	8000	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Предприятия , учреждения и организации									
1. Помещения конструкторских бюро, расчетчиков, программирование, преподавание и обучение, в лабораториях для теоретических работ и обработки экспериментальных данных, прием больных в здравпункте	71	61	54	49	45	42	40	38	50

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2. Помещения цехового управленческого аппарата, рабочие комнаты конторских помещений, лаборатории	79	70	63	58	55	52	50	49	60
3. Кабины наблюдений и дистанционного управления с речевой связью по телефону, помещения и участки точной сборки	83	74	68	63	60	57	55	54	65
4. Кабины наблюдений и дистанционного управления без речевой связи по телефону, лаборатории с шумным оборудованием	91	83	77	73	70	68	66	64	75
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5. Постоянные рабочие места и рабочие зоны в производственных помещениях.	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Для тонального и импульсного шума допустимые уровни должны приниматься на 5 дБ меньше, ГОСТ 12.1.003-83 допускает устанавливать более жесткие нормы для отдельных видов трудовой деятельности с учетом напряженности труда.

Нормирование шума в помещениях жилых и общественных зданий и на их территориях производится по СНиП 11-12-77 и ГОСТ 12.1.036-81.

4.5. ЗАЩИТА ОТ ШУМА

В соответствии с ГОСТ 12.1.003 – 83 снижение шума до значений, не превышающих допустимые значения, должны достигаться разработкой шумобезопасной техники, применением средств и методов коллективной защиты по ГОСТ 12.1.029 – 80, применением средств индивидуальной

защиты по ГОСТ 12.4.051 – 87, а также строительно-акустическими мероприятиями.

Средства коллективной защиты по отношению к источнику возбуждения шума подразделяются на средства, снижающие шум в источнике его возникновения, и средства, снижающие шум на пути его распространения от его источника до защищаемого объекта.

Снижение шума в источнике является основным и наиболее рациональным направлением по снижению шума, правильное проектирование конструкций машин позволяет уменьшить шум на 20...25 дБ. Это может быть достигнуто применением технологических процессов и оборудования, не создающих чрезмерного шума, заменой ударных воздействий деталей безударными, возвратно-поступательного движения вращательным, демпфированием отдельных узлов машин путем сочленения их с материалами, имеющими большое внутреннее трение (резиной, пробкой, битумными картонами, асбестом, войлоком и др.), заменой металлических деталей пластмассовыми, тщательным уравниванием всех движущихся деталей агрегатов, повышением их класса чистоты и точности изготовления, улучшением смазки, применением подшипников скольжения вместо подшипников качения и т. п.

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

Комплексом строительно-акустических мероприятий, состоящих из акустических и архитектурно-планировочных, достигается снижение производственного шума на пути его распространения. Основным нормативным документом, устанавливающим требования к строительно-акустическим методам борьбы с шумом, является СНиП 11 – 12 – 77 «Защита от шума».

В зависимости от принципа действия среди акустических средств защиты можно выделить средства звукоизоляции (звукоизолирующие ограждения, кожухи, кабины, акустические экраны, выгородки), средства звукопоглощения (звукопоглощающие облицовки, объемные поглотители звука), глушители шума.

Между эффектами звукоизоляции и поглощения звука имеется принципиальное различие.

Звукоизолирующие свойства конструкций обусловлены способностью отражать звук и характеризуется коэффициентом звукопроницаемости τ , представляющего собой отношение звуковой мощности, прошедшей через ограждение, к падающей $\tau = P_{\text{пр}} / P_{\text{пад}}$. Звукоизолирующие преграды в виде стен, перегородок, кожухов, кабин, выгородок служат для того, чтобы не пропускать звук из шумного помещения в более тихое.

Поглощение звука обусловлено переходом колебательной энергии в теплоту из-за потерь на трение в порах материала. Поэтому для эффективного звукопоглощения необходимо использование пористых структур, для звукоизолирующих же конструкций требуются плотные, твердые и массивные материалы. Способность материалов поглощать звук оценивается коэффициентом звукопоглощения a , который представляет собой отношение звуковой мощности, поглощенной материалом, к мощности, падающей на него $a = P_{\text{погл.}} / P_{\text{пад.}}$ (кирпич, бетон имеют $a = 0.01 - 0.05$, у звукопоглощающих $a > 0.2$). Звукопоглощающие материалы (ультратонкое и капроновое волокна, минеральная вата, древесноволокнистые и минераловатные плиты с профилированной поверхностью, пористый поливинилхлорид и др.) и конструкций (звукопоглощающие облицовки, объемные поглотители) предназначены для поглощения звука как в помещениях с источником, так и в соседних.

Установка звукопоглощающих облицовок снижает шум на 6...8 дБ в зоне отраженного звука (вдали от источника) и на 2...3 дБ вблизи источника шума. Однако их применение целесообразно, так как из-за изменения спектрального состава за счет большей эффективности облицовок на высоких частотах (8...10 дБ), шум становится более глухим и менее раздражающим. Звукоизолирующие конструкции ослабляют шум в соседних помещениях на 30...50 дБ.

Архитектурно-планировочные методы защиты от шума предполагают:

- рациональные акустические решения планировок зданий и генеральных планов объектов (расстояние между шумными цехами и тихими помещениями должно обеспечить требуемое снижение шума, наиболее шумные объекты необходимо компоновать в отдельные комплексы, внутри зданий нужно предусматривать

максимально возможное удаление малошумных помещений от помещений с интенсивными источниками шума и пр.) ;

- рациональное размещение технологического оборудования , машин и механизмов (необходимо выделять шумное оборудование в отдельные звукоизолированные помещения) ;
- рациональное размещение рабочих мест (вдали от шумного оборудования , использование акустических экранов) ;
- рациональное акустическое планирование зон и режима движения транспортных средств и транспортных потоков.

Организационно-технические методы защиты от шума включают в себя:

- применение малошумных технологических процессов (изменение технологии производства, способа обработки и транспортирования материала и др.);
- оснащение шумных машин средствами дистанционного управления и автоматического контроля (кабины наблюдения и дистанционное управление обеспечивают снижение шума на 20...30 дБ), роботизация производства;
- применение малошумных машин, изменение их конструктивных элементов и сборочных единиц;
- совершенствование технологии ремонта и обслуживания машин;
- использование рациональных режимов труда и отдыха работников на шумных предприятиях (в первую очередь сокращение времени пребывания рабочих в условиях чрезмерного шума).

К числу технологических процессов и оборудования, не создающих чрезмерного шума, относятся электрофизические методы в металлообработке, создание неразъемных соединений сваркой, склеиванием, прессованием и с помощью безударных специальных заклепок, автоматизация формовки и зачистки в литейном производстве, литье под давлением, профильное шлифование, уплотнение прессованием взамен вибрационного и ударного, применение гидравлического привода взамен пневматического, тонкое литье вместоковки и др.

При невозможности снизить уровень звука средствами коллективной защиты до 80 дБ и менее, необходимо применять средства **индивидуальной защиты**, которые 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, каски и костюмы**. Снижение шума такими средствами составляет 10...40 дБ.

Зоны с уровнем звука выше 80 дБА должны быть обозначены знаками безопасности по ГОСТ 12.4.026-76.

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

Достаточно подробный список литературных источников по борьбе с шумом на производстве дан [2].

4.6. РАСЧЕТ ЗВУКОИЗОЛЯЦИИ ОДНОСЛОЙНЫХ ПЛОСКИХ ОГРАЖДЕНИЙ

Звукоизоляция, как и другие способы борьбы с шумом, применяется в том случае, если уровень звукового давления источника шума превышает допустимый уровень (норму) $L > L_n$. Разница этих значений составляет требуемую величину звукоизоляции $\Delta L_{гр} = L - L_n$. Фактическое ослабление шума ограждениями должно удовлетворять неравенству $\Delta L \geq \Delta L_{гр}$.

Для определения ΔL практически используются аналитический, графический, экспериментальный способы.

4.6.1. При ориентировочных расчетах аналитическим способом звукоизоляция однослойного плоского ограждения определяется по формуле

$$\Delta L_{расч} = 20 \lg(M \cdot f) - 47,5 \text{ дБ}, \quad (1)$$

где M – масса 1 м² ограждения, кг (таблица 2);
 f – частота звука, Гц.

Из формулы (1) следует, что значение звукоизоляции ограждения зависит только от массы и частоты, увеличиваясь при каждом удвоении этих параметров на 6 дБ (подчиняется закону массы).

Таблица 2

Материал	Толщина, мм	Масса 1 м ² ограждения, кг
Древесноволокнистая плита (ДВП)	3	3.3
Сталь	8	59.6
Шифер	7	13.7
Древесностружечная плита (ДСП)	20	17.3
Фанера	10	6.9
Дюралюминий	0.5	1.6
Стекло органическое	6	3.8
Пенопласт	95	1.3
Гипс	13	12.8

Однако закон массы справедлив не во всем диапазоне частот. На очень низких частотах (ниже 45 Гц) звукоизоляция определяется жесткостью ограждения и резонансными явлениями. Первая частота собственных колебаний ограждающих конструкций обычно не превышает 15-30 Гц и лежит ниже нормируемого диапазона частот. В этом диапазоне значительной изоляции от ограждений не требуется и ее расчет не производится.

В области относительно высоких частот вновь наблюдается ухудшение звукоизоляции из-за возникновения явления волнового совпадения, при котором распределение давления в падающей звуковой волне вдоль плоского ограждения точно соответствует распределению амплитуды смещения собственных изгибных колебаний ограждения, что приводит к пространственному резонансу и интенсивному росту колебаний. Это явление необходимо при расчетах учитывать.

Наименьшая частота, на которой становится возможным явление совпадения, соответствует случаю падения звуковой волны вдоль плиты. Эта частота называется **граничной (критической)** и находится по формуле

$$f_{gp} = \frac{C^2}{1,8 \cdot C_{oz} \cdot h} = \frac{6,4 \cdot 10^4}{C_{oz} \cdot h}, \text{ Гц}$$

где C – скорость звука в воздухе ($C=340$ м/с);

C_{oz} – скорость продольной звуковой волны в ограждении, м/с (табл. 3);

h – толщина ограждения, м;

Таблица 3

Материал ограждения	$C_{ог}$, м/с
Стекло, сталь	5000
Резина	40 –150
Пенопласт эластичный	100 –150
ДСП	1800 –2800
Фанера	1200 –1500
Шифер	4000

При частотах выше граничной существенное значение приобретают жесткость ограждения и внутреннее трение в материале, характеризуемое коэффициентом потерь, рост звукоизоляции здесь составляет 7,5 дБ при каждом удвоении частоты. Законом массы звукоизоляция описывается на частотах ниже граничной (обычно при $f < 0,5f_{гр}$).

4.6.2 Согласно СНиП 11–12–27 частотную характеристику звукоизоляции однослойной плоской тонкой ограждающей конструкцией из металла, стекла и подобных материалов следует определять графическим способом изображая ее в виде ломаной линии ABCD на рис.1.

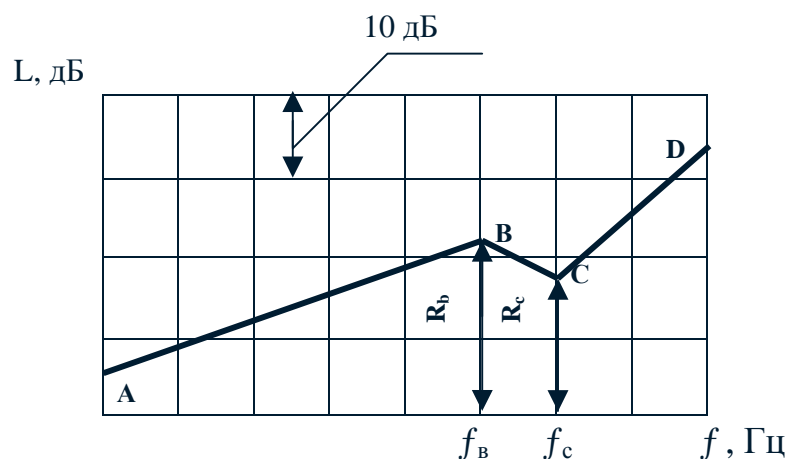


Рис 1.

Координаты точек B и C находят по данным таблицы 4 [4]. Из точки B проводят влево вниз прямую BA с наклоном 5 дБ на октаву для глухих однослойных ограждающих конструкций из органического и силикатного стекла и 4 дБ на октаву для конструкций из других материалов, от точки C вправо вверх проводят прямую CD с наклоном 8 дБ на октаву.

Таблица 4

Материал	$f_s, Гц$	$R_s, дБ$	$R_c, дБ$	
Сталь		6000/h	39	31
Алюминиевые сплавы		6000/h	32	22
Стекло силикатное		6000/h	35	29
Стекло органическое		17000/h	37	30
Асбестоцементные листы		11000/h	36	30
Сухая гипсовая штукатурка		19000/h	36	30
Древесностружечная плита		13000/h	32	27
Древесноволокнистая плита		19000/h	35	29

Примечания: 1. $f_c = 2f_s$
 2. h - толщина ограждения в миллиметрах

4.6.3. Экспериментальное определение звукоизолирующей способности ограждающих конструкций (плит) в диапазоне частот производится на специальной установке и описано в экспериментальной части настоящих методических указаний.

5. ОПИСАНИЙ РЕАЛЬНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Лабораторная установка для экспериментального исследования звукоизолирующих свойств материалов включает в себя звукоизолирующую камеру, звуковой генератор, шумомер.

5.1. Звукоизолирующая камера служит для исследования звукоизолирующих свойств конструкций и уменьшения при этом шума в лаборатории.

В нижнюю (излучающую) часть камеры помещена динамическая головка, питаемая звуковым генератором и являющаяся источником шума. В верхней (приемной) части камеры находится измерительный микрофон шумомера. Между излучающей и приемной частями устанавливается испытуемый образец.

Звуковые колебания, создаваемые в излучающей части источников шума, распространяются в приемную часть. Измеренная разность уровней звукового давления в приемной части без образца и при установленном образце на среднегеометрических частотах октавных полос и дает характеристику звукоизоляции испытуемого материала или конструкции.

5.2. Шумомер PSI 202 предназначен для точных акустических измерений. Принцип действия шумомера основан на преобразовании микрофоном звуковых колебаний в электрическое переменное напряжение, пропорциональное звуковому давлению, которое затем усиливается, выпрямляется и измеряется стрелочным индикатором, проградуированным в децибелах.

В соответствии с требованиями ГОСТ 17187-81 шумомер имеет временные характеристики «быстро» («Schnell (F)») «импульс» («Impuls (T)»), «медленно» («Langsam (S)»).

При использовании временных характеристик «быстро» и «медленно» измеряется эффективное значение переменного напряжения, причем во втором случае прибор имеет большую постоянную времени. При «импульсной» временной характеристике измеряется квазипиковое значение импульсного входного сигнала с постоянной времени 35 мс.

Имеющиеся в шумомере фильтры частотной коррекции позволяют формировать одну из четырех возможных частотных характеристик прибора: LIN, A, B, C. Частотнонезависимая в диапазоне звуковых частот характеристика LIN и близкая к ней скорректированная C применяются при измерении уровней звукового давления (дБ), например, постоянного шума. Частотнонезависимые характеристики A и B моделируют соответствующие характеристики слухового аппарата человека и используются для измерения уровней звука (дБА) при исследовании, например, непостоянных шумов.

5.2.1. Подготовка шумомера к работе.

Прибор включается правым поворотом переключателя режимов, расположенного в центре передней панели. Через некоторое время начинает периодически мигать лампочка тлеющего разряда, помещенная над переключателем.

Электрическая нулевая точка проверяется путем установки переключателя \dashv \vdash Δ (напряжение батареи и контроль нулевой точки) в положение Δ . Стрелка должна указывать тоже на знак Δ . Затем переключатель возвращается в среднее положение.

Для проверки правильности калибровки усилителя прибора переключатель режимов поставить в положение ∇ . Переключатели «Bereich 1» «Bereich 2» (диапазон 1 и диапазон 2) поворотом установить до левого упора. При этом в окошечке виден знак ∇ , а стрелка на нижней шкале ∇ измерительного прибора должна указывать на значение $K=2,5$.

Необходимые подрегулировки в процессе подготовки к работе прибора выполняются преподавателем или лаборантом.

5.2.2. Проведении измерений.

В работе производятся измерения постоянного тонального шума. Поэтому переключатель режимов следует поставить в положение «Schnell (F) ∇ LIN» (либо «Langsam (S)LIN»). В данном режиме шумомер измеряет уровни звуковых давлений 35-140 дБ в полосе частот 20 Гц - 20 кГц (микрофон МК-102).

Переключатель «Bereich 2» перевести до левого упора. Переключатель «Bereich 1» повернуть вправо настолько, чтобы стрелка измерительного прибора установилась в пределах от 0 до 10 дБ. Если это окажется невозможным, то дальнейшее увеличение чувствительности шумомера следует производить вращением вправо переключателя «Bereich 2». Переключатель «Bereich 1» остается при этом в позиции до правого упора,

Результат измерения получается суммированием цены диапазона, указанной в окошечке, и показаний стрелочного прибора.

О перегрузке стрелочного прибора сигнализирует лампочка тлеющего разряда, расположенная в его правом верхнем углу.

5.3. Звуковой генератор ГЗ-33 является источником синусоидальных электрических колебаний звуковых и ультразвуковых частот с регулируемой частотой в диапазоне 20 - 20 000 Гц и амплитудой до 100 дБ. Совместно с подключаемыми к его выходам динамической головкой звукоизолирующей камеры либо наушниками служит для создания тонального шума различной частоты и уровня.

5.3.1. Подготовка генератора к работе.

Выводы динамической головки подключить к клеммам «Выход 6 Ω » при исследовании звукоизолирующих свойств конструкций. При исследовании шума и определении порогов восприятия чистых тонов наушники подключаются к клеммам «Выход», при этом переключатель «Вых. сопротивление Ω » должен находиться в положении 60 Ом.

Ручку потенциометра «Рег. выхода» повернуть влево до упора, тумблер «Внутр. нагр» поставить в положение «Выкл».

Включить прибор в сеть, поставив тумблер включения сети в положение «Вкл», при этом должна загореться подсветка шкалы аттенуатора,

5.3.2. Регулировка частоты и уровня тонального шума.

Требуемая частота шума устанавливается с помощью ручки

«Частота Hz» и переключателя «Множитель». Отсчет частоты в герцах производится по поворотной шкале с учетом множителя поддиапазона. Например, при отсчете по шкале 80 и множителе X100 частота шума равна $80 \cdot 100 = 8000$ (Гц).

Регулировка уровня шума в звукоизолирующей камере осуществляется плавно потенциометром «Рег. выхода».

6. ОПИСАНИЕ ВИРТУАЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Виртуальная лабораторная установка представляет собой 3-мерные модели оборудования (акустической камеры, генератора звуковой частоты, шумомера), которые имитируют работу реальных объектов.

Общий вид лабораторной установки показан на рис.2.

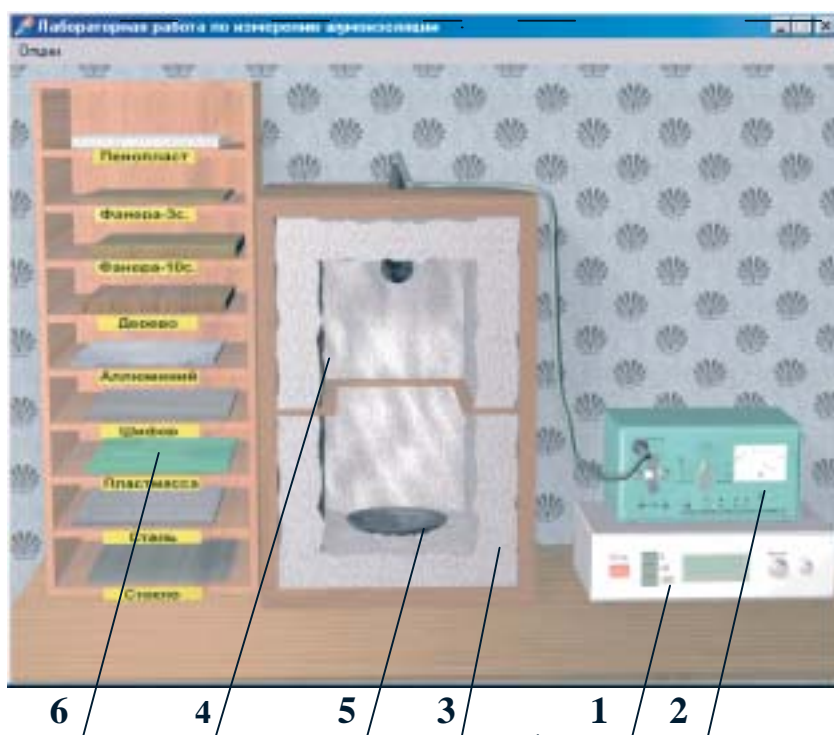


Рис.2. Общий вид лабораторной установки:

- 1 – генератор звуковой частоты;
- 2 – шумомер;
- 3 – акустическая камера;
- 4 – микрофон;
- 5 – динамическая головка;
- 6 – набор исследуемых материалов

На рис.3 показаны передние панели генератора звуковой частоты и шумомера с элементами управления.

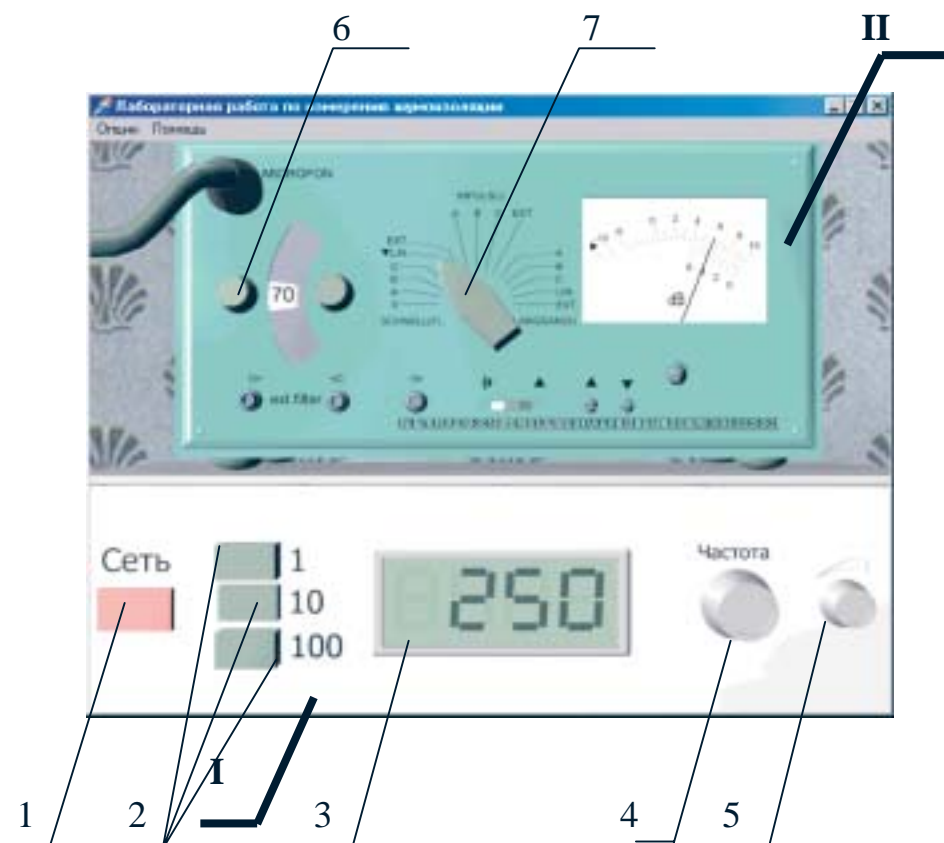


Рис.3. Передние панели управления : **I** – генератор звуковой частоты (1–кнопка включения питания; 2–кнопки переключения разрядности настраиваемой частоты; 3–табло ; 4–ручка настройки частоты; 5–ручка регулирования уровня звукового давления) **II** – шумомер: 6–ручка переключения диапазона измерения; 7–переключатель режимов измерения

При запуске программы на экране монитора высвечивается окно с общим видом лабораторной установки (рис.2).

Для работы с приборами необходимо от общего вида установки перейти к окну с изображением передних панелей приборов. Для этого наведите курсор на генератор или шумомер и щелкните левой кнопкой мыши, что приведет к приближению к панелям управления. Дальнейшие действия по управлению работой приборов производятся наведением курсора на соответствующий элемент и использованием левой или правой кнопки мыши.

При настройке частоты звука используется ручка “частота “ и кнопки переключения разрядов числа, выведенного на табло.

При установке требуемого уровня звукового давления необходимо на шумомере установить переключатель режимов измерения в положение LIN. В этом режиме шумомером измеряется постоянный тональный шум.

Настройка шумомера на заданный диапазон измерения производится с помощью ручки 6 (рис.3). На рис.3 отражена настройка шумомера на диапазон измерения 70...80 дБ (число в окошке определяет нижнюю

границу диапазона и соответствует нулевому значению на шкале стрелочного индикатора). Так, например, если требуется задать уровень звукового давления 76 дБ, то необходимо выставить нижнюю границу 70 дБ, а затем, вращая рукоятку 5 генератора, выставить показание стрелочного индикатора 6 дБ.

Для перехода к работе с акустической камерой и материалами необходимо подвести курсор к левой границе окна и щелкнуть кнопкой, при этом произойдет переход к общему виду установки.

Для установки исследуемого материала в акустическую камеру или возврате его на полку укажите курсором на заданный материал и щелкните левой кнопкой.

Для измерения уровня звукового давления при установленной в камере преграде необходимо приблизиться к шумомеру, щелкнув по нему кнопкой. С помощью ручки переключения диапазонов добиться выхода стрелки индикатора в рабочий диапазон шкалы (0...10 дБ) и снять показания.

7. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

7.1. Получите у преподавателя вариант задания, содержащий характеристику производственного шума в виде совокупности уровней звукового давления на среднегеометрических частотах октавных полос (таблица 5), материалы преград для экспериментального исследования, способ расчета звукоизоляции (таблица 6)

Таблица 5

Вариант задания	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
	Уровень звукового давления, дБ							
1	96	94	92	90	90	90	86	84
2	94	92	90	88	86	86	84	84
3	92	90	88	86	84	84	84	80
4	90	88	86	84	84	82	80	76
5	88	86	84	82	80	80	80	80
6	99	92	86	80	80	78	76	74
7	95	95	90	80	80	80	80	75
8	94	87	82	78	75	73	71	70
9	99	92	86	80	80	78	76	74

Таблица 6

Ва-	Материалы звукоизолирующей	Способ расчета
-----	----------------------------	----------------

риант	преграды	звукоизоляции
1	Фанера (h= 3 см)	Аналитический
2	Шифер	Аналитический
3	Пенопласт	Аналитический
4	Фанера (h=10 см)	Аналитический
5	Сталь	Аналитический
6	Дерево	Аналитический
7	Алюминий	Графический
8	Стекло	Графический
9	Сталь	Графический

7.1.2. Подготовьте лабораторную установку к работе, подключив динамическую головку звукоизолирующей камеры к клеммам «Выход 6Ω» генератора.

7.1.3. Установите требуемый уровень звукового давления L в приемной части камеры на среднегеометрической частоте 63 Гц первой октавной полосы (таблица 5).

7.1.4. Измерьте уровни звукового давления $L_{изм}$ при поочередной установке между частями камеры испытуемых преград.

7.1.5. Выполните п.7.1.3, п.7.1.4 на всех среднегеометрических частотах октавных полос. Результаты измерений занесите в таблицу 7.

7.1.6. Определите экспериментальную величину звукоизоляции испытуемых преград в каждой из октавных полос по формуле $\Delta L_{изм} = L - L_{изм}$. Результаты также занесите в таблицу 7.

Таблица 7

	Материал преград	Среднегеометрические частоты октавных полос Гц							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000

Уровни звукового давления без преграды L , дБ (из табл.5)	—								
Уровни звукового давления с преградой $L_{изм}$, дБ									
Измеренная звукоизоляция преграды $\Delta L_{изм}$, дБ									

7.1.7. Сравните уровни звукового давления до и после постановки преграды L и $L_{изм}$ с нормативными уровнями по ГОСТ 12.1.003-83 (таблица 1, раздел 4.4). Укажите, каким допустимым предельным спектрам и, соответственно, каким рабочим местам соответствуют данные уровни.

7.1.8. Для вариантов 1...6 произведите ориентировочный расчет частотной характеристики звукоизоляции преграды аналитическим способом, определив $\Delta L_{расч}$ и $f_{зр}$ по формулам 1 и 2 п.4.6.1. . Расчетные данные занесите в таблицу 8.

Таблица 8

Частота	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Звукоизоляция								
Расчетная звукоизоляция $\Delta L_{расч}$, дБ для преграды из (указать материал)								

7.1.9. Для вариантов 7...9 произвести ориентировочный расчет частотной характеристики звукоизоляции преграды графическим способом согласно п.4.6.2. Найденные значения f_b и f_c следует округлить до ближайшей среднегеометрической частоты третьоктавной полосы, выбираемой из ряда 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 320, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500, 3200, 4000, 5000 Гц.

7.1.10. Постройте в одних координатах (рис.4) графики зависимости измеренной звукоизоляции заданных преград $\Delta L_{изм}$ дБ и расчетной

звукоизоляции преграды $\Delta L_{расч}$ дБ от частоты f , Гц. Сравните измеренную и расчетную кривые.

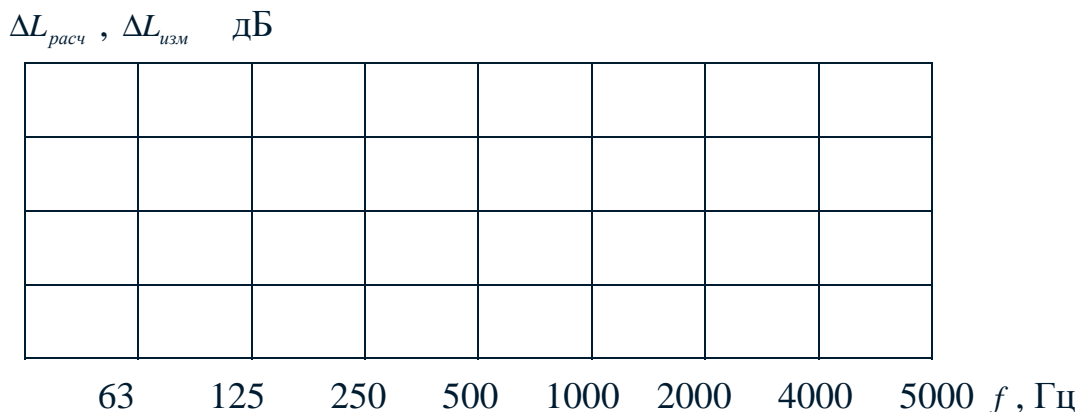


Рис.4

8. ОТЧЕТ О РАБОТЕ

Отчет должен содержать:

- 8.1. Цель работы, вариант задания и исходные данные для его выполнения (из табл. 5 и 6).
- 8.2. Результаты исследования звукоизолирующих свойств преград:
 - 8.2.1. Результаты экспериментального определения звукоизоляции преград (табл.7).
 - 8.2.2. Сравнение экспериментальных частотных характеристик производственного шума до и после постановки преград с нормированными (табл. I).
 - 8.2.3. Расчет частотной характеристики звукоизоляции аналитическим или графическим способом.
 - 8.2.4. Графики зависимости измеренной и расчетной звукоизоляции преград от частоты в одних координатах (рис.4).
- 8.3. Выводы по результатам исследований, содержащие сведения о факторах, определяющих звукоизолирующие свойства материалов, оценку эффективности преград и рекомендации по их использованию, возможные причины расхождения измеренных и расчетных характеристик

Индивидуальный отчет составляется на отдельных листах с обязательным указанием на титульном листе названия работы, варианта задания, студенческой группы, фамилии и инициалов автора работы.

9. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 9.1. Как классифицируются шумы по природе происхождения ?
- 9.2. Какими физическими параметрами характеризуется шум?
- 9.3. Что такое децибел (дБ) и децибел “А” (дБА) ? Чем объясняется введение этих единиц для характеристики шума?
- 9.4. Как классифицируется шум по спектральным и временным характеристикам?
- 9.5. Каково воздействие шума на человека?
- 9.6. Что такое аудиометрия?
- 9.7. Поясните принципы нормирования производственного шума.
- 9.8. Как нормируется постоянный шум на рабочих местах? Что такое предельный спектр?
- 9.9. Как нормируется непостоянный шум на рабочих местах?
- 9.10. Перечислите основные средства и методы борьбы с шумом.
- 9.11. Назовите защитные средства, снижающие шум в источнике его возникновения.
- 9.12. Поясните эффекты звукоизоляции и звукопоглощения.
- 9.13. Чем определяются звукоизолирующие свойства преград?
- 9.14. С какой целью в шумомере предусмотрена частотная коррекция?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Охрана труда в машиностроении. Под ред. Е. Я. Юдина, С. В. Белова – 2-е изд. – М.: Машиностроение, 1983.
2. Борьба с шумом на производстве: Справочник под ред. Е. Я. Юдина – М.: Машиностроение, 1985.
3. СНиП 11-12-77. Защита от шума Госстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1978.
4. Руководство по расчету и проектированию звукоизоляции ограждающих конструкций зданий. – М.: Стройиздат, 1983.

Защита от производственного шума

Методические указания к лабораторной работе
Составитель **Кудрин** Александр Николаевич
Редактор Н.А.Евдокумова

Подписано в печать 27.01.2001 Формат 60*84/16. Бумага писчая. Усл.п.л. 1.86 .
Уч-изд.л. 1.6 . Тираж 200 экз. Заказ

Ульяновский Государственный технический университет, 432027, Ульяновск, Сев.Венец, 32.
Типография УлГТУ, 432027, Ульяновск, Сев. Венец, 32