

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ГЕОДЕЗИИ И
КАРТОГРАФИИ

Кафедра космического мониторинга и экологии

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению лабораторной работы по курсу

«Безопасность жизнедеятельности»

ИЗМЕРЕНИЕ УРОВНЕЙ ШУМА

Для студентов всех специальностей

Москва 2016

Составители: Егоров В.Н., Хабаров Д.А.

Измерение уровней шума

Методические указания разработаны для выполнения студентами лабораторной работы по измерению уровней шума в учебной аудитории.

Материалы методических указаний могут быть использованы студентами в курсовом и дипломном проектировании при рассмотрении вопросов оценки вредного воздействия шума в быту и на рабочем месте.

Рецензенты: д.т.н., заведующий кафедрой «Кадастра и основ земельного права» ФГБОУ ВО МИИГАиК, Сизов А.П.;
проф., д. т. н. кафедры «Землепользования и кадастров»
ФГБОУ ВО ГУЗ, Шаповалов Д.А.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ.....	5
КЛАССИФИКАЦИЯ ШУМА.....	8
ДЕЙСТВИЕ ШУМА НА ЧЕЛОВЕКА.....	10
НОРМИРОВАНИЕ ШУМА.....	12
ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА.....	18
ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ.....	20
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.....	25
ОТЧЕТ О ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ.....	26
ЛИТЕРАТУРА.....	26

Цель работы: 1. Дать студентам представления о физической природе шума, единицах измерения интенсивности шума, механизмах воздействия на организм человека и нормировании шумовых характеристик; 2. Дать студентам навыки измерения уровней шума на современном оборудовании, оценки соответствия шумовых характеристик нормативным значениям и влияние измеренного шума на здоровье и производительность труда человека.

Учебные вопросы: 1. Изучение аппаратуры для измерения уровня и спектра шума; 2. Соотнесение индивидуальных физиологических ощущений со стандартной шкалой уровней громкости звука при различных частотах; 3. Экспериментальное определение свойств звукоизолирующих материалов; 4. Оценка эффективности технических решений снижения акустической нагрузки на окружающую среду.

Порядок выполнения лабораторной работы: 1. Ознакомление с основными сведениями об измерении шума и его воздействия на организм человека; 2. Изучение порядка работы на лабораторном стенде «Влияние шума»; 3. Измерение синусоидального сигнала; 4. Построение необходимых гистограмм и графиков; 5. Заполнение соответствующей таблицы на основании полученных данных; 6. Предоставление отчетов о результатах выполнения лабораторной работы.

ВВЕДЕНИЕ

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 (твердой, жидкой, газовой) 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 1013,25 ГПа или 760 мм.рт.ст.) скорость звука в воздухе равна 331 м/с (в жидкостях 1500 м/с, в твердых телах 4000 м/с) ^[1].

Колебания в диапазоне частот 16 Гц – 20 кГц могут восприниматься ухом человека как звук. Колебания с частотой менее 16 Гц (инфразвук) и с частотой более 20 кГц (ультразвук) ухом не воспринимаются, но могут также оказывать неблагоприятное воздействие на организм человека.

По условиям возникновения производственные шумы (ГОСТ 12.1.029-80) могут быть механического (90%), аэрогидродинамического, электромагнитного происхождения, а по условиям распространения – воздушными и структурными.

ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ

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

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

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

T – время усреднения, которое для уха человека находится в пределах 30-100 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 ($\text{Па} = 1 \text{ Н/м}^2$), а интенсивность звука – в Вт/м^2 .

Интенсивность звука связана со звуковым давлением зависимостью:

$$I = \frac{p^2}{\rho c}, \text{ где}$$

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 и интенсивности называются **пороговыми**. Минимальные значения (порог слышимости) соответствуют едва ощущаемым звукам и при частоте 1000 Гц равны $P_0 = 2 \times 10^{-5} \text{ Па}$, $I_0 = 10^{-12} \text{ Вт/м}$. Звуки, относящиеся к порогу слышимости, воспринимают только люди с уникальным острым слухом (примерно 1% от числа испытуемых). У 50% людей кривая порога слышимости лежит на 15 дБ выше условно принятой средней кривой. Максимальные значения (порог болевого ощущения) соответствуют звукам, которые вызывают в органах слуха болевые ощущения при частоте 1000 Гц равны $P = 2 \times 10^2 \text{ Па}$ и $I = 10^2 \text{ Вт/м}$. Таким образом, величины звукового давления и интенсивность звука, которые различает человек, могут меняться в широком диапазоне: по давлению до 10^7 раз и 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). Так что,

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

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

Бел – это логарифмическая единица отношения двух величин (десятичный логарифм отношения двух одноименных физических величин, например, мощностей, токов, звукового давления), 0,1 доля Бела – децибел. $1\text{Б}=10\text{дБ}$.

Слуховой аппарат человека обладает неодинаковой чувствительностью к звукам различной частоты - наибольшей 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. Для того, чтобы приблизить результаты объективных измерений шума 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 учета частотной характеристики шумомера). Эти поправки стандартизованы в международном масштабе. Наиболее употребительна коррекция А. Корректированный уровень звукового давления называется уровнем звука и измеряется в дБА. $L = L_A - \Delta L_A$ [2].

Табл.1. Стандартное значение коррекции А

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

Громкостью называется субъективное ощущение, позволяющее слуховой системе располагать звуки по определенной шкале от звуков низкой интенсивности («тихие» звуки) к звукам большей интенсивности («громкие»

звуки). Уровни звука в полосе шириной 1 Гц называются спектральной плоскостью. Зависимости уровней звука от частоты называются спектром шума.

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

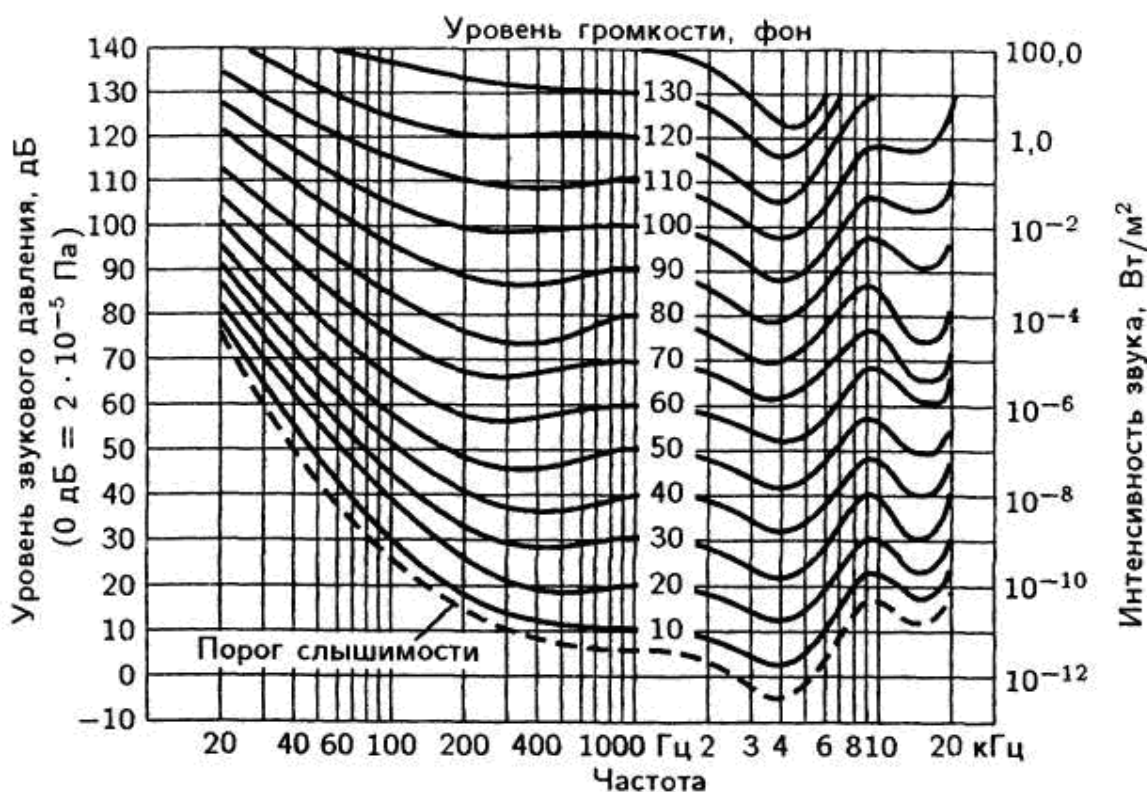


Рис.1. Кривые равной громкости и зависимость уровня звукового давления в дБ от частоты при заданной громкости в фонах

КЛАССИФИКАЦИЯ ШУМА

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

По характеру спектра шум подразделяется на:

- а) **широкополосный** с непрерывным спектром шириной более одной октавы (октава – музыкальный интервал, в котором соотношение частот между звуками составляет 1 к 2, то есть для октавы верхняя частота в два раза больше нижней);

б) тональный, в спектре которого имеются выраженные дискретные тона. Тональный характер шума устанавливают измерением в третьоктавных полосах частот по превышению уровня звукового давления в одной полосе над соседними не менее чем на 10 дБ.

По **временным характеристикам** шум подразделяется на:

- в) **постоянный**, уровень звука которого за 8-часовой рабочий день изменяется во времени не более чем на 10 дБА;
- г) **непостоянный**, уровень звука которого за 8-часовой рабочий день изменяется во времени более чем на 5 дБА [3].

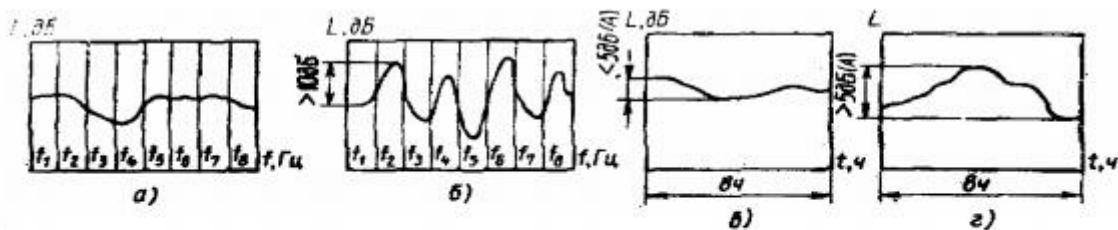


Рис. 2 Спектры шума

- а.) широкополосный
- б.) тональный
- в.) постоянный
- г.) непостоянный

В свою очередь, **непостоянный шум** подразделяется на:

- а) **колеблющийся** во времени, уровень звука которого непрерывно изменяется во времени;
- б) **прерывистый**, уровень звука которого ступенчато изменяется (на 5 дБА и более, причем длительность интервалов, в течение которых уровень остается постоянным, составляет 1 секунду и более);
- в) **импульсный**, состоящий из одного или нескольких звуковых сигналов, каждый длительностью не менее 1 секунды [3].

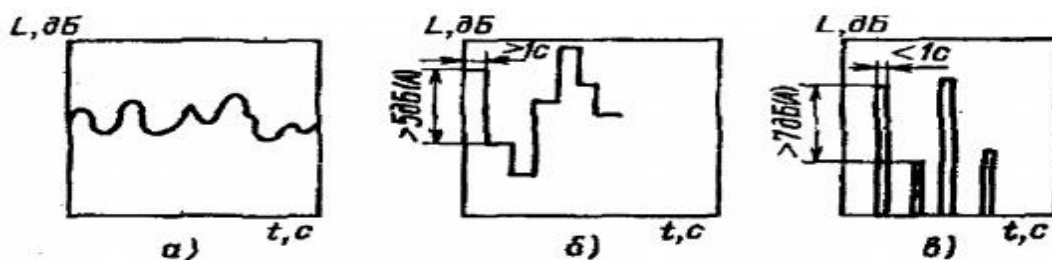


рис. 3 Спектры непостоянного шума

- а.) колеблющийся
- б.) прерывистый
- в.) импульсный

ДЕЙСТВИЕ ШУМА НА ЧЕЛОВЕКА

Физиологическое воздействие шума на человека зависит от многих факторов: уровня звукового давления, его частотного состава, времени воздействия частоты повторения и индивидуальных особенностей. Дискретные составляющие в спектре шума увеличивают раздражающее действие по сравнению с исходным широкополосным шумом. На рис.4 продемонстрированы зоны воздействия шума на человека в зависимости от уровня звука и времени воздействия ^[1].

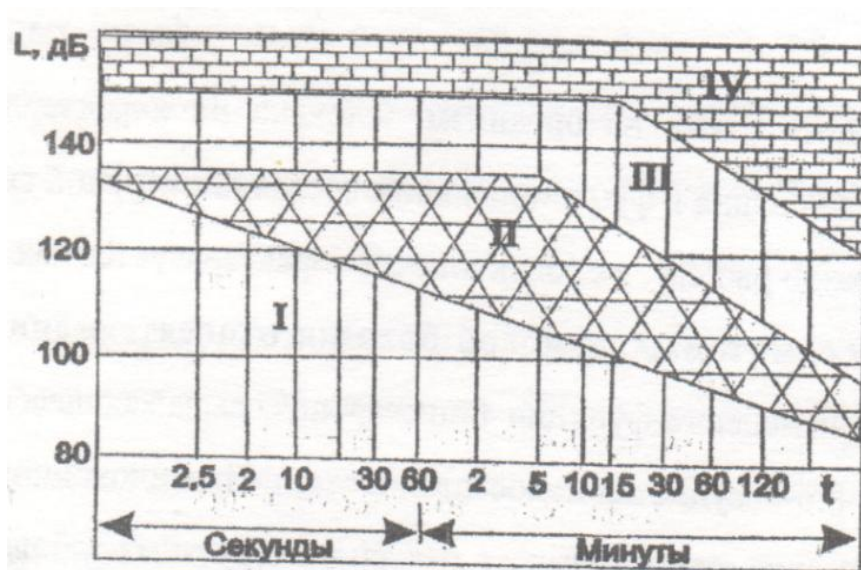


Рис.4. Типичные зоны воздействия шума на человека

Зона I – применение защитных средств не требуется;

Зоны II и III – защита органов слуха обязательна;

Зона IV – пребывание человека с любой защитой запрещено.

Уровень шума и фактор времени имеют решающее значение. Степень раздражающего воздействия зависит и от того, насколько шум превышает привычный окружающий фон, какова заключенная в нем информация. Влияние производственного шума на организм человека также может сопровождаться развитием профессиональных заболеваний. Длительное воздействие шума на человека может привести к частичной, а иногда значительной потере слуха - профессиональной тугоухости и оказывать глубокое воздействие на весь организм человека. Так, при шуме 130 дБ

человек испытывает болевые ощущения. Шум в 150 дБ для человека непереносим, а в 190 дБ вырывает заклепки из металлических конструкций. Шум, обладая кумулятивными качествами, накапливаясь в организме, оказывает вредное воздействие, в первую очередь, на центральную нервную и сердечно-сосудистую системы. Шум-источник и причина многих заболеваний и функциональных расстройств. Как показали результаты медико-биологических исследований, каждый децибел шума сверх допустимой нормы снижает производительность труда на один процент, увеличивает риск потери слуха на полтора процента и на полпроцента риск сердечно-сосудистых расстройств.

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

1. Отсутствие шума – полное отсутствие шума противостоит естественно, абсолютная тишина угнетает, пребывание в полной тишине более нескольких суток ведет к психическим расстройствам.

2. Шум 20-60 дБА – шумовой фон, постоянно действующий на человека в его повседневной деятельности. Степень вредности такого шума зависит от индивидуального отношения к нему. Первичный шум или шум, воспроизводимый самим человеком, не беспокоит. Шум, превышающий 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.

3. Шум 60-80 дБА оказывает психологическое воздействие, создает значительную нагрузку на нервную систему человека (особенно при умственной работе). В результате наблюдается повышенная утомляемость, раздражительность, ослабление внимания, замедление психической реакции, снижение производительности и качества труда. При импульсных и нерегулярных шумах степень воздействия шума повышается.

4. Шум 80-110 дБА оказывает физиологическое воздействие на человека, приводит к видимым изменениям в его организме. Под влиянием шума свыше 80 дБА наблюдается ухудшение слуха. Однако изменения в функциональном состоянии нервной системы и ряда органов наступают значительно раньше, их совокупность характеризуется как **шумовая болезнь**. К объективным симптомам шумовой болезни можно отнести: снижение слуховой чувствительности, изменение функции пищеварения, сердечно-сосудистая недостаточность, нейроэндокринные расстройства. Длительное воздействие шума вызывает ряд таких серьезных заболеваний, связанных с перенапряжением нервной системы, как гипертоническая болезнь, в ряде случаев желудочно-кишечные и кожные заболевания. Установлено, что производительность труда снижается от шума тем больше, чем сложнее трудовой процесс и чем больше в нем элементов умственного труда. При работах, требующих повышенного внимания, при увеличении уровня звука от 70 до 90 дБА имеет место снижение производительности труда на целых 20%. Повышенный уровень шума приводит к росту не только профессиональной, но и общей заболеваемости. Об этом утверждает тот факт, что общая заболеваемость рабочих шумных производств увеличена на 15-20%.

5. Шум выше 110 дБА оказывает травматическое действие на органы слуха. При шуме, превышающем 140 дБА, возможен риск разрыва барабанной перепонки ^[2].

НОРМИРОВАНИЕ ШУМА

Для защиты человека от неблагоприятного воздействия шума необходимо регламентировать его интенсивность, спектральный состав, время воздействия. Эту цель преследует санитарно-гигиеническое нормирование. Нормирование допустимых уровней шума производится для различных мест пребывания населения (производство, дом, места отдыха) и основывается на ряде документов: **ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности, ГОСТ 12.1.036-81 ССБТ. Шум. Допустимые уровни в**

жилых и общественных зданиях. Санитарные нормы допустимого уровня шума на промышленных предприятиях и в жилых зданиях различны, так как в цехе рабочие подвергаются воздействию шума в течение одной смены - 8 часов, а население крупных городов - почти круглосуточно. Кроме этого, необходимо учитывать во втором случае присутствие наиболее ранимой части населения - детей, пожилых, больных. Допустимым считается уровень шума, который не оказывает на человека прямого или косвенного вредного и неприятного действия, не снижает его работоспособность, не влияет на его самочувствие и настроение. Санитарные нормы допустимого шума в жилых помещениях разработаны Московским НИИ гигиены им. Ф.Ф.Эрисмана при участии НИИ строительной физики. Нормы устанавливают параметры шума для различных мест и условий пребывания людей (активный отдых, сон, учебный процесс, речевое общение, умственная работа, восстановление здоровья и т.д.). В нормативные показатели, исходя из характера шума и места расположения объектов, можно вносить поправки, колеблющиеся от -5 до +10 дБА. Нормативные уровни с учетом соответствующих поправок называются допустимыми уровнями. С ними и сопоставляются фактические уровни звука в конкретной ситуации. Нормируемыми параметрами для постоянных шумов являются допустимые уровни звукового давления в 8 октавных полосах частот (L , дБ) и уровни звука (L_A , дБА). Для непостоянных шумов - эквивалентные и максимальные уровни звука, а также дозы шума. Допустимые уровни постоянного шума на рабочих местах в соответствии с ГОСТ 12.1.003-83 приводятся в виде предельных спектров (ПС) уровней звукового давления или допустимых уровней звука в зависимости от вида трудовой деятельности или рабочего места. Для непостоянных шумов на производстве максимально допустимыми считаются эквивалентный уровень шума $L_{A\text{ экв}} = 80$ дБА или доза $D = 1 \text{ Па}^2 \times \text{час}$ ^[3].

Как известно, среднегеометрическое значение $f_{\text{ср}}$ для полосы с верхней граничной частотой f_v и нижней f_n (для октавной полосы f_v в два раза больше

f_H) определяется выражением $f_{cp} = \sqrt{f_B f_H} = \sqrt{2} f_H = 1,41 f_H$, например, если $f_{cp} = 63$ Гц, то $f_H = 45$ Гц и $f_B = 90$ Гц.

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

Табл.2. Допустимые уровни звука и звукового давления на рабочих местах

Вид трудовой деятельности, рабочие места	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Творческая деятельность, руководящая работа, конструирование и проектирование	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50
Высококвалифицированная работа, требующая сосредоточенности, административно-управленческая деятельность, измерительные работы в лаборатории	93	79	70	63	58	55	52	50	49	60
Рабочие места в помещениях диспетчерской службы и другие	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65
Рабочие места в кабинах машинистов тепловозов, электропоездов, поездов метрополитена	99	95	87	82	78	75	73	71	69	80
Рабочие места водителей и обслуживающего персонала (пассажиры) легковых автомобилей	93	79	70	63	58	55	52	50	49	60
Рабочие места в кабинах и салонах самолетов и вертолетов	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Примечания:

1. Допускаемые уровни звукового давления в октавных полосах частот, уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах следует принимать для тонального и импульсного шума на 5 дБ меньше значений, которые указаны в таблице.

2. Запрещается даже кратковременное пребывание в зонах с октавными уровнями звукового давления свыше 133 дБ в любой октавной полосе.

3. Для шума, создаваемого в помещениях установками кондиционерного воздуха, вентиляции и воздушного отопления – на 5 дБ меньше фактических уровней шума в этих помещениях (измеренных или определенных расчетом), если последние не превышают значений, указанных в таблице (поправку для тонального и импульсного шума в этом случае принимать не следует), в остальных случаях – на 5 дБ меньше значений, указанных в таблице.

Одним из способов устранения негативного воздействия шума на окружающую среду является использование звукоизолирующих экранов между неподвижным оборудованием или движущимся транспортом и жилой застройкой или заповедной зоной. Правильное проектирование конструкций машин и оборудования и их исправное состояние позволяет уменьшить шум на 20...25 дБ. Комплекс строительно-акустических мероприятий, предусматривает различные акустические и архитектурно-планировочные решения, использование которых позволяет значительно снизить уровень производственного шума на пути его распространения.

Звукоизолирующие свойства конструкций обусловлены способностью отражать звук и характеризуется коэффициентом звукопроницаемости τ , представляющего собой отношение звуковой мощности, прошедшей через ограждение, к падающей $\tau = (P_{\text{пр}} / P_{\text{пад}})^2$.

Звукоизолирующие преграды в виде стен, перегородок, кожухов, кабин, перегородок служат для того, чтобы не пропускать звук из шумного замкнутого объема. Поглощение звука обусловлено диссипацией колебательной энергии в тепловую из-за потерь на трение в порах материала.

Поэтому для эффективного звукопоглощения необходимо использовать пористые структуры, а для звукоизолирующих конструкций наоборот требуются плотные, твердые и массивные материалы. Способность материалов поглощать звук оценивается коэффициентом звукопоглощения α , который представляет собой отношение звуковой мощности, поглощенной материалом, к мощности, падающей на него. Кирпич, бетон имеют $\alpha = 0.01 - 0.05$, для звукопоглощающих материалов - ультратонких капроновых волокон, минеральной ваты, древесноволокнистых и минераловатных плит с профилированной поверхностью, пористого поливинилхлорида $\alpha > 0.2$. Установка звукопоглощающих облицовок снижает шум на 6...8 дБ в зоне отраженного звука и на 2...3 дБ вблизи источника шума. 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. При ориентировочных расчетах аналитическим способом звукоизоляция однослойного плоского ограждения определяется по формуле:

$$\Delta L_{ддн} = 20 \lg(Mf) - 47,5 \text{ dB}, \text{ где}$$

M – масса 1 м² ограждения, кг;

f – частота звука, Гц.

Из формулы следует, что значение звукоизоляции ограждения зависит от массы и частоты, увеличиваясь при каждом удвоении этих параметров на 6 дБ - закон массы. Но он справедлив не для всех частот. На низких частотах эффективность звукоизоляции определяется жесткостью ограждения и резонансными явлениями в ограждаемых объемах. Первая частота собственных колебаний производственных конструкций обычно не превышает 15-30 Гц и лежит ниже нормируемого диапазона частот. В этом диапазоне значительной изоляции обычно не требуется. В области высоких

частот вновь наблюдается ухудшение звукоизоляции из-за пространственного резонанса изгибных колебаний самих ограждений.

Табл.3. Характеристики, определяющие звукоизолирующие свойства строительных материалов

№ п/п	Наименование материалов	Толщина плоского слоя, мм	Поверхностная плотность, кг/м ²
1	Древесноволокнистая плита (ДВП)	3	3,3
2	Сталь	8	59,6
3	Шифер	7	13,7
4	Древесностружечная плита (ДСП)	20	17,3
5	Фанера	10	1,6
6	Дюралюминий	0,5	6,9
7	Стекло органическое	6	3,8
8	Пенопласт	95	1,3
9	Гипс	13	12,8

Также, необходимо упомянуть о том, что эквивалентный уровень измеряется интегрирующими шумомерами и может быть определен расчетным методом. Суть метода заключается 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.

Допустимые уровни шума для различных видов трудовой деятельности согласно ГОСТ 12.1.003-83 представлены в таблице 4.

Табл.4. Уровни шума для различных видов трудовой деятельности с учетом степени напряженности труда ^[3]

Вид трудовой деятельности	Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБ
Работа по выработке концепций, новых программ; творчество; преподавание	40
Труд высших производственных руководителей, связанных с контролем группы людей, выполняющих преимущественно умственную работу	50

Высококвалифицированная умственная работа, требующая сосредоточенности; труд, связанный исключительно с разговорами по средствам связи	55
Умственная работа, выполняемая только с часто получаемыми указаниями и акустическими сигналами; работа, требующая постоянного слухового контроля; высокоточная категория зрительных работ	60
Умственная работа, по очному графику с инструкцией (операторская), точная категория зрительных работ	65
Физическая работа, связанная с точностью, сосредоточенностью или периодическим слуховым контролем	80

ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА

Определение уровней шума работающего оборудования и звукоизолирующей способности ограждающих конструкций (плит) в задаваемых диапазонах частот производится на учебной экспериментальной установке (рис.5). Она включает в себя акустическую трубу с излучателем шума, набор образцов испытываемых материалов и шумомер ^[4].

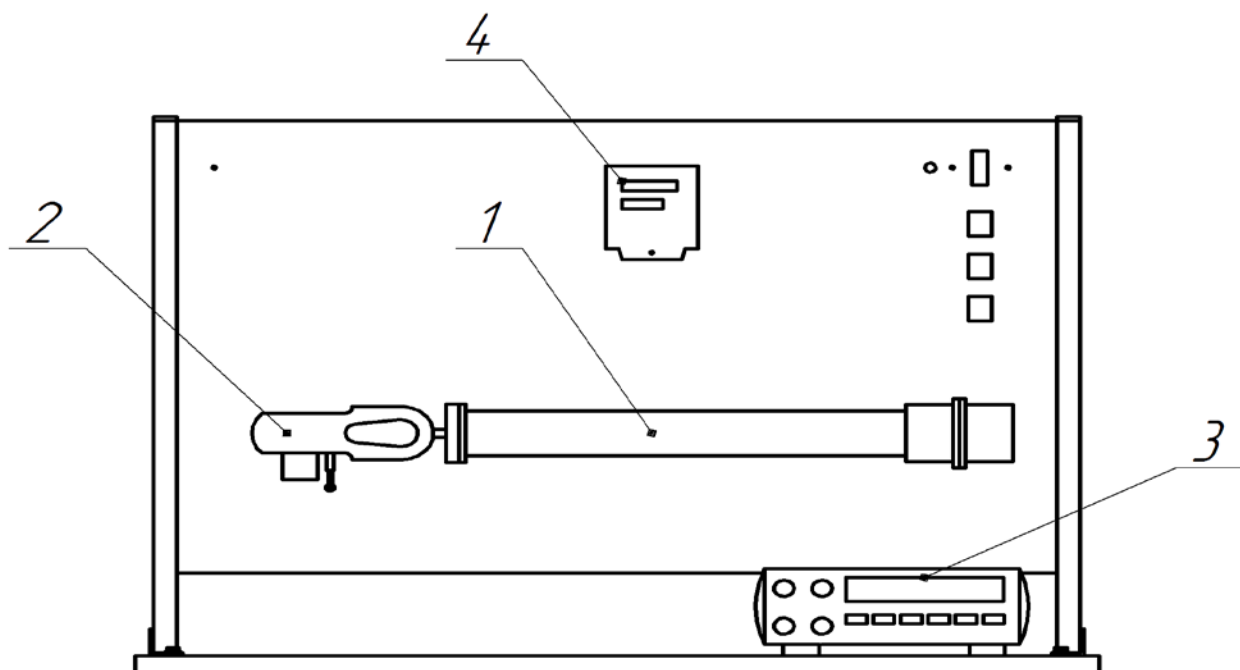


Рис.5. Лабораторная установка

1 – акустическая труба с излучателем шума, 2 – измеритель шума, 3 – генератор шума Victor 2002, 4 – цифровой измеритель ТРМ 200.

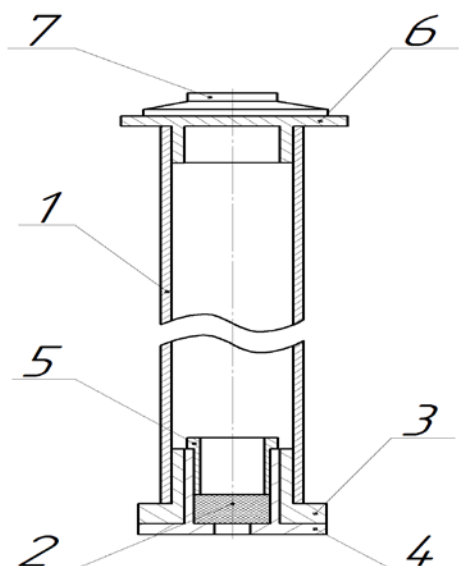


Рис.6. Акустическая труба с излучателем шума ^[4]

1 – труба, 2 – звукоизолирующий материал, 3 – крепление стакана, 4 – стакан, 5 – крепление звукоизолирующего материала, 6 – крепление излучателя шума, 7 – излучатель шума.



Рис.7. Цифровой шумомер UT 351/352

Требования безопасности при выполнении лабораторной работы:

1. Приступить к выполнению работы можно только после изучения изложенных ниже требований безопасности.
2. Перед выполнением лабораторной работы каждый студент должен получить инструктаж по технике безопасности и лично расписаться в журнале учета инструктажа.
3. Непосредственное выполнение экспериментальной части начинается только после получения у преподавателя задания, содержащего

характеристику производственного шума в виде не заполненных таблиц уровней звукового давления на среднегеометрических частотах октавных полос образцов материалов для экспериментального исследования, указания по способам расчета звукоизоляции.

4. Работа выполняется в строгом соответствии с методическими указаниями бригадой, состоящей не менее чем из двух человек.

5. Делать какие-либо переключения на приборах, не предусмотренные порядком выполнения работы, запрещено.

6. Разрешается использование цифрового шумомера только в соответствии с инструкцией по его эксплуатации. Воздействие ветра на микрофон вносит в результаты измерений дополнительные помехи. При его порывах необходимо использовать ветрозащитный чехол микрофона для устранения пиковых значений постороннего сигнала.

7. Нельзя допускать падений, ударов и воздействий на шумомер сильных вибраций.

К работе с лабораторным стендом допускаются лица, ознакомленные с его устройством и принципом действия. Все подключения и работы на стенде проводить сухими руками.

ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

Перед тем, как начать работу со стендом, необходимо установить необходимые драйверы на профессиональном компьютере.

1. Изучить методические указания, заготовить форму отчета о проведенной работе, в которую внести название и цель работы, основные сведения об изучаемых процессах, схему экспериментальной установки, заготовить таблицу 2 для записи результатов измерений и вычислений. Записать данные установки, условия опыта.

2. Ознакомиться с инструкцией генератора Victor 2002. (Документация к стенду).

3. Ознакомиться с инструкцией Цифрового шумомера УТ 351/352 (Документация к стенду).
4. Включить питание установки с помощью автомата «Сеть 220 В».
5. Включить звуковой генератор кнопкой ВК1.
6. Включить компьютер и запустить программу проведения лабораторной работы «Изучение влияния шума». Кнопкой «Пуск» на лицевой панели включить программу измерений.
7. Вывести генератор на выбранные частоты.
8. Произвести измерения синусоидального сигнала, при которой уровень звукового давления на частоте 250 Гц находился бы в пределах от 90 до 100 дБ. Троекратно измерить уровень звукового давления на частотах 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 и 8000 Гц. Результаты занести в табл.5 отчёта по лабораторной работе.
9. Установить звукоизолирующую перегородку 2 (рис. 6) и повторить троекратные измерения уровня звукового давления на тех же частотах. Результаты измерений занести в табл.5.
10. Построить гистограммы спектров шума для различных образцов звукоизолирующих и звукопоглощающих материалов. Характеристикой постоянного шума на рабочих местах является эквивалентный (по энергии) уровень звука в дБА, определяемый по формуле: $L=20\lg\frac{P}{P_0}$, где

P - среднеквадратичная величина звукового давления, Па;

P_0 – минимальное значение звукового давления в воздухе воспринимаемое органами слуха принимается равным 2×10^{-5} Па.

Среднеквадратичная величина звукового давления определяется по формуле:

$$P = \sqrt{(L_{A1} - L_{CP})^2 + \dots + (L_{Ai} - L_{CP})^2}$$

где i – число измерений (в данной работе $i=3$), L_{CP} – среднее арифметическое:

$$L_{CP} = \frac{L_1 + \dots + L_i}{i}$$

Эффективность Δ звукоизолирующей перегородки определяется по формуле:

$$\Xi = \frac{L - L_{\text{зи}}}{L} \times 100\%$$

- 11.** Рассчитать $L_{\text{Аср}}$ и $L_{\text{зиср}}$ по предоставленной формуле для каждой из среднегеометрических частот. Результаты вычислений занести в табл.5 отчета.
- 12.** Рассчитать среднеквадратические величины звукового давления ($P_{\text{А}}$ и $P_{\text{зи}}$) для измерений без звукоизоляционной перегородки и с ней по предоставленной формуле. Результаты вычислений занести в табл.5 отчёта.
- 13.** Рассчитать эквивалентный уровень звука ($L_{\text{А}}$ и $L_{\text{зи}}$) для измерений без звукоизоляционной перегородки и с ней по предоставленной формуле. Результаты вычислений занести в табл.5 отчёта.
- 14.** Вычислить эффективность Ξ звукоизолирующей перегородки по предоставленной формуле.
- 15.** Построить гистограмму распределения эффективности звукоизоляции от среднегеометрической частоты шума.
- 16.** Построить график полученного спектра и предельного.
- 17.** Составить отчет о лабораторной работе, в котором провести сравнение результатов замеров уровней звукового давления с допустимыми значениями $L_{\text{доп}}$ по СН 2.2.4/2.1.8.562-96
- 18.** Ответить на контрольные вопросы.
- 19.** Самостоятельно сделать выводы по выполненной работе.

Табл.5. Результаты определения эффективности использования звукоизолирующих и звукопоглощающих материалов

Наименование и свойства материала	Среднегеометрические частоты, Гц	Эквивалентный уровень звука (L_A)	Эквивалентный уровень звука ($L_{эи}$)	Коэффициент эффективности (α)
	63			
	125			
	250			
	500			
	1000			
	2000			
	4000			
	8000			
	63			
	125			
	250			
	500			
	1000			
	2000			
	4000			
	8000			
	63			
	125			
	250			
	500			
	1000			
	2000			
	4000			
	8000			
	63			
	125			
	250			
	500			
	1000			
	2000			
	4000			
	8000			

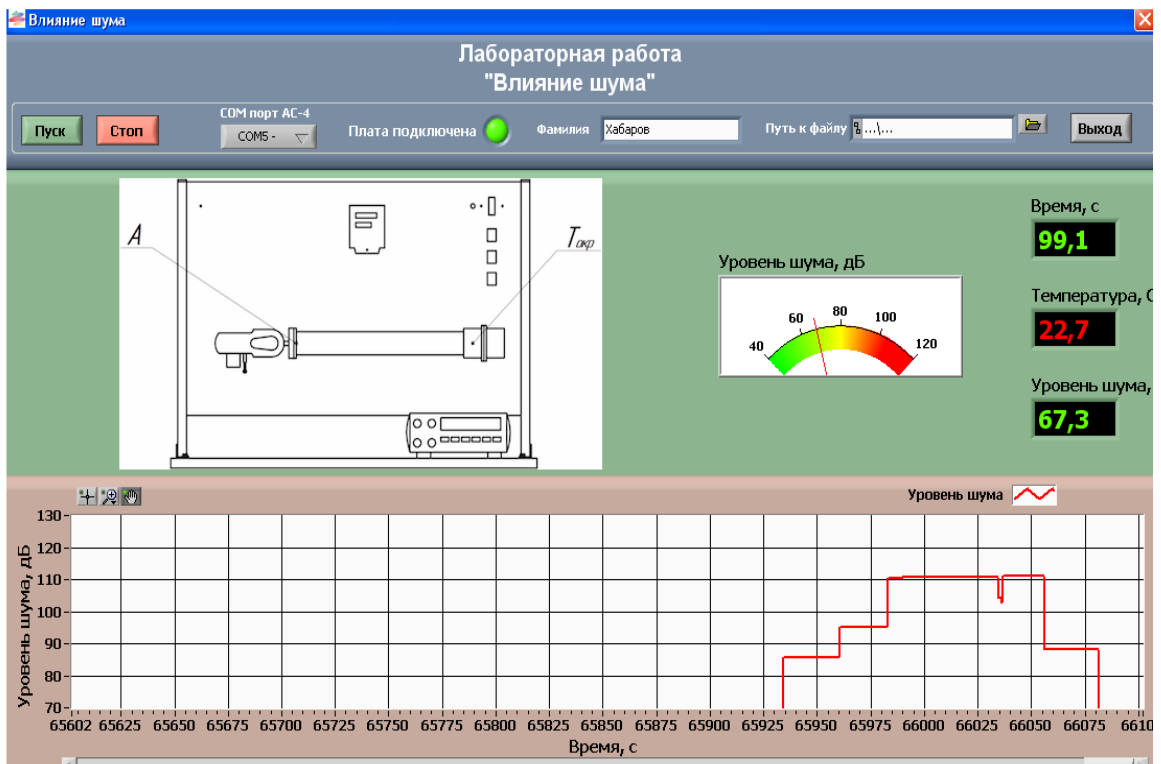


Рис.8. Работа в программе Measlab

Перед тем, как нажимать кнопку «Пуск», необходимо заполнить фамилию человека, выполняющего работу, а также указать путь к записи архива в программе Microsoft Excel.

	A	B	C
1	Время, с	Уровень шума, дБА	Температура, °C
2	0	85,5	22,7
3	10	85,6	22,6
4	15	85,6	22,6
5	15,1	85,6	22,6
6	28,9	95,1	22,7
7	33,9	110,5	22,7
8	38,9	110,6	22,7
9	43,9	104	22,6
10	44	104	22,6
11	49,3	102,9	22,7
12	72,4	111,2	22,7
13	72,5	111,2	22,7
14	84,3	88,1	22,8
15	84,4	88,1	22,8

Рис.9. Архив в программе Microsoft Excel

Необходимо подчеркнуть, что перепад уровень шума зависит от генератора шума, с помощью которого при изменении частот и амплитуд становится возможным повышать и понижать уровень шума. Так, после

установки звукоизолирующей перегородки, уровень шума падает на схожих частотах и амплитудах по сравнению с измерениями без звукоизоляции.



Рис.10. Динамика изменения шума во времени

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Дать определение шума.
2. Перечислить основные физические параметры, характеризующие звук.
3. Что дает применение автоматики для снижения акустической нагрузки компрессоров на окружающую среду?
4. Дать основную классификацию шума.
5. Перечислить основные ступени воздействия шума на организм человека.
6. Дать определение предельного спектра.
7. Описать лабораторный стенд «Влияние шума».
8. Рассказать о порядке выполнения данной лабораторной работы.
9. Перечислить основные формулы, необходимые при выполнении данной лабораторной работы.
10. Как изменяется суммарный уровень шума в зависимости от расстояния от компрессора.
11. Влияет ли изменение частот и амплитуд на изменение уровня шума.
12. Какие животные, по Вашему мнению, имеют значительно более низкий порог слышимости, чем люди?

ОТЧЕТ О ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

1. Общие сведения.
2. Описание оборудования и приборов.
3. Данные измерений (заполненная таблица).
4. Графики динамики изменения уровня шума.
5. Гистограмма спектра шума для различных образцов звукоизолирующих и звукопоглощающих образцов.
6. Гистограмма распределения эффективности звукоизоляции от среднегеометрической частоты шума.
7. График полученного спектра и предельного.
8. Ответ на контрольные вопросы.
9. Общие выводы по лабораторной работе.

Дата

Подпись студента

Дата

Подпись преподавателя

ЛИТЕРАТУРА

1. Инженерная акустика. Теория и практика борьбы с шумом.- М.: изд. Логос. Университетская книга 2008. - 424 с.
2. Н.И. Николайкин, Н.Е. Николайкина, О.П. Мелехова. Экология. Учебник для ВУЗов/, -3-е изд., стереотип. - М.: Дрофа, 2004. -624 с.
3. ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
4. measlab.ru