

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Калининградский государственный технический университет»
Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота

Л. Н. Серегина

**БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.
ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ЗВУКОИЗОЛИРУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ**

Практикум для обучающихся высших учебных заведений
по программам бакалавриата и специалитета по дисциплине
«Безопасность жизнедеятельности»

Калининград
Издательство ФГБОУ ВО КГТУ
2025

УДК 628.517

Рецензент

канд. биол. наук, доцент, заведующий кафедрой техносферной безопасности и природообустройства ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» Н.Р. Ахмедова

Серегина, Л. Н.

Безопасность жизнедеятельности. Исследование эффективности звукоизолирующих материалов: практикум для обучающихся высших учебных заведений по программам бакалавриата и специалитета по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности» / Л. Н. Серегина. – Калининград: ФГБОУ ВО «КГТУ», 2025. – 34 с.

Методические рекомендации предназначены для курсантов и студентов всех направлений и форм обучения, изучающих дисциплину «Безопасность жизнедеятельности». В них изложены основные теоретические понятия и параметры шума. Приводится описание установки по экспериментальному определению свойств звукоизолирующих материалов. Материалы методических рекомендаций могут быть использованы студентами в курсовом проектировании, при написании выпускной квалификационной работы при рассмотрении вопросов оценки вредного воздействия шума в быту и на рабочем месте.

Список лит. – 5 наименований

Локальный электронный методический материал. Практикум по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности».

Рекомендовано к изданию и использованию в учебном процессе методической комиссией морского института обособленного структурного подразделения Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота ФГБОУ ВО «КГТУ» «26» декабря 2024 г., протокол № 19

Рекомендовано к изданию и использованию в учебном процессе методической комиссией института рыболовства и аквакультуры ФГБОУ ВО «КГТУ» «09» января 2025 г., протокол № 1

УДК 628.517

© Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Калининградский государственный
технический университет», 2025 г.
© Серегина Л. Н., 2025 г.

Оглавление

Введение.....	4
1. Основные теоретические положения	6
2. Требования правил безопасности при выполнении работы	22
3. Устройство стенда для проведения работы.....	23
4. Порядок проведения работы	24
5. Контрольные вопросы	28
Литература	29
Приложение А	30
Приложение Б.....	32

Введение

Шум представляет собой сочетание звуков различной интенсивности и частоты. Под шумом обычно понимают звуки, мешающие восприятию полезных звуков или нарушающие тишину, а также звуки, оказывающие вредное или раздражающее действие на организм человека.

Повышенный уровень шума на рабочем месте отнесен к группе физических опасных и вредных производственных факторов.

Шум неблагоприятно действует на организм человека, вызывая головную боль и оказывая раздражающее влияние. Снижается внимание, повышается утомляемость, а при выполнении задач, требующих сосредоточенности, увеличивается продолжительность выполнения задания и рост ошибок, что в условиях производства может привести к увеличению брака, уменьшению производительности труда, возникновению несчастных случаев,

Работа в условиях шума может привести к развитию профессиональных заболеваний – тугоухости и глухоты. Поэтому уменьшение воздействия шума на человека является одной из важнейших задач.

Знание физических закономерностей процесса излучения и распространения шума позволит принимать решения, направленные на снижение его негативного воздействия на человека.

Основой для проведения работы являются следующие теоретические положения, которые изучаются на лекциях:

- опасные и вредные производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризующиеся повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума;
- общие принципы гигиенической классификации условий труда;
- гигиенические критерии и классификация условий труда в зависимости от уровней шума, как физического фактора рабочей среды и трудового процесса.

Цель работы: сформировать навыки создания и поддержания в повседневной жизни и в профессиональной деятельности безопасных условий

жизнедеятельности в условиях повышенного уровня шума; оценивать характер воздействия шума на человека, методы защиты от него; получить навыки измерения шума.

Задачи:

- изучить физическую природу шума, механизмы воздействия шума на организм человека, основные источники шума, требования к нормированию шума;

- выявить особенности материалов, от которых зависят их звукоизолирующие качества, и материалы, обладающие хорошими звукоизоляционными свойствами.

- ознакомиться с методикой экспериментального исследования эффективности различных звукоизолирующих материалов и получить навыки измерения уровня звука на современном оборудовании;

- изучить принцип работы, порядок снятия показаний шумомером UT352;

- научиться строить гистограмму распределения эффективности звукоизоляции от среднегеометрической частоты шума.

Используются следующие методы исследования:

- анализ теоретических данных о звуке и звуковой изоляции в научной литературе и Интернете;

- сравнительный анализ данных о звукоизоляционных качествах каждого материала, полученных в ходе опыта.

Формируются навыки (деятельность студента):

- наблюдать, сравнивать, сопоставлять, анализировать, делать выводы и обобщения;

- самостоятельно вести исследования;

- пользоваться различными приемами измерений, оформлять результат в виде таблиц и графиков;

- получать профессиональные умения и навыки обращаться с учебно-лабораторным оборудованием при проведении опытов.

1. Основные теоретические положения

По физической сущности шум представляет собой волнообразно распространяющееся механическое колебательное движение частиц упругой (твердой, жидкой, газовой) среды.

Процесс распространения колебаний в воздушной среде называется звуковой волной. Звуки, распространяющиеся в воздухе, называют воздушными, а в твердых телах – структурными.

Звук – это явление, представляющее распространение механических колебаний в среде в виде упругих волн. Звуковая волна представляет собой последовательность сжатий и разрежений упругой среды, распространяющихся с определённой скоростью.

Параметрами, характеризующими звук, являются:

- скорость распространения волны (v) – единица измерения м/с;
- длина звуковой волны (λ) – единица измерения м;
- частота колебания (f) – единица измерения Гц.
- звуковое давление (P) – единица измерения Па;
- интенсивность или сила звука (I) – единица измерения Вт/м².

Основными физическими параметрами, характеризующими звук, является звуковое давление и интенсивность звука.

Скорость распространения звуковой волны называется скоростью звука. Она связана с длиной волны и частотой колебаний зависимостью:

$$c = \lambda f, \text{ м/с} \quad (1.1)$$

где λ – длина волны, м; f – частота колебаний, Гц.

Для нормальных атмосферных условий (температуры воздуха 293 К и давлении 0,1034 МПа или 760 мм. рт. ст.) скорость звука в воздухе равна 344 м/с (в жидкостях 1500 м/с, в твердых телах 4000 м/с).

Длиной звуковой волны называется расстояние между двумя соседними слоями воздуха, имеющими одинаковое звуковое давление, измеренное одновременно.

Частота колебаний – это количество колебаний в единицу времени. За

единицу частоты принят герц (Гц) – частота, при которой совершается одно волнообразно распространяющееся колебание частиц упругой среды в единицу времени – секунду.

Человек слышит звуки в диапазоне 16 – 20000 Гц. Звуки с частотой менее 16 Гц называются инфразвуками, более 20000 Гц – ультразвуками. Звуки с частотой: 16 – 300 Гц – низкочастотные, 300 – 1000 Гц – среднечастотные, 1000 – 20000 Гц – высокочастотные.

Пространство, в котором распространяются звуковые волны, называется *звуковым полем*. Физическое состояние среды в звуковом поле, создаваемом источником шума, характеризуется звуковым давлением, интенсивностью или силой звука. Движение звуковой волны в воздухе представляет собой периодическое сжатие и расширение воздуха, что сопровождается периодическим повышением и понижением давления.

Звуковое давление – это разность между мгновенным значением давления в среде, возникающим при распространении звуковой волны, и атмосферным давлением (т.е. давление, дополнительно возникающее в среде при распространении звуковой волны – положительное в местах сжатия и отрицательное в местах разрежения воздуха).

При распространении звуковой волны происходит перенос энергии. Количество звуковой энергии, переносимое звуковой волной за одну секунду через сечение площадью 1 м^2 , перпендикулярное направлению движения, называется *интенсивностью звука* в данной точке и измеряется в Вт/м^2 . Интенсивность звука связана со звуковым давлением зависимостью:

$$I = P^2 / \rho c, \text{ Вт/м}^2 \quad (1.2)$$

где P – мгновенное значение звукового давления, Па; ρ – плотность среды (кг/м^3); c – скорость звука (м/с).

Наименьшая интенсивность звука, которую способно воспринимать ухо человека называется *порогом слышимости*. Ему при принятой в акустике эталонной частоте $f = 1000$ Гц соответствуют минимальные значения звукового давления и интенсивности звука:

$$P_0 = 2 \times 10^{-5} \text{ Па}; \quad I_0 = 10^{-12} \text{ Вт/м}^2 \quad (1.3)$$

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.

Интенсивность звука, которая вызывает болевые ощущения, называется *болевым порогом слышимости*. Ему при принятой в акустике эталонной частоте $f = 1000$ Гц соответствуют максимальные значения звукового давления и интенсивности звука:

$$P_{\text{макс}} = 20 \text{ Па}; \quad I_{\text{макс}} = 1 \text{ Вт / м}^2 \quad (1.4)$$

Таким образом, интенсивность звука на грани болевого ощущения в 10^{12} раз превышает силу звука на нулевом пороге слышимости, звуковое давление – в 10^6 раз.

Чтобы сократить диапазон значений измеряемых величин и в силу специфики восприятия человеком звука, в технической акустике вместо шкалы абсолютных значений принято пользоваться логарифмами отношений этих величин, которые были названы уровнями интенсивности звука.

Уровнем интенсивности звука называется десятичный логарифм отношения интенсивности исследуемого звука к интенсивности звука на нулевом пороге слышимости при эталонной частоте $f = 1000$ Гц.

$$L_I = \lg I/I_0, \text{ дБ} \quad (1.5)$$

Интенсивность звука на нулевом пороге слышимости, увеличенную в 10 раз условно приняли за единицу измерения уровня интенсивности – Бел (Б). Орган слуха человека способен различать прирост звука в 0,1 Б, поэтому на практике при измерении применяется величина в 10 раз меньшая, чем бел – децибел (дБ).

Уровень интенсивности звука в данном случае выражается формулой:

$$L_I = 10 \lg I/I_0, \text{ дБ} \quad (1.6)$$

Если в формулу подставить вместо I и I_0 их значения, выраженные через звуковое давление, получим уровень звукового давления, дБ:

$$L_p = 10 \lg I/I_0 = 10 \lg P^2/P_0^2 = 20 \lg P/P_0, \quad (1.7)$$

где P – измеренное звуковое давление, Па; P_0 – звуковое давление на нулевом пороге слышимости, Па.

Весь диапазон энергии, воспринимаемый органом слуха как звук (динамический диапазон), при условии, что $I_0=10^{-12}$ Вт/м², $I_{\text{макс.}}=1$ Вт/м² находится в пределах 0 - 120 дБ для $f=1000$ Гц.

Шум интенсивностью свыше 130 дБ вызывает боль в ушах, >140 дБ – нарушения в слуховом аппарате, в 160 – 165 дБ – гибель животных в течение нескольких минут, 180 дБ – усталость металла, 190 дБ – срыв заклепок в металлических конструкциях.

Величина уровня интенсивности звука используется при акустических расчетах, а величина уровня звукового давления – при измерении шума и оценки его воздействия на человека. Уровни звукового давления измеряются с помощью шумомера.

Зависимости уровней звука от частоты называются *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 также зависит от спектрального состава производственного шума)

Спектр получают, используя анализаторы шума (набор электрических фильтров, которые пропускают сигнал в определенной полосе частот).

Наибольшее распространение получили фильтры с постоянной полосой пропускания (октавные фильтры). За октаву принимается диапазон частот, в которой верхняя граница частоты вдвое больше нижней (например, 40-80; 80-160 Гц и т. д.). Для обозначения октавы обычно указывают не диапазон частот, а так называемые *среднегеометрические частоты*. Например, октавную полосу (22,4...45) Гц выражает среднегеометрическая частота 31,5 Гц; (45...90) Гц – 63 Гц; (90...180) Гц – 125 Гц; (180...355) Гц – 250 Гц; (355...710) Гц – 500 Гц и т. д. В результате сформирован стандартный ряд из октавных полос

со среднегеометрическими частотами 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 Гц.

Окружающие человека шумы имеют разную интенсивность:

- шепот, шорох листьев – 20 дБ;
- разговорная речь на расстоянии 1 м – 60 дБ;
- шум от двигателя легкового автомобиля – 80 дБ, а от грузового – 90 дБ;
- шум от оркестра – 120 дБ;
- шум при взлете реактивного самолета на расстоянии 25 м – 140 дБ;
- выстрел из винтовки – 160 дБ, а из тяжелого орудия – 170 дБ.

Воздействие шума на организм человека представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Воздействие шума на человека

Уровень шума, дБ	Воздействие на человека
до 35	Вред здоровью не наносится, но такие звуки снижают концентрацию внимания
35-70	Оказывает в основном психологическое воздействие. При длительном воздействии вызывает нарушение сна, усталость, понижение работоспособности
70-85	Снижают эффективность работы, влияют на остроту слуха персонала, приводят к головным болям
85-130	Вызывают нарушения слуха, приводят к заболеваниям сердечно-сосудистой системы, нервным расстройствам, нарушениям работы вестибулярного аппарата
130-150	Приводят к вибрациям и колебаниям внутренних органов, вызывают заболевания органов, их разрушению
150 и выше (болевого порог)	Механически воздействует на органы слуха – лопаются барабанные перепонки, нарушаются связи между отдельными частями внутреннего уха. В результате может наступить полная потеря слуха
Продолжительное воздействие производственного шума может вызывать развитие таких патологий: снижение разборчивости речи; развитие тугоухости (снижение остроты слуха); накопленная усталость, хроническое снижение производительности труда. Чаще всего случаи тугоухости фиксируются на предприятиях энергетического сектора, где персонал трудится в условиях постоянного гудения электроустановок, двигателей, вращающих турбины.	

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 дБ имеет место снижение производительности труда на целых 20 %.

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 ΔL_A . *Корректированный уровень звукового давления называется уровнем звука и измеряется в дБ.*

$$L = L_A - \Delta L_A, \text{ дБ} \quad (1.8)$$

Стандартное значение коррекции ΔL_A приведено в таблице 2.

Таблица 2 – Стандартное значение коррекции ΔL_A

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

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

По характеру спектра шумы выделяют:

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

- *тональный шум* – шум, в спектре которого имеются выраженные дискретные (тональные) составляющие, то есть с переменной тональностью (превышение уровня звукового давления в одной полосе над соседними не менее чем на 10 дБ);

По временным характеристикам шума выделяют:

- *постоянный шум* – шум, уровень звука которого за 8-часовой рабочий день (рабочую смену) изменяется во времени не более чем на 5 дБ;

- *непостоянный шум* – шум, уровень звука которого за 8-часовой рабочий день (рабочую смену) изменяется во времени более чем на 5 дБ.

Непостоянные шумы в свою очередь подразделяется на:

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

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

- *импульсный* – шум, состоящий из одного или нескольких звуковых сигналов каждый длительностью менее 1 с.

Классификация шумов по происхождению в соответствии с ГОСТ 12.1.029-80:

- *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 (истечение сжатого воздуха или газа из отверстий; пульсация давления при движении потоков воздуха или газа в трубах или при движении в воздухе тел с большими скоростями, горение жидкого и распыленного топлива в форсунках и др.);

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

- *шум электромагнитного происхождения* – шум, возникающий вследствие колебаний элементов электромеханических устройств под влиянием переменных магнитных сил (колебания статора и ротора электрических машин, сердечника трансформатора и др.);

Исходя из среды распространения, различают воздушный и структурный шум:

- *воздушный шум* (распространяющийся в воздушной среде от источника возникновения до места наблюдения);

- *структурный шум* (излучаемый поверхностями колеблющихся конструкций стен, перекрытий, перегородок зданий в звуковом диапазоне частот).

Источники шума могут быть внешние и (или) внутренние:

- *внешние источники шума* – источники шума, расположенные вне здания или на территории либо вне ее пределов в помещениях специального назначения или открыто;

- *внутренние источники шума* – источники шума внутри здания с помещениями, в том числе, возможно, и в самих этих помещениях;

Совокупность различных шумов, возникающих в процессе производства и неблагоприятно воздействующих на организм человека, называют *промышленным шумом*.

В производственных условиях источниками шума являются работающие станки, ручные механизированные инструменты (отбойные, рубильные молотки, перфораторы), компрессоры, кузнечно-прессовое, подъемно-транспортное, вспомогательное оборудование (вентиляционные установки, кондиционеры) и т. д.

Борьба с шумом как одним из вредных факторов техносферной опасности может осуществляться как в источнике его возникновения, так и по пути его распространения. Используемые при этом средства и методы подразделяются на акустические, архитектурно-планировочные и организационно-технические.

Средства и методы защиты от шума

Акустические средства защиты от шума в зависимости от принципа действия подразделяются на:

- средства звукоизоляции (звукоизолирующие ограждения зданий и помещений; звукоизолирующие кожухи звукоизолирующие кабины; акустические экраны, выгородки);

- средства звукопоглощения (звукопоглощающие облицовки; объемные (штучные) поглотители звука);

- средства виброизоляции (виброизолирующие опоры; упругие прокладки; конструкционные разрывы);

- глушители шума.

Архитектурно-планировочные мероприятия:

- планировка здания на этапе постройки, капитального ремонта с учетом акустических решений;
- оптимальное размещение оборудования, станков, механизмов;
- разделение зон для работы и перемещения транспорта;
- организация изолированных от посторонних звуков рабочих зон.

Организационно-технические мероприятия:

- применение малошумных технологических процессов (изменение технологии производства, способа обработки и транспортирования материала и др.);
- оснащение шумных машин средствами дистанционного управления и автоматического контроля;
- применение малошумных машин, изменение конструктивных элементов машин;
- совершенствование технологии ремонта и обслуживания машин;
- использование рациональных режимов труда и отдыха работников на шумных предприятиях.
- уменьшение потоков движения транспорта;
- оптимизация времени использования производственного оборудования;
- размещение рабочих мест на удалении от источников шума.

С помощью технических средств борьба с шумом ведется по трем направлениям:

1) устранение причин возникновения шума или *снижение его в источнике образования* за счет конструктивных, технологических и эксплуатационных мероприятий. К таким мероприятиям относятся:

- замена шумных технологических операций на малошумные или полностью бесшумные;
- усовершенствование конструкции или схемы установки, производящей шум, изменением режима ее работы;

- использование в конструкции материалов с пониженными акустическими свойствами;

- оборудование на источнике шума дополнительных звукоизолирующих устройств или ограждений, расположенных по возможности ближе к источнику;

2) *снижение шума на пути его распространения от источника к рабочим местам.* К таким мероприятиям относятся:

- применение кожухов, акустических экранов, выгородок, кабин наблюдения (при дистанционном управлении);

- применение звукоизолирующих перегородок между помещениями;

- применение звукопоглощающих облицовок (пенопласт, поролон, технический войлок, минеральную вату, керамзит, гипсовые плиты и др.);

- применение глушителей шума;

3) *непосредственная защита работников с применением средств индивидуальной защиты (СИЗ).* СИЗ в зависимости от конструктивного исполнения делятся на:

- противошумные наушники (закрывают ушную раковину снаружи).

Наушники состоят из двух корпусов и оголовья. Корпуса изготавливают из пластмассы или металла, а внутри них для повышения эффективности помещают слой звукопоглощающего материала;

- противошумные вкладыши (перекрывают наружный слуховой проход или прилегают к нему). Вкладыши изготавливаются из мягких эластичных материалов – резины, пластмасс, различного волокна. Их вводят непосредственно в наружную (хрящевую) часть слухового прохода и оставляют там без дополнительных средств поддержания.

- противошумные шлемы и каски (закрывают часть головы и ушную раковину). Шлемы закрывают большую часть головы и защищают ее не только от шума, но и от ушибов, холода и др. Их целесообразно применять для защиты человека от особо интенсивного шума, когда он воспринимается не только

непосредственно органом слуха, но и проникает в организм вследствие костной проводимости через кости черепа.

- противошумные костюмы.

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. При этом звукоизолирующие экраны устанавливаются в непосредственной близости от источников шума или вплотную к транспортным магистралям.

В городских условиях для защиты от лишнего шума создают густые непрозрачные по вертикали полосы, состоящие из нескольких рядов деревьев и кустарников. Максимальный уровень шума за ними не должен быть выше 75 дБ.

Звукоизолирующие свойства конструкций обусловлены способностью отражать звук и характеризуются 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 $\Delta L_{тр} = L - L_n$. Фактическое ослабление шума ограждениями должно удовлетворять неравенству $\Delta L \geq \Delta L_{тр}$. Для определения ΔL практически используются аналитический, графический, экспериментальный способы.

При ориентировочных расчетах аналитическим способом звукоизоляция однослойного плоского ограждения определяется по формуле дБ:

$$\Delta L_{анал} = 20 \lg(Mf) - 47,5 \text{ дБ}, \quad (1.9)$$

где M - масса 1 м² ограждения кг, поверхностная плотность, кг/м²; 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.

Характеристики, определяющие звукоизолирующие свойства строительных материалов представлены в таблице 3.

Таблица 3 – 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
10	Гофрокартон	15	0,4

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).

Нормирование шума – определение допустимого уровня производственного шума, который не вызывает развитие профессиональных заболеваний, не нарушает трудоспособность персонала при длительном воздействии производственных звуков.

Базовым документом системы нормирования является СанПиН 1.2.3685-21 (вступил в силу с 01 марта 2021г.). Данные представлены в таблице 1 приложения А.

Нормируемыми параметрами шума на рабочих местах являются:

1) для постоянного шума:

– уровни звукового давления L , в децибелах, в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами 31,5; 63; 125; 250, 500; 1000; 2000; 4000; 8000 Гц определяемые по формуле:

$$L = 20 \lg P/P_0, \quad (1.10)$$

где P – среднеквадратичная величина звукового давления, Па; P_0 – исходное значение звукового давления в воздухе равное 2×10^{-5} Па,

2) для непостоянного шума:

- эквивалентный (по энергии) уровень звука, дБ;
- максимальный уровень звука, дБ.

Согласно СанПиН 1.2.3685-21 безопасным считается уровень шума в аудиториях образовательных организаций, в конференц- и читальных залах библиотек (для источников непостоянного шума):

- эквивалентный уровень звука ($LA_{\text{экв.}}$) – 40 дБ
- максимальный уровень звука ($LA_{\text{макс.}}$) - 55 дБ

Эквивалентный (по энергии) уровень звука, непостоянного шума – уровень звука постоянного широкополосного шума, который имеет такое же среднеквадратичное звуковое давление, что и данный непостоянный шум в течение определенного интервала времени.

Максимальный уровень звука – уровень звука, соответствующий максимальному показателю измерительного, прямопоказывающего прибора (шумомера) при визуальном отсчете, или значение уровня звука, превышаемое в течение 1 % времени измерения при регистрации автоматическим устройством.

Измерения шума (контрольные мероприятия) проводятся для контроля соответствия фактических уровней шума на рабочих местах допустимым по действующим нормам не реже 1 раза в год. По результатам замеров составляется оценка производственного шума в помещении и разрабатываются мероприятия по защите персонала от вредного звукового воздействия, снижению уровня шума.

ГОСТ 12.1.003-2014 – устанавливает принципы обеспечения безопасности и сохранения здоровья работников при воздействии на них шума в нормальных условиях рабочего процесса и общие требования к оценке этого воздействия. Положения настоящего стандарта учитываются при гигиеническом нормировании шума.

На работодателе лежит основная ответственность за обеспечение безопасности при воздействии шума на работников. В первую очередь, он должен обеспечить посредством принятия соответствующих мер соблюдение гигиенических нормативов и снижение риска, связанного с воздействием шума на работников. Эти меры могут включать в себя, в частности:

- оценку риска потери слуха работником;
- проектирование рабочих мест с учетом допустимого уровня риска;
- использование малошумных машин;
- использование материалов и конструкций, препятствующих распространению шума;
- оптимальное размещение шумных машин, позволяющее минимизировать воздействие шума на рабочем месте;
- контроль правильности использования средств индивидуальной защиты от шума;
- проведение периодического контроля шума на рабочих местах и организация на основе полученных результатов режима труда, способствующего снижению шумовой нагрузки на работника.

Для измерения уровня различных параметров шума применяют шумомеры, измерительные микрофоны, дозиметры шума, анализаторы спектра, спектрометры.

Шумомер – измерительный прибор, состоит из микрофона и усилителя измерительного прибора. В данной практической работе применяется шумомер модели УТ 352. Устройство шумомера представлено в приложении Б.

Прибор подходит для использования в измерениях контроля уровня шума на предприятиях, в учебных заведениях, в здравоохранении и различных видах экспертизы шума. Например: фабрики, дороги, музыкальные инструменты и все виды мест, которые нуждаются в шумовом тестировании.

2. Требования правил безопасности при выполнении работы

К выполнению работы допускаются лица, прошедшие инструктаж при работе с шумоизмерительной аппаратурой и ознакомленные с инструкцией, которая включает в себя следующие основные положения.

Выполнение работы одним студентом в лаборатории не допускается. Обязательно присутствие второго лица для оказания первой помощи в случае необходимости.

Любые подготовительные работы на установке и работы по ее техническому обслуживанию производить только при отключенном питании.

Включение приборов и экспериментальной установки производится после проверки преподавателем правильности сборки и подключения их к сети. Перед включением установки произвести тщательный осмотр приборов для определения их пригодности к работе. Электрические шнуры, вилки, розетки и выключатели не должны иметь видимых повреждений. Включать установку при наличии неисправностей запрещается.

Разрешается использование цифрового шумомера только в соответствии с инструкцией по его эксплуатации.

Переключатель должен находиться в положении, соответствующем напряжению сети переменного тока (220 В).

Запрещается оставлять без наблюдения действующую установку, производить переключение в приборах, не предусмотренное порядком выполнения работы, самостоятельно устранять неисправности, допускать падений, ударов и воздействия на шумомер сильных вибраций.

Место, где размещена установка, запрещается загромождать посторонними предметами.

Во время выполнения задания студент не должен заниматься посторонними делами, не относящимися к выполнению данной работы.

3. Устройство стенда для проведения работы

Экспериментальное определение свойств звукоизолирующих материалов в задаваемых диапазонах частот производится на учебной экспериментальной установке (рисунок 1). Она включает в себя акустическую трубу с излучателем шума, набор образцов испытываемых материалов, звуковой генератор и шумомер УТ352.

Диапазон измерений шумомера – от 30 до 130 дБ. Схема шумомера выбирается так, чтобы его свойства приближались к свойствам уха человека.

Так как чувствительность уха зависит и от частоты звука, и от его интенсивности, в шумомере применяют несколько фильтров, отвечающих разной интенсивности звука.

Фильтр А используют для анализа звуков окружающей среды и человеческой речи.

Фильтр С – для режима звукового анализа работающего оборудования, машин, механизмов.



Рисунок 1 – Учебная экспериментальная установка «Влияние шума»

1 – акустическая труба с излучателем шума, 2 – измеритель шума шумомер),
3 – генератор шума (звуковых колебаний)

Для определения свойств звукоизолирующих материалов используется метод измерения уровней звукового давления в приемной части без звукоизолирующего образца и при установленном образце на

среднегеометрических частотах октавных полос. Сравниваются уровни звукового давления до и после постановки звукоизолирующей вставки с нормативными уровнями. По формуле вычисляется эффективность звукоизолирующей вставки и строится гистограмма распределения эффективности звукоизоляции от среднегеометрической частоты шума.

Все измерения проводятся согласно методическим рекомендациям к работе.

В экспериментальном определении звукоизоляционных свойств материалов могут изучаться следующие материалы: пенопласт, гофрокартон, гипсокартон, поролон и др. материалы.

4. Порядок проведения работы

1. Изучить методические рекомендации, заготовить форму отчета о проведенной работе, в которую внести название и цель работы, основные сведения об изучаемых процессах, схему экспериментальной установки, заготовить таблицу 3 для записи результатов измерений и вычислений.

2. Ознакомиться с инструкцией цифрового шумомера УТ 351/352 (инструкция прилагается).

3. Подключить стенд к сети 220 В. Подключить автоматизированный стенд к USB разъему компьютера и запустить программу Пуск → Программы → MeasLAB Explorer.

4. Включить питание стенда автоматическим включением «Сеть» (должна загореться лампочка «Сеть 220 В»).

5. Включить звуковой генератор кнопкой ВК1, вывести генератор на выбранные частоты.

6. Включить измеритель шума. Выполнить троекратные измерения уровня звука и фонового поля без звукоизолирующей вставки на частотах 250, 500, 1000, 2000, 4000 и 8000 Гц. Результаты занести в таблицу 3.

7. Установить звукоизолирующую вставку (пенопласт, затем гофрокартон) в акустической трубе и повторить троекратные измерения звука и фонового поля на тех же частотах. Результаты измерений занести в таблицу 4.

8. Выключить ВК1 и автомат «Сеть 220 В».

9. Построить гистограммы спектров шума для различных образцов звукоизолирующих материалов.

10. Среднеквадратичная величина звукового давления определяется по формуле:

$$P = \sqrt{(L_{\phi 1} - L_{cp})^2 + \dots + (L_{\phi i} - L_{cp})^2}, \quad (4.1)$$

где L_{ϕ} – уровень фонового поля в среде при отсутствии звукового поля; i – число измерений; L_{cp} – среднее арифметическое значение:

$$L_{cp} = \frac{L_1 + \dots + L_i}{i} \quad (4.2)$$

Эффективность звукоизолирующей перегородки определяется по формуле:

$$\mathcal{E} = \frac{L_{cp} - L_{зи\,cp}}{L_{cp}} \cdot 100\% \quad (4.3)$$

где $L_{зи}$ – уровень звука с учетом звукоизолирующей вставки.

11. Рассчитать L_{cp} и $L_{зи\,cp}$ по формуле 4.2 для каждой из среднегеометрических частот. Результаты вычислений занести в таблицу 4.

12. Рассчитать среднеквадратичные величины звукового давления без звукоизолирующей ставки (P) и с ней ($P_{зи}$) по формуле 4.1. Результаты вычислений занести в таблицу 4.

13. Вычислить эффективность (\mathcal{E}) звукоизолирующей перегородки по формуле 4.3.

14. Провести сравнение замеров уровней звукового давления с допустимыми значениями по СанПиН 1.2.3685-21 (таблица 5).

15. Построить гистограмму распределения эффективности звукоизоляции от среднегеометрической частоты шума.

16. Составить отчет о работе, который должен содержать:

- общие сведения;
- ответы на контрольные вопросы;
- описание оборудования и приборов;
- данные измерений (заполненная таблица);
- гистограмму распределения эффективности звукоизоляции от среднегеометрической частоты шума;
- общие выводы по работе.

Таблица 4 – Результаты измерений и вычислений

Звукоизолирующая вставка		№ п.п.	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц					
			250	500	1000	2000	4000	8000
Без звукоизолирующей вставки	Уровень звука без преграды L, дБ	1						
		2						
		3						
	L _{ср} , дБ (среднее значение)	ср.						
	Уровень фонового поля L _ф , дБ	1						
		2						
		3						
	Звуковое давление P, Па							
	Пенопласт	Уровень звука с звукоизолирующей вставкой L _{зи} , дБ	1					
2								
3								
L _{зи,ср} , дБ (среднее значение)		ср.						
Уровень фонового поля L _ф , дБ		1						
		2						
		3						
Звуковое давление P _{зи} , Па								
Эффективность звукоизолирующей вставки (пенопласт) Э _п								
Гофрокартон	L _{зи} , дБ	1						
		2						
		3						
	L _{зи,ср} , дБ (среднее значение)	ср.						
	Уровень фонового поля L _ф , дБ	1						
		2						
		3						

Звукоизолирующая вставка		№ п.п.	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц					
			250	500	1000	2000	4000	8000
			Звуковое давление $R_{згк}$, Па					
Эффективность звукоизолирующей вставки (гофрокартон) $\Delta_{гк}$								

Таблица 5 – Нормируемые параметры шума в октавных полосах частот СанПиН 1.2.3685-21

Назначение помещений или территорий	Для источников постоянного шума									
	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука $L(A)$, дБ
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Классные помещения, учебные кабинеты, учительские комнаты, аудитории образовательных организаций, конференц залы, читальные залы библиотек	79	63	52	45	39	35	32	30	28	40

5. Контрольные вопросы

1. Дайте определение шума как физического явления.
2. Перечислите основные физические параметры, характеризующие звук.
3. Дайте определения интенсивности как основной характеристики шума и октавных полос для характеристики частотных показателей шума.
4. Что такое уровень звукового давления, и в каких единицах оно выражается?
5. Как характеризуются шумы по происхождению?
6. Перечислите основные ступени воздействия шума на организм человека.
7. Методы борьбы с шумом.
8. Рассказать о порядке выполнения данной работы.
9. Перечислить основные формулы, необходимые при выполнении данной работы.

Литература

1. ГОСТ 12.1.003-2014 Шум. Общие требования безопасности.
2. ГОСТ 12.1.029-80 Система стандартов безопасности труда. Средства и методы защиты от шума. Классификация.
3. ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
4. СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания (стр. 734).
5. Методические рекомендации для экспериментальной установки по изучению влияния шума (прилагаются к стенду «Влияние шума»).

Приложение А

(справочное - выписка)

СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» (стр.734) (срок действия СанПиН 1.2.3685-21 до 01.03.2027).

Главный государственный санитарный врач Российской Федерации Постановление от 28 января 2021 г. N 2

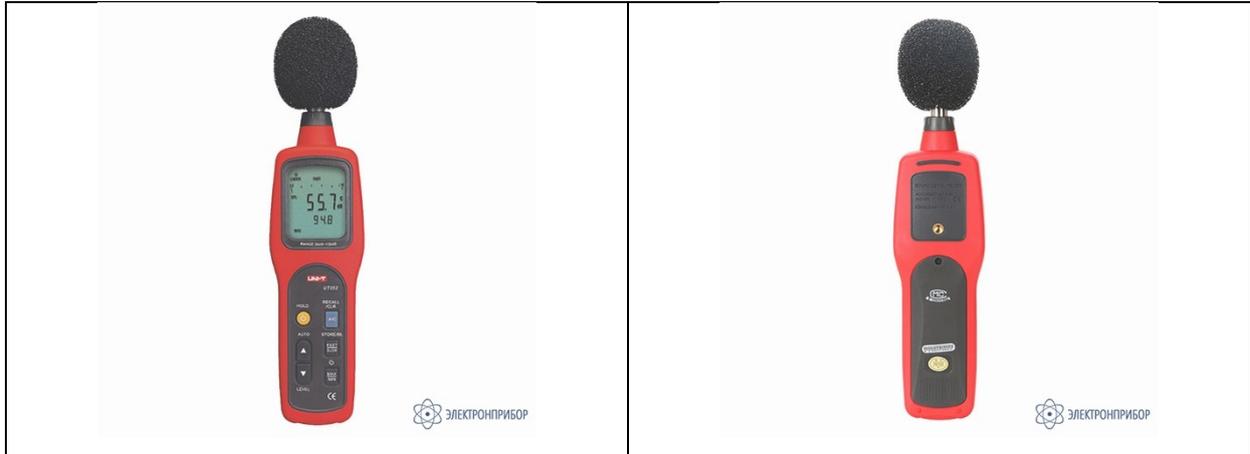
Таблица 1 - Нормируемые параметры шума в октавных полосах частот, эквивалентных и максимальных уровней звука проникающего шума в помещениях жилых и общественных зданий и шума на селитебной территории (Назначение помещений или территорий взято выборочно)

N п/п	Назначение помещений или территорий	Для источников постоянного шума									Для источников непостоянного шума		
		Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука L(A), дБ	Эквивалентные уровни звука (LAэкв.), дБ	Максимальные уровни звука (LAмакс.), дБА
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Классные помещения, учебные кабинеты, учительские комнаты, аудитории образовательных организаций, конференц залы, читальные залы библиотек	79	63	52	45	39	35	32	30	28	40	40	55
2	Спортивные залы	83	67	57	49	44	40	37	35	33	45	45	60
3	Площадки отдыха, функционально выделенные на территории микрорайонов и групп жилых домов, домов отдыха, пансионатов, стационарных организаций	83	67	57	49	44	40	37	35	33	45	45	60

N п/п	Назначение помещений или территорий	Для источников постоянного шума										Для источников непостоянного шума		
		Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц										Уровни звука	Эквивалентные уровни звука	Максимальные уровни звука
	социального обслуживания, площадки дошкольных образовательных организаций других образовательных организаций													
4	Торговые залы магазинов, пассажирские залы аэропортов и вокзалов, приемные пункты предприятий бытового обслуживания	93	79	70	63	59	55	53	51	49	60	60	75	

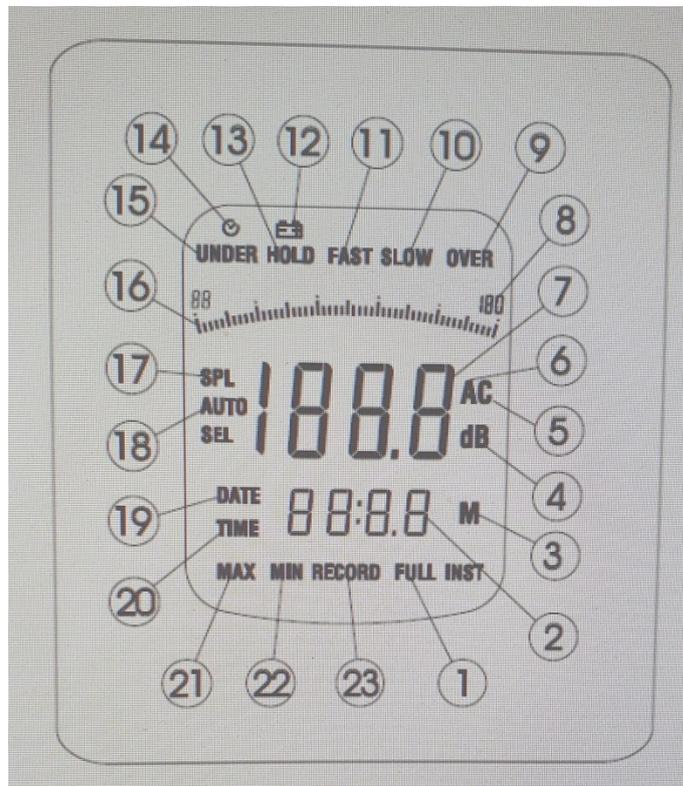
Приложение Б

Шумомер UT 352



Устройство прибора: корпус, ветрозащита, микрофон, жидкокристаллический дисплей, функциональные кнопки, выходной сигнал и разъемы.

Символы дисплея:



1. Хранилище данных полное
2. Отображение даты и времени
3. Хранилище данных

4. Децибел
5. С-значение
6. А-значение
7. Значение звука
8. Диапазон отображения
9. Превышение диапазона
10. Медленный ответ
11. Быстрый ответ
12. Низкий уровень заряда батареи
13. Удержание данных
14. Автоматическое отключение
15. Значение ниже диапазона
16. Аналоговый дисплей
17. Уровень звукового воздействия
18. Автонастройка
19. Дата
20. Время
21. Максимальное значение
22. Минимальное значение
23. Функция хранения данных включена

Характеристики шумомера УТ 352:

- аналоговая шкала – от 30 до 130 дБ;
- точность – 1,5 дБ;
- подсветка дисплея;
- индикация разряда батареи, индикация выхода за пределы измерения;
- сохранение 63 показаний в памяти;
- питание от элементов типа АА - 1,5 В, 4шт;
- время измерения - до 1 сек.
- уровень шума: 30 ~ 80 дБ, 50 ~ 100 дБ, 60 ~ 110 дБ, 80 ~ 130 дБ.
- частота: 31,5 ~ 8000 Гц.

Работает в двух основных режимах: А и С.

В режиме А частотная характеристика прибора похожа на реакцию человеческого уха. Этот режим характерен для звуков окружающей среды и человеческой речи. Режим С наиболее подходит для звукового анализа машин, двигателей и другого оборудования.

Операции измерения и функциональные кнопки согласно инструкции (прилагается к методическим указаниям в pdf)

Локальный электронный методический материал

Людмила Николаевна Серегина

Безопасность жизнедеятельности.
Исследование эффективности звукоизолирующих материалов

Редактор И. Голубева

Уч.-изд. л. 1,8. Печ. л. 2,1.

Издательство федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Калининградский государственный технический университет»,
236022, Калининград, Советский проспект, 1