

Лабораторная работа № 8

ИССЛЕДОВАНИЕ УРОВНЕЙ ШУМА И ЗВУКОИЗОЛИРУЮЩИХ СВОЙСТВ ОГРАЖДЕНИЙ

Цель работы: ознакомиться с общими понятиями о шуме и его воздействием на организм человека, нормированием, способами защиты; научиться определять фактические уровни шума, а также производить оценку эффективности звукопоглощающих экранов.

Приборы и оборудование: лабораторный стенд НТЦ–17.55.5 «БЖД. Звукоизоляция и звукопоглощение», различные звукоизолирующие ограждения.

1. Общие положения

1.1. Характеристики и классификации шума

Шум (звук) – упругие колебания в частотном диапазоне, воспринимаемом органом слуха человека, распространяющиеся в виде волн в газообразных средах или образующие в ограниченных областях этих сред стоячие волны. Звуки, распространяющиеся в воздухе, вызывают воздушный шум. При колебаниях, распространяющихся в твердых телах, возникает структурный шум. В твердых телах, имеющих конечные размеры, колебательный процесс проявляется в форме вибрации.

Процесс возникновения воздушного звука механического происхождения упрощенно можно представить с помощью колебания механического стержня. Если незажатый конец стержня отклонить от положения равновесия и отпустить, он начнет совершать колебательные движения. Эти колебания вызовут смещение прилегающих к стержню частиц воздуха. Воздух является упругой средой, поэтому смещенные частицы под влиянием упругости будут снова возвращаться в свое исходное состояние, образуя при этом зоны уплотнения и разрежения с различной величиной давления. Такие уплотнения и разрежения последовательно от частицы к частице распространяются в воздушной среде с определенной скоростью от источника возбуждения в виде звуковых волн. Скорость распространения звука в воздухе при температуре 20°C и нормальном атмосферном давлении равна 344 м/с. Достигнув барабанной перепонки уха, звуковая волна вызывает ее колебания. Далее эти колебания воспринимаются слуховыми органами, передаются в слуховые центры головного мозга и создают ощущение звука.

По происхождению шум можно подразделить на:

- **механический**, возникающий вследствие вибрации поверхностей машин и оборудования, а также одиночных или периодических ударов в сочленениях деталей, сборочных единиц или конструкций в целом;
- **ударный**, возникающий при некоторых технологических процессах: ковке, штамповке, клепке;
- **аэродинамический**, 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.);

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

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

Основные физические характеристики звука: частота f (Гц), звуковое давление P (Па), интенсивность или сила звука I (Вт/м²), звуковая мощность ω (Вт). Частота – одна из основных характеристик, по которой мы различаем звук. **Частота колебаний** – это число полных колебаний за одну секунду. Частота колебаний, вызывающих слуховое ощущение звука, находится в пределах от 16 до 20 000 Гц. Ухо человека наиболее чувствительно к звукам частотой от 1000 до 3000 Гц. Наибольшая острота слуха наблюдается в возрасте 15–20 лет. С возрастом слух ухудшается. Колебания с частотой ниже 16 Гц называются *инфразвуком*, а свыше 20 000 Гц – *ультразвуком*. Инфразвук и ультразвук не вызывают слуховых ощущений, но оказывают биологическое действие на организм человека.

Звуковым давлением P переменная составляющая давления воздуха или газа, возникающего в результате звуковых колебаний, обозначается, измеряется в Па.

Распространение звуковой волны сопровождается и переносом энергии. **Интенсивностью звука I** называется количество звуковой энергии, проходящее в единицу времени через единицу поверхности, перпендикулярную к направлению распространения звуковой волны.

Интенсивность звука связана со звуковым давлением зависимостью:

$$I = \frac{P^2}{\rho \cdot C}, \quad (8.1)$$

где ρ – плотность среды, кг/м³; C – скорость звука, м/с.

Минимальная интенсивность звука, которая воспринимается ухом, называется **порогом слышимости**. В качестве стандартной частоты сравнения принята частота 1000 Гц. При этой частоте порог слышимости $I_0 = 10^{-12}$ Вт/м², а соответствующее ему звуковое давление $P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па. Максимальная интенсивность звука, при которой орган слуха начинает испытывать болевое ощущение, называется **порогом болевого ощущения**, равным 10^2 Вт/м², а соответствующее ему звуковое давление $P = 2 \cdot 10^2$ Па. Между порогом слышимости и болевым порогом лежит *область слышимости*.

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.

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 на практике для характеристики шума принято оценивать звуковое давление и интенсивность звука не в абсолютных, а в относительных единицах – *белах* (Б). Измеренные таким образом величины называются *уровнями*. Так как орган слуха человека способен различать изменения уровня интенсивности звука на 0,1 Б, то для практического использования применяется единица в 10 раз меньше – *децибел* (дБ).

Уровень звукового давления – выраженное в логарифмических единицах отношение среднего квадратического значения звукового давления в определенной полосе частот к стандартизованному исходному значению звукового давления (порогу слышимости):

$$L = 20 \lg \frac{P}{P_0}, \quad (8.2)$$

где L – уровень звукового давления, дБ; P – среднее квадратическое значение звукового давления в определенной полосе частот, Па; $P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ – исходное значение звукового давления в воздухе, Па.

Уровень интенсивности звука определяется по формуле

$$L = 10 \lg \frac{I}{I_0}, \quad (8.3)$$

где I – интенсивность звука, Вт/м²; $I_0 = 10^{-12}$ – интенсивность звука, соответствующая порогу слышимости, Вт/м².

Таким образом, все воспринимаемые человеческим ухом звуки можно оценить уровнями от 0 до 140 дБ. На практике обычно производят вычисления уровней до целых чисел, так как изменения уровня звукового давления менее чем на 1 дБ слухом не воспринимаются.

Уровни звукового давления некоторых источников шума приведены в табл. 8.1.

При уровне шума выше 80 дБ становится трудно разговаривать, уровень шума 120 дБ вызывает ощущение давления в ушах, при 130–140 дБ шум создает болевое ощущение, при 160 дБ и выше происходит механическое повреждение органов слуха и внутренних органов, при уровнях порядка 180 дБ начинают разрушаться металлические соединения (заклепочные и сварочные швы).

Суммарный уровень звукового давления L , дБ, создаваемый несколькими источниками звука с одинаковым уровнем звукового давления L_i , рассчитывается по формуле

$$L = L_i + 10 \lg n, \quad (8.4)$$

где n – число источников шума с одинаковым уровнем звукового давления.

Так, например, если шум создают два одинаковых источника шума, то их суммарный шум на 3 дБ больше, чем каждого из них в отдельности.

Таблица 8.1

Характеристики источников шума

Источники звуков и слуховые пороги	Уровень звукового давления, дБ
Порог слышимости	0
Шелест листвы	10–20
Шепот на расстоянии 1 м	30–40
Тихая речь	50–60
Шум при работе токарного станка	70–80
Шум при работе пневматического инструмента	110–120
Шум реактивного двигателя на расстоянии 1 м от сопла	Более 140
Порог болевого ощущения	140

Суммарный уровень звукового давления нескольких различных источников звука, определяется по формуле

$$L = 10 \lg(10^{0,1L_1} + 10^{0,1L_2} + \dots + 10^{0,1L_n}), \quad (8.5)$$

где $L_1, L_2, \dots, L_n$ – уровни звукового давления, создаваемые каждым из источников звука в исследуемой точке пространства.

Так как чувствительность слухового аппарата человека различна для различных частот, то для того чтобы приблизить результаты объективных измерений к субъективному восприятию человеком, введено понятие **корректированного уровня звукового давления**. 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. В качестве международного стандарта приняты шкалы типа А, В и С – так называемые кривые «взвешивания». Наибольшее распространение получило взвешивание по шкале А, которое лучше всего соответствует субъективной экспертной оценке звука (иногда используется термин «отношение к А фильтру»). В этих случаях в качестве единицы измерения частот используется дБА или дБ(А). Корректированный уровень звукового давления по шкале А приведен в таблице 8.2.

Таблица 8.2

Корректированный уровень звукового давления по шкале А

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

Уровень звука – выраженное в логарифмических единицах отношение среднего квадратического значения звукового давления, скорректированного по

стандартизированной частотной характеристике «А», к стандартизованному исходному значению звукового давления; измеряется в дБА (децибелах по частотной характеристике «А») и определяется по формуле

$$L = 20 \lg \frac{P_A}{P_0}, \quad (8.6)$$

где L – уровень звука, дБА; P_A – среднее квадратическое значение звукового давления с учетом коррекции «А», Па; $P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ – исходное значение звукового давления в воздухе, Па.

При исследовании шумов весь диапазон частот разбивают на полосы частот. За ширину полосы принята **октава**, т. е. интервал частот, в котором высшая частота f_2 в два раза больше низшей f_1 . В практике используют октавные ($f_2 / f_1 = 2$) и третьоктавные ($f_2 / f_1 = \sqrt[3]{2}$) полосы частот. В качестве частоты, характеризующей полосу в целом, берется среднегеометрическая частота $f = \sqrt{f_1 \cdot f_2}$. Например, октавную полосу 22,4–45,0 Гц выражает среднегеометрическая частота 31,5 Гц; 45–90 Гц – 63 Гц и т. д. В результате сформирован стандартный ряд из девяти октавных полос со среднегеометрическими частотами 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 Гц.

Сложный шум может быть разложен на простые составляющие тона с указанием интенсивности и частоты каждого тона. Графическое изображение состава шума называется **спектром** и является его важнейшей характеристикой. Спектр шума показывает распределение колебательной энергии по звуковому диапазону частот.

По характеру спектра шум следует подразделять на широкополосный и тональный.

Широкополосный шум – шум с непрерывным спектром шириной более одной октавы.

Тональный шум – шум, в спектре которого имеются выраженные (тональные) составляющие.

Тональный характер шума для практических целей устанавливается измерением в третьоктавных полосах частот по превышению уровня звукового давления в одной полосе над соседними не менее чем на 10 дБ.

По временным характеристикам шума выделяют постоянный и непостоянный шум.

Постоянный шум – шум, для которого разность между наибольшим и наименьшим значениями уровня звука за временной интервал измерения не превышает 5 дБА при измерении на временной характеристике «медленно» средства измерения.

Непостоянный шум – шум, для которого разность между наибольшим и наименьшим значениями уровня звука за временной интервал измерения превышает 5 дБА при измерении на временной характеристике «медленно» средства измерения.

Непостоянный шум подразделяют на *колеблющийся, прерывистый и импульсный*.

Колеблющийся шум – непостоянный шум, уровень звука которого непрерывно изменяется во времени.

Прерывистый шум – непостоянный шум, уровень звука которого ступенчато изменяется за временной интервал измерения более чем на 5 дБА, при этом длительность интервалов, в течение которых уровень звука остается постоянным, составляет не менее 1 с.

Импульсный шум – непостоянный шум, состоящий из одного или нескольких звуковых сигналов (импульсов), при этом длительность каждого менее 1 с. В данном случае уровни звука, измеренные на временных характеристиках шумомера «импульс» и «медленно», отличаются на 7 дБА и более.

Объективный уровень звукового давления (или интенсивности звука) не дает представления о его физиологическом восприятии. Ухо человека неодинаково чувствует различные частоты, поэтому звуки одной и той же интенсивности, но различной частоты субъективно оцениваются как неодинаково громкие. И, наоборот, звуки различной интенсивности и частоты могут восприниматься органом слуха при разном уровне их интенсивности как одинаково громкие. Например, звук частотой 100 Гц и силой 50 дБ воспринимается как равногромкий звуку частотой 1000 Гц и силой 20 дБ. Субъективное ощущение интенсивности звука оценивается *уровнем его громкости*.

За единицу **уровня громкости** (фон) принимается разность уровней интенсивности в 1 дБ эталонного звука частотой 1000 Гц. На частоте 1000 Гц уровни громкости приняты равными уровням звукового давления. Соотношения между уровнем звукового давления в децибелах и уровнем громкости в фонах хорошо иллюстрируются кривыми равной громкости, представленными на рис. 8.1.

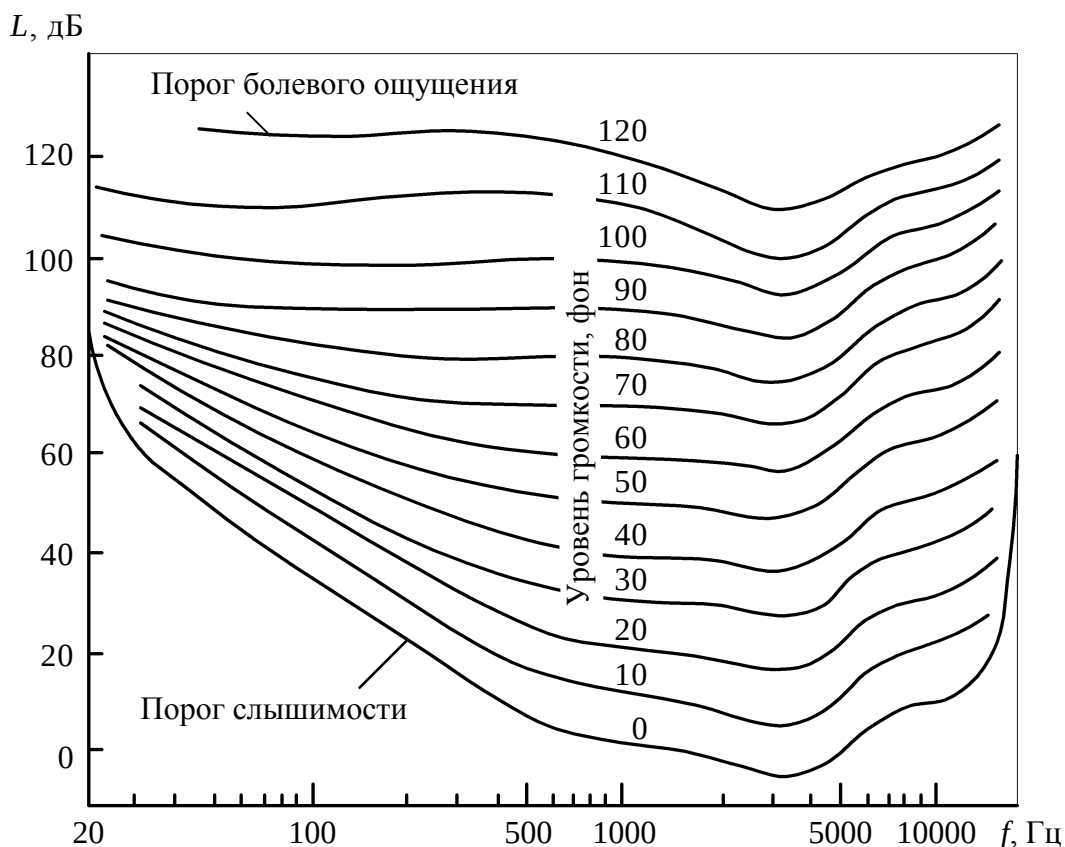


Рис. 8.1. Кривые равной громкости

Каждая кривая представляет собой геометрическое место точек, координаты которых – частота и интенсивность звука – обеспечивают одинаковую слышимость.

1.2. Воздействие шума на организм человека

Борьба с шумом стала в настоящее время социальной проблемой. Производственный шум отрицательно действует не только на людей, работающих на шумных производственных участках, но и на весь контингент лиц, обслуживающих данное производство, и на население, проживающее вблизи территории предприятия.

Установлено, что производственный шум, превышающий предельно допустимый уровень звукового давления, при длительном воздействии приводит к профессиональным заболеваниям органов слуха, вызывая частичную или полную глухоту, к болезням нервной, сердечно-сосудистой систем и желудочно-кишечного тракта.

Установлено, что потеря слуха обычно наступает при воздействии шума в диапазоне частот 3000–6000 Гц, а нарушение разборчивости речи – при частоте 1000–2000 Гц. Наибольшая потеря слуха работающих наблюдается в первые десять лет работы, причем эта опасность увеличивается с возрастом.

Функциональные нарушения нервной системы развиваются значительно раньше, чем слухового аппарата. Такое общее заболевание организма под воздействием шума называют *шумовой болезнью*. На основании всесторонних исследований, проведенных на рабочих различных профессий, выявлен характерный комплекс расстройств. Постоянными являются жалобы, указывающие на нарушение нервно-психического равновесия, повышенную утомляемость, головную боль, головокружение, бессонницу, раздражительность, вялость и др. У некоторых людей имеет место нарастающая непереносимость к шуму, заставляющая их менять профессию.

Лица, работающие на шумных производствах, предъявляют жалобы, свидетельствующие и о нарушениях сердечно-сосудистой системы: боли в области сердца, приступы сердцебиения, одышка. Отмечается повышение или понижение артериального давления.

Длительное воздействие шума приводит к утомлению органа слуха и с течением времени вызывает патологические изменения, которые появляются в результате истощения адаптационной способности и нарушения нормальных процессов в слуховом рецепторе.

Минимальный уровень звукового давления, при котором начинает сказываться утомляющее действие шума на орган слуха человека, зависит от частоты воспринимаемых звуков. Так, для звуков диапазона 2000–4000 Гц утомляющее действие начинается с 80 дБ, а для звуков 5000–6000 Гц – с 60 дБ.

Появление утомляемости следует рассматривать как ранний симптом развития шумовой болезни.

Рабочие всех профессий, связанных с шумом, в той или иной мере страдают **тугоухостью**, в особенности, если общий уровень интенсивности шума достигает 90 дБ и более.

Люди, работающие в условиях большого шума, быстро утомляются – следствием чего является значительное понижение производительности труда и увеличение брака. Нередко шум является косвенной причиной увеличения травматизма на предприятии вследствие притупления внимания и реакции работающих.

1.3. Нормирование и контроль шума на производстве

Условия труда по шуму нормируются в соответствии с **гигиеническим нормативом «Показатели безопасности и безвредности шумового воздействия на человека»**, утвержденными постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 25.01.2021 № 37.

Нормируемыми параметрами постоянного шума на рабочих местах и в транспортных средствах являются:

- уровни звукового давления в дБ в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 Гц;
- уровни звука в дБА.

Оценка постоянного шума на рабочих местах на соответствие ПДУ должна проводиться как по уровням звукового давления, так и по уровню звука. Превышение хотя бы одного из указанных показателей должно квалифицироваться как несоответствие гигиеническим нормативам.

Предельно допустимый уровень (ПДУ) шума – уровень шума, который при ежедневной (кроме выходных дней) работе продолжительностью не более 40 ч в неделю в течение всей трудовой деятельности не должен вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья человека.

Нормируемыми параметрами непостоянного шума являются:

- эквивалентный уровень звука в дБА;
- максимальный уровень звука в дБА.

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

Оценка непостоянного шума на рабочих местах на соответствие ПДУ должна проводиться как по эквивалентному по энергии, так и по максимальному уровням звука. Превышение хотя бы одного из указанных показателей должно квалифицироваться как несоответствие гигиеническим нормативам.

Гигиеническим нормативом определяются:

предельно допустимый уровень (ПДУ) звукового давления в октавных полосах частот и уровни звука для видов трудовой деятельности и рабочих мест с учетом условий, тяжести и напряженности труда (табл. 8.3);

предельно допустимые эквивалентные уровни звука на рабочих местах с учетом классов условий труда по показателям тяжести и напряженности трудового процесса;

допустимый уровень (ДУ) звукового давления в октавных полосах частот и уровни звука на территории жилой застройки, в помещениях жилых и общественных зданий.

Допустимый уровень (ДУ) – уровень шума, который не вызывает у человека значительного беспокойства и существенных изменений показателей функционального состояния систем и анализаторов, чувствительных к шуму.

Таблица 8.3

ПДУ звукового давления в октавных полосах частот и уровни звука для видов трудовой деятельности и рабочих мест с учетом условий, тяжести и напряженности труда

№ п/п	Вид трудовой деятельности, рабочее место	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами									Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА
		31,5 Гц	63 Гц	125 Гц	250 Гц	500 Гц	1000 Гц	2000 Гц	4000 Гц	8000 Гц	
1.	Творческая деятельность, руководящая деятельность с повышенными требованиями, научная деятельность, конструирование и проектирование, программирование, обучение и воспитание, медицинская, фармацевтическая деятельность, оказание медицинской помощи и осуществление мер по охране здоровья населения (работники, имеющие высшее медицинское образование); рабочие места в проектно-конструкторских бюро, расчетчиков, программистов вычислительных машин, в лабораториях для теоретических работ и обработки данных, для приема пациентов в здравпунктах	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50
2.	Высококвалифицированная работа, требующая сосредоточенности, административно-управленческая деятельность, измерительные и аналитические работы в лаборатории, медицинская, фармацевтическая деятельность, оказание медицинской помощи и осуществление мер по охране здоровья населения в помещениях с шумным оборудованием (работники, имеющие высшее медицинское образо-	93	79	70	63	58	55	52	50	49	60

№ п/п	Вид трудовой деятельности, рабочее место	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами									Уровни звука и экви- валент- ные уровни звука, дБА
		31,5 Гц	63 Гц	125 Гц	250 Гц	500 Гц	1000 Гц	2000 Гц	4000 Гц	8000 Гц	
	вание); рабочие места в помеще- ниях цехового управленче- ского аппарата, рабочих ком- натах конторских помещений, лабораториях; рабочие места работников, имеющих сред- нее специальное медицинское образование, и работников ор- ганизаций здравоохранения без медицинского образова- ния										
3.	Работа, выполняемая с часто получаемыми указаниями и акустическими сигналами; ра- бота, требующая постоянного слухового контроля, в том числе операторская работа по точному графику с инструк- цией, диспетчерская работа; рабочие места в помещениях диспетчерской службы, каби- нетах и помещениях наблюде- ния и дистанционного управ- ления с речевой связью по те- лефону, машинописных бюро, на участках точной сборки, телефонных и телеграфных станциях, в помещениях ма- стеров, залах обработки ин- формации на вычислительных машинах	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65
4.	Работа, требующая сосредото- ченности; работа с повышен- ными требованиями к процес- сам наблюдения и дистанци- онного управления производ- ственными циклами. Рабочие места за пультами в кабинах наблюдения и дистанцион- ного управления без речевой связи по телефону, в помеще- ниях с шумным оборудова- нием (в том числе работники, имеющие среднее специаль- ное медицинское образова- ние, и работники организаций здравоохранения без меди- цинского образования), в по- мещениях для размещения шумных агрегатов вычисли- тельных машин	103	91	83	77	73	70	68	66	64	75
5.	Выполнение работ на посто- янных рабочих местах в про- изводственных помещениях и на территории предприятий	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

№ п/п	Вид трудовой деятельности, рабочее место	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами									Уровни звука и экви- валент- ные уровни звука, дБА
		31,5 Гц	63 Гц	125 Гц	250 Гц	500 Гц	1000 Гц	2000 Гц	4000 Гц	8000 Гц	
	(за исключением работ, пере- численных в пунктах 1–4 настоящей таблицы) ¹										
6.	В подвижном составе желез- нодорожного и городского рельсового транспорта: рабочие места в кабинах машинистов тепловозов, электровозов, поездов метрополитена, дизель-по- ездов и автомотрис	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80
	рабочие места в кабинах машинистов поездов даль- него следования и приго- родных электропоездов, в кабинах водителей, а также обслуживающего персонала пассажирских помещений трамваев	103	91	83	77	73	70	68	66	64	75
	помещения для персонала вагонов поездов дальнего следования, служебные помещения рефрижера- торных секций, вагонов- электростанций, помеще- ния для отдыха в багаж- ных и почтовых отделе- ниях	93	79	70	63	58	55	52	50	49	60
	служебные помещения ба- гажных и почтовых ваго- нов, вагонов-ресторанов, межобластных вагонов	100	87	79	72	68	65	63	61	59	70
7.	В морских, речных, рыбопро- мысловых и других судах: рабочая зона в помеще- ниях машинного (энерге- тического) отделения су- дов с постоянной вахтой	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80
	рабочая зона на централь- ных постах управления судов	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65
	рабочая зона в служебных помещениях судов	89	75	66	59	54	50	47	45	44	55
	производственно-техноло- гические помещения на судах рыбной промыс- ленности	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80
	служебные помещения: судов I группы	89	75	66	59	54	50	47	45	44	55

¹ ПДУ звукового давления в октавных полосах частот и уровни звука, указанные в пункте 5 настоящей таблицы, применяются в случае отсутствия у нанимателя данных о результатах оценки условий труда по показателям тяжести и напряженности трудового процесса, полученных в рамках аттестации рабочих мест, комплексной гигиенической оценки условий труда или иных процедур, установленных законодательством.

№ п/п	Вид трудовой деятельности, рабочее место	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами									Уровни звука и экви- валент- ные уровни звука, дБА
		31,5 Гц	63 Гц	125 Гц	250 Гц	500 Гц	1000 Гц	2000 Гц	4000 Гц	8000 Гц	
	судов II и III групп	93	79	70	63	58	55	52	50	49	60
	общественные помеще- ния: столовые и буфеты	93	79	70	63	58	55	52	50	49	60
	пассажирские салоны судов III группы	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65
	иные общественные помещения	93	79	70	63	58	55	52	50	49	60
	жилые помещения: судов I группы	83	67	57	49	44	40	37	35	33	45
	судов II группы	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50
	судов III группы	89	75	66	59	54	50	47	45	44	55
	помещения медицинского назначения	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50
8.	В автобусах, троллейбусах, грузовых, легковых и специ- альных автомобилях, а также грузопассажирских автомоби- лях и другом автомобильном транспорте, предназначенном для перевозки пассажиров: рабочие места водителей и обслуживающего персо- нала грузовых автомоби- лей	103	91	83	77	73	70	68	66	64	75
	рабочие места водителей и обслуживающего персо- нала троллейбусов, а также грузопассажирских автомобилей и другого ав- томобильного транспорта, предназначенного для пе- ревозки пассажиров	100	87	79	72	68	65	63	61	59	70
9.	В сельскохозяйственных ма- шинах и оборудовании, стро- ительно-дорожных, мелиора- тивных и других аналогичных видах машин рабочие места водителей и обслуживающего персонала тракторов, само- ходных шасси, прицепных и навесных сельскохозяйствен- ных машин, строительно-до- рожных и других аналогич- ных машин	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80
10.	Рабочие места в кабинах и са- лонах пассажирских, транс- портных самолетов и вертоле- тов	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Примечания:

1. Для колеблющегося во времени и прерывистого шума максимальный уровень звука не должен превышать 110 дБА, а для импульсного шума – 125 дБА.

2. Для импульсного шума с уровнем 110 дБА_И и более дополнительно проводится оценка шума, измеренного в режиме «пик» на частотной коррекции «С» средства измерения (пиковый скорректированный по С уровень звука). Максимальный уровень звука импульсного шума в режиме «пик» на частотной коррекции «С» средства измерения не должен превышать 140 дБС.

3. Пребывание людей в зонах с уровнем звукового давления в любой октавной полосе свыше 135 дБ запрещается.

4. В случае, если в настоящей таблице не указаны оцениваемый вид трудовой деятельности или рабочее место, ПДУ устанавливаются в соответствии с таблицей 2 настоящего гигиенического норматива.

5. На рабочих местах для женщин в период их беременности уровни звука и звукового давления не должны превышать значений, приведенных в пункте 2 настоящей таблицы.

Измерения шума проводятся в соответствии с ГОСТ 12.1.050-86 «ССБТ. Методы измерения шума на рабочих местах». Измерения шума должны производиться для контроля соответствия фактических уровней шума на рабочих местах, допустимым по гигиеническим нормативам. Результаты измерений должны характеризовать шумовое воздействие за время рабочей смены (рабочего дня).

Устанавливаются следующие измеряемые и рассчитываемые величины в зависимости от временных характеристик шума: уровень звука, дБА, и октавные уровни звукового давления, дБ, – для постоянного шума; эквивалентный уровень звука и максимальный уровень звука, дБА, – для колеблющегося во времени шума; эквивалентный уровень звука, дБА, и максимальный уровень звука, дБА_И, – для импульсного шума; эквивалентный и максимальный уровни, дБА, – для прерывистого шума. Результаты измерений должны характеризовать шумовое воздействие за время рабочей смены (рабочего дня).

Устанавливается следующая продолжительность измерения непостоянного шума: половина рабочей смены (рабочего дня) или полный технологический цикл. Допускается общая продолжительность измерения 30 мин, состоящая из трех циклов каждый продолжительностью 10 мин – для колеблющегося во времени; 30 мин – для импульсного; полный цикл характерного действия шума – для прерывистого.

Измерения шума необходимо производить при работе не менее 2/3 установленных в данном помещении единиц технологического оборудования в наиболее часто реализуемом (характерном) режиме его работы. Во время проведения измерений включается оборудование вентиляции, кондиционирования воздуха и другие обычно используемые в помещении устройства, являющиеся источником шума.

Микрофон шумомера следует располагать на высоте 1,5 м над уровнем пола или рабочей площадки (если работа выполняется стоя) или на высоте уха человека, подвергающегося воздействию шума (если работа выполняется сидя). Микрофон должен быть ориентирован в направлении максимального уровня шума и удален не менее чем на 0,5 м от оператора, проводящего измерения.

Для оценки шума на постоянных рабочих местах измерения следует проводить в точках, соответствующих установленным постоянным местам. Для оценки шума на непостоянных рабочих местах измерения следует проводить в рабочей зоне в точке наиболее частого пребывания работающего.

Согласно *специфическим санитарно-эпидемиологическим требованиям к условиям труда работающих*, утв. постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 01.02.2020 № 66, на объекте осуществляется производственный контроль, в т.ч. лабораторный, за соблюдением специфических санитарно-эпидемиологических требований, гигиенических нормативов и выполнением санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий, включая контроль производственных факторов на рабочих местах.

Перечень производственных факторов с указанием периодичности их контроля на рабочих местах ежегодно разрабатывается и утверждается работодателем в соответствии с требованиями специфических санитарно-эпидемиологических требований, а также с учетом специфики деятельности объекта.

Контроль уровней шума на рабочих местах осуществляется с учетом условий труда и результатов лабораторных исследований:

один раз в два года – в случаях отсутствия нарушений гигиенических нормативов на протяжении двух последних лет (по данным лабораторных исследований);

один раз в год – в случаях имеющихся превышений уровней факторов производственной среды в предшествующем году, а также в первые два года проведения контроля производственных факторов.

1.4. Защита от шума

К высоким уровням шума при работе технологического оборудования часто приводят:

1) конструктивные особенности машин (удары и трение узлов и деталей); недостаточная жесткость крепления отдельных частей машины, создающая вибрацию; изготовление механизмов из звенящих металлов и др.;

2) технические недостатки из-за низкого качества изготовления оборудования: плохая динамическая балансировка вращающихся деталей и узлов, неточное выполнение шага зацепления и формы профиля зуба. Даже ничтожно малые отклонения в размерах деталей машин отражаются на спектре, уровне и других характеристиках шума;

3) некачественный монтаж оборудования на производственных площадках, приводящий к перекосам при работе деталей и узлов машин, а также к вибрациям несущих конструкций;

4) нарушение правил технической эксплуатации машин и агрегатов: отклонение в режиме работы оборудования по сравнению с паспортным, плохой уход за ним и др.;

5) несвоевременный и некачественный ремонт оборудования, ухудшающий качество работы машины и увеличивающий уровень производственного шума;

6) использование высокошумных технологических процессов, операций, отдельных машин и инструментов.

В соответствии с *ГОСТ 12.1.029-80 «Система стандартов безопасности труда. Средства и методы защиты от шума. Классификация»* средства и методы защиты от шума по отношению к защищаемому объекту подразделяются на (см. рис. 8.2):

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

Средства коллективной защиты по отношению к источнику возбуждения шума подразделяются на:

- средства, снижающие шум в источнике его возникновения;
- средства, снижающие шум на пути его распространения от источника до защищаемого объекта.

Во всех случаях наибольшая эффективность достигается при *уменьшении интенсивности шума и вибрации в источнике их возникновения*.

Для уменьшения механического шума следует своевременно проводить ремонт оборудования, шире применять принудительное смазывание трущихся поверхностей и балансировку вращающихся частей.

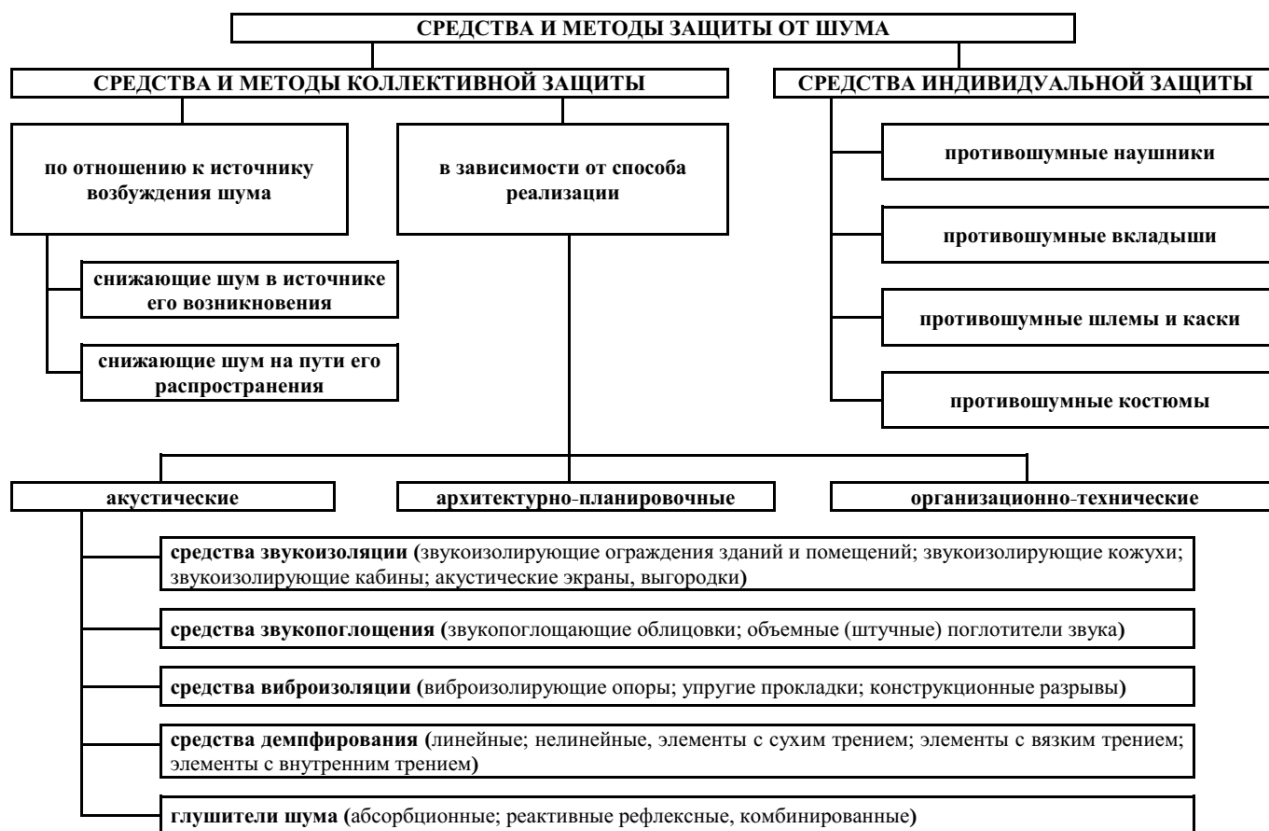


Рис. 8.2. Классификация средств и методов защиты работающих от шума

Значительное снижение шума (на 10–15 дБ) достигается при замене ударных процессов безударными, подшипников качения подшипниками скольжения, зубчатых и цепных передач клиноременными и зубчатоременными передачами либо индивидуальными прямыми приводами от электродвигателей, прямозубых шестерен косозубыми металлическими или пластмассовыми, металлических деталей деталями из других материалов и т.д.

Снижения аэродинамического шума можно добиться уменьшением скорости газового потока, совершенствованием аэродинамических свойств механизмов, позволяющим снизить интенсивность вихреобразования, применением звукоизоляции и установкой глушителей и т.д.

Электромагнитные шумы снижаются конструктивными изменениями в электрических машинах.

Средства и методы коллективной защиты от шума в зависимости от способа реализации подразделяются на:

- акустические;
- архитектурно-планировочные;
- организационно-технические.

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

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

Действенным методом снижения уровня шума является установка звукоизолирующих и звукопоглощающих преград на пути его распространения.

Под **звукоизоляцией** понимают создание специальных строительных устройств – преград (в виде стен, перегородок, кожухов, выгородок и т.п.), препятствующих распространению шума из одного помещения в другое или в одном и том же помещении.

Средства звукоизоляции в зависимости от конструкции подразделяются на:

- звукоизолирующие ограждения зданий и помещений;
- звукоизолирующие кожухи;
- звукоизолирующие кабины;
- акустические экраны, выгородки.

Принцип звукоизоляции заключается в том, что большая часть звуковой энергии отражается от преграды и только незначительная часть ее проникает сквозь звукоизолирующую преграду и попадает в окружающую среду.

Звукоизолирующая способность ограждений во многом определяется их массой, поскольку при падении звуковых волн на конструкцию они приводят ее в колебательное движение. При удвоении массы звукоизолирующая способность ограждающих конструкций возрастает в среднем на 6 дБ при частоте колебаний 100 Гц. С повышением частоты звука звукоизолирующая способность одного и того же материала возрастает примерно на 7,5 дБ на октаву.

Звукопоглощение – это способность материала или конструкции поглощать энергию звуковых волн, которая в узких каналах и порах материала вследствие внутреннего трения в звукопоглощающих материалах трансформируется в тепловую энергию.

Средства звукопоглощения в зависимости от конструкции подразделяются на:

- звукопоглощающие облицовки;
- объемные (штучные) поглотители звука.

Свойством поглощать звук обладают практически все строительные материалы. Однако звукопоглощающими принято называть такие материалы, у которых на средних частотах коэффициент звукопоглощения $\alpha > 0,2$.

Звукопоглощающие преграды делятся на четыре класса:

- волокнисто-пористые – войлок, вата, акустическая штукатурка, ультратонкое стеклянное и базальтовое волокна и др.;
- мембранные – поливинилхлоридные (ПВХ) и другие пленки, тонкие листы фанеры или металла на обрешетке;
- резонансные – специальные конструкции, основанные на акустических свойствах резонатора;
- комбинированные – устройства, использующие предыдущие материалы.

Выбор типа поглотителя, его толщины и конструктивного исполнения определяется в первую очередь интенсивностью и частотной характеристикой шума, технологическими и противопожарными требованиями.

Конструктивные методы защиты от воздействия шума и их расчеты приведены в СН 2.04.01-2020 «Защита от шума» и СП 2.04.03-2023 «Звукоизоляция и звукопоглощение конструкций зданий и сооружений».

В последние годы разработано и внедрено на практике много весьма эффективных *звукоизолирующих материалов*, специальных конструкций и *звукоизолирующих преград*. Широкое использование их для изоляции, локализации, снижения уровня шума должно быть одним из важных профилактических направлений.

Для снижения аэродинамического шума, возникающего при работе вентиляторов, дымососов, компрессоров, кондиционеров на воздуховодах, всасывающих трактах, магистралях выброса и перепуска воздуха устанавливают различные *глушители*, которые в зависимости от принципа действия подразделяются на: абсорбционные; реактивные (рефлексные); комбинированные.

Абсорбционные глушители представляют устройства, содержащие материал, поглощающий энергию аэродинамического шума.

Реактивные глушители устроены таким образом, что способны отражать входящую звуковую энергию обратно к источнику ее образования.

Особое значение для профилактики шума имеют *архитектурно-планировочные решения*. Снижение уровня шума в воздухе пропорционально квадрату расстояния от источника шума. Защита расстоянием от шума является весьма эффективной. Мощным естественным звукопоглотителем является лиственный лес. При частоте 800–1000 Гц уровень звукового давления в лесу на 1 м расстояния снижается на 0,15 дБ.

Архитектурно-планировочные методы защиты от шума включают в себя:

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

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

Все это рекомендуется использовать для борьбы с шумом. При этом наиболее шумные производственные объекты следует выносить за пределы предприятий и жилых массивов на необходимое расстояние и располагать их с учетом розы ветров, направления, распределения звуковых волн (шум слышится дальше и сильнее по направлению ветра), рационально использовать лесонасаждения и водоемы.

При проведении планировочных мероприятий учитывают расположение помещений и объектов относительно друг друга. Цехи с большим количеством шумящего оборудования должны быть сконцентрированы в глубине заводской территории или в одном месте, удалены от тихих помещений, ограждены зоной зеленых насаждений, частично поглощающих шум.

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;
- применение малошумных машин, изменение конструктивных элементов машин, их сборочных единиц;
- совершенствование технологии ремонта и обслуживания машин;
- использование рациональных режимов труда и отдыха работников на шумных предприятиях.

Если комплекс организационно-технических, архитектурно-планировочных и других мер не обеспечивает нормальных условий труда по шуму и вибрациям, используются различные *средства индивидуальной защиты* (противошумные вкладыши (беруши), наушники, шлемофоны и др.). Эффективность этих средств зависит от их конструкции, качества используемых материалов, силы прижатия, выполнения правил эксплуатации.

Противошумные вкладыши («Комфорт плюс», MAX-1, Laser life и др.) вставляют непосредственно в слуховой канал наружного уха. Их изготавливают из легкого каучука, эластичных пластмасс, резины, эбонита и ультратонкого волокна. Они позволяют снизить уровень звукового давления на 10–15 дБ.

В условиях повышенного шума рекомендуется применять наушники, которые обеспечивают надежную защиту органов слуха. Например, наушники ВЦНИОТ снижают уровень звукового давления на 7–38 дБ в диапазоне частот 125–8000 Гц. В настоящее время промышленностью выпускаются современные наушники типов Ария, Наутилус, Биг, Тракстон и др.

Шлемофоны рекомендуется применять для защиты от воздействия шума с общим уровнем 120 дБА и выше. Они герметично закрывают всю околоушную область и снижают уровень звукового давления на 30–40 дБ в диапазоне частот 125–8000 Гц.

2. Экспериментальная часть

2.1. Описание лабораторного стенда НТЦ–17.55.5

Установка состоит из испытательной камеры (камеры), разделенной на две части перегородкой с проемом (рис. 8.3). Камера внутри оборудована приспособлениями для установки и закрепления акустических преград в проеме, и имеет сменную внутреннюю обшивку. Стенки камеры отделаны звукоизоляционным материалом со всех сторон.

Внутри камеры устанавливается акустический излучатель (акустическая система (АС) типа SPS-700) и шумоизмерительное устройство (измерительный микрофон Behringer ECM8000). Измерительный микрофон подключается к компьютеру через внешний аудио-интерфейс «M-Audio MobilePre МК-II», который представлен на рис. 8.4.

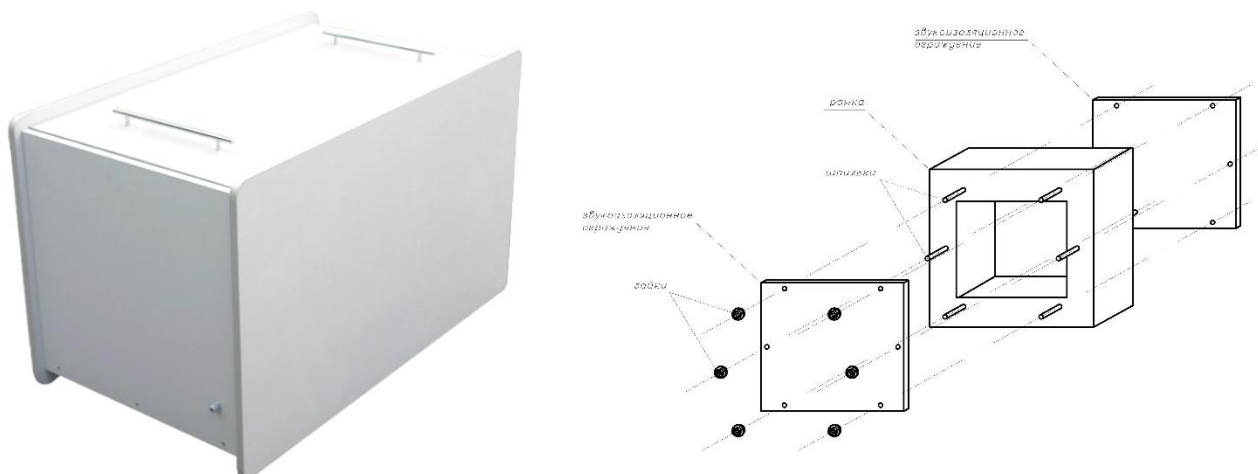


Рис. 8.3. Испытательная камера



Рис. 8.4. Аудиоинтерфейс M-Audio MobilePre

Подключение к ПК осуществляется через USB-порт. Схема присоединения всех устройств изображена на рис. 8.5.

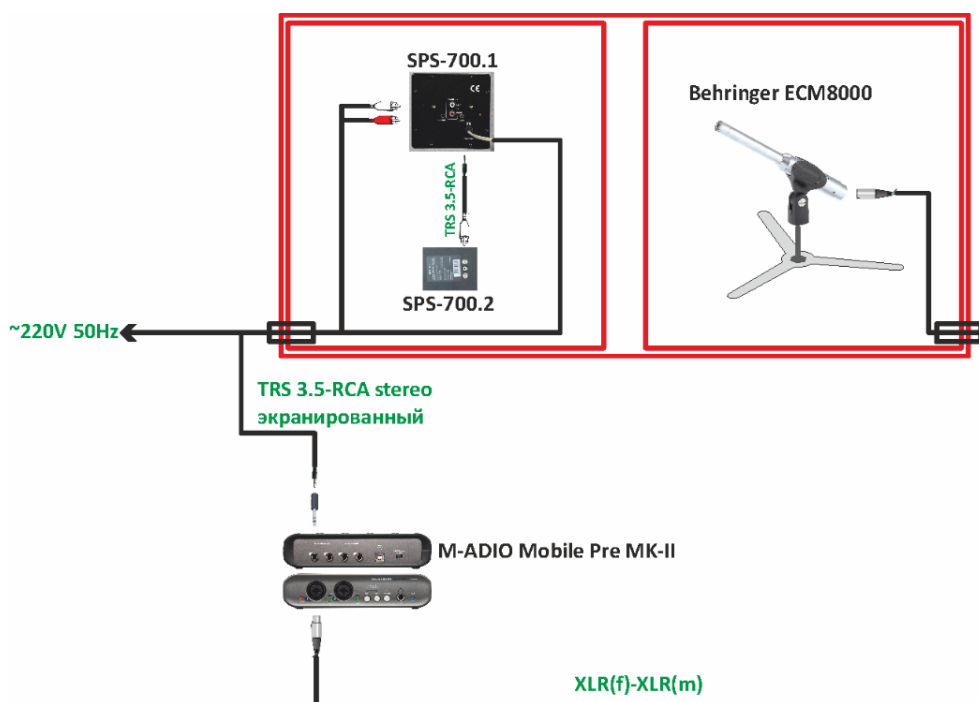


Рис. 8.5. Схема присоединения оборудования камеры

2.2. Порядок выполнения работы

2.2.1. Подготовка стенда к измерениям

1. Открыть испытательную камеру и проверить, что измерительный микрофон стоит устойчиво на горизонтальной площадке и направлен в сторону акустической системы, акустическая система направлена в сторону измерительного микрофона, в перегородке отсутствует экран.

2. В аудиointерфейсе «М-Audio MobilePre МК-II» включить тумблер «48V Phantom Power» в положение **ON**.

Ручки регуляторов усиления входных сигналов (микрофонные входы), уровня выходного сигнала наушников, уровня сигнала линейного выхода АС. установить в среднее положение.

Кнопки «Ch. 1» и «Ch. 2» должны быть отжаты.

3. Включить персональный компьютер.

4. Подготовить файл отчета для заполнения (см. табл. 8.5 результатов измерения).

Открыть «Мой компьютер», открыть файл «D:\Шаблон.xlsx».

Сохранить файл (Файл → Сохранить как...) по следующему пути:

D:\LR8\«Факультет»\«Группа»\«202Г.ММ.ДД_Фамилии студентов».xlsx

5. Запустить программу для измерений **SpectraLab**.

6. После запуска программы откройте окно спектрального анализа: **View -> Spectrum** (должна стоять «галочка») (см. рис. 8.6).

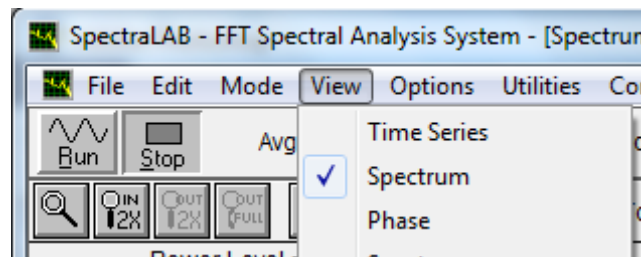


Рис. 8.6. Окно спектрального анализа

7. Зайти в меню настроек: **Options -> Scaling** и задайте требуемые настройки отображения в окне **Scaling Control** (Управление масштабированием), согласно рисунку 8.7.

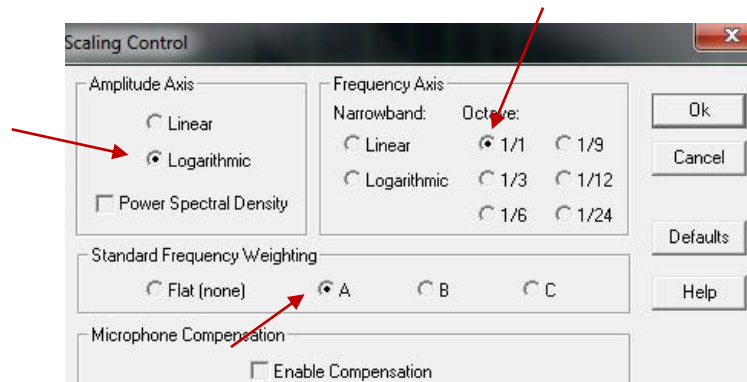


Рис. 8.7. Окно настройки управления масштабированием

8. Зайти в меню настроек обработки сигнала: **Options -> Settings** и задайте требуемые настройки в окне **Processing Settings** (Параметры обработки) согласно рисунку 8.8.

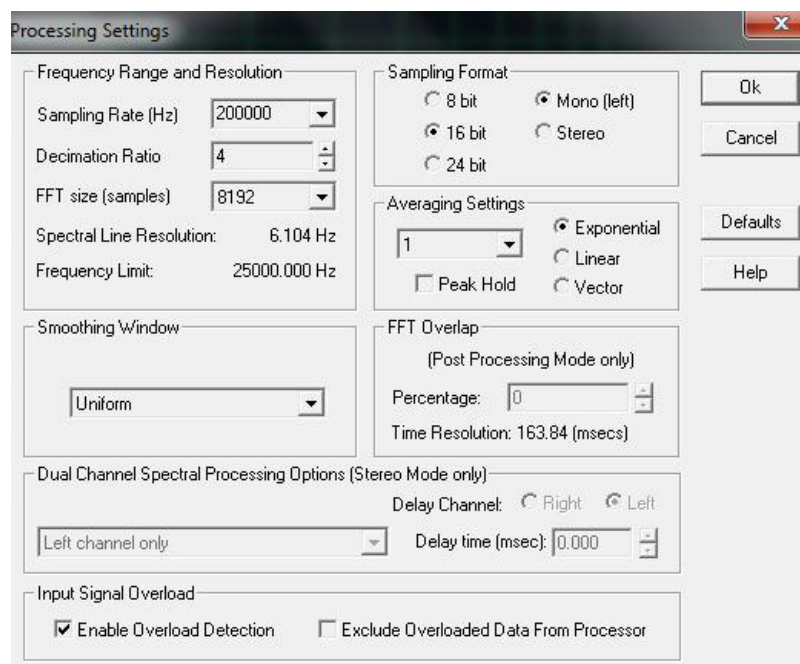
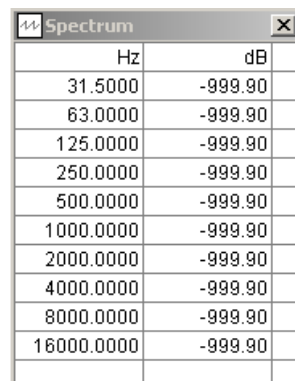


Рис. 8.8. Окно настройки параметров обработки

9. Для измерения уровней звукового давления на среднегеометрических частотах октавных полос вызовите окно «Spectrum» (рис.8.9). Для этого на черном поле спектроанализатора щелкните правой клавишей мыши и в появившемся меню выберете пункт «**view data values**».



Hz	dB
31.5000	-999.90
63.0000	-999.90
125.0000	-999.90
250.0000	-999.90
500.0000	-999.90
1000.0000	-999.90
2000.0000	-999.90
4000.0000	-999.90
8000.0000	-999.90
16000.0000	-999.90

Рис. 8.9. Окно индикатора уровней звукового давления

10. Для измерения уровня звука (дБА) вызовите индикатор «**Peak Amplitude**». Для этого зайти в меню выбора утилит: **Utilities -> Peak Amplitude** (должна стоять «галочка») (см. рис. 8.10).



Рис. 8.10. Окно индикатора уровня звука

11. Для настройки параметров воспроизведения шума зайти в меню выбора утилит: **Utilities -> Signal Generator** (должна стоять «галочка») выбрать из выпадающего списка тип генератора шума **согласно указаниям преподавателя**. Для вариантов 1-7 в окне **Tone settings** (см. рис. 8.11), настроить частоту выставив соответствующие значения частоты и установив соответствующие «галочки».

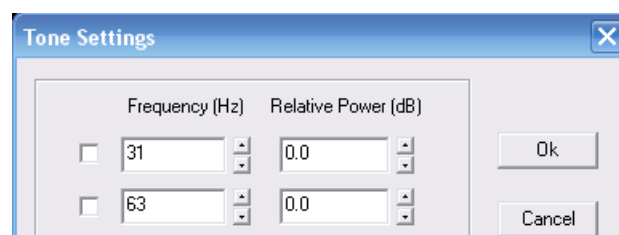


Рис. 8.11. Окно настройки генератора сигналов

Варианты настройки приведены в таблице 8.4.

Режимы работы генератора сигналов

Вариант	Тип генератора	Настройки частоты, Гц «Frequency»
1	Multiple Tones	50, 500
2	Multiple Tones	250, 500
3	Multiple Tones	1000, 3000
4	Multiple Tones	3000, 6000
5	Multiple Tones	6000, 8000
6	Multiple Tones	2000
7	Multiple Tones	6000
8	1 kHz tone	—
9	White noise	
10	Pink noise	

Примечание: В случае выбора режима «Multiple Tones» значения уровня сигнала «Relative Power (dB)» должны иметь значения «0,0».

2.2.2. Порядок проведения измерений

Задачей исследования является определение эффективности звукопоглощающего (звукоотражающего) экрана выполненных из различных материалов. Для этого необходимо провести измерения параметров шума без звукопоглощающего экрана в перегородке камеры и с его наличием.

1. Провести первое измерение без звукопоглощающего экрана.

Для этого необходимо открыть измерительную камеру и убедиться, что между акустической системой и микрофоном отсутствует экран (если экран есть, то его необходимо снять).

Запустить спектральный анализатор нажатием слева на панели инструментов клавишу «**Run**» (см. рис. 8.12), при этом одновременно запустится генератор сигналов.

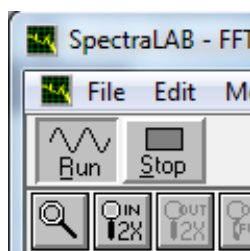


Рис. 8.12. Клавиши «Run» и «Stop» на панели инструментов

Спустя не менее 10 с после запуска спектрального анализатора нажать клавишу «**Stop**». В результате чего на экране остаётся спектрограмма на момент нажатия клавиши.

Результаты измерений заносятся в таблицу результатов измерения, таб. 8.5.

В файле отчета результаты записываются в поле «**Уровень шума без учета порога чувствительности микрофона**» (записываем значения с «минусом» и одним знаком после запятой), с п. 9, п. 10 в 2.2.1.

Таблица 8.5

Эффективность звукопоглощающих экранов

Показатели		Уровень звукового давления, дБ, на среднегеометрических частотах октавных полос, Гц								Уро- вень звука, дБА
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Нормативные значения										
Уровень шума без учета порога чувствительности микрофона	Без экрана									
	ПВХ									
	Текстолит									
	Поликарбонат									
Фактический уровень шума	Без экрана									
	ПВХ									
	Текстолит									
	Поликарбонат									
Превышение нормативных значений	Без экрана									
	ПВХ									
	Текстолит									
	Поликарбонат									
Уровень защиты экрана	ПВХ									
	Текстолит									
	Поликарбонат									
Коэффициент звуко- поглощения	ПВХ									
	Текстолит									
	Поликарбонат									

2. Провести измерение с звукопоглощающими экранами.

Для этого необходимо открыть измерительную камеру и установить в проеме камеры звукопоглощающий экран «ПВХ» слева на шпильки и зажать барашковыми гайками через шайбы (см. рис. 8.3).

Запустить спектральный анализатор нажатием слева на панели инструментов клавишу «**Run**» (см. рис. 8.12) и спустя не менее 10 с после запуска спектрального анализатора нажать клавишу «**Stop**». Занести результаты измерения в таблицу.

Затем в измерительной камере снять экран «ПВХ» и установить следующий экран. Повторить измерения и сохранения результатов с другими экранами «Текстолит» и «Поликарбонат».

3. Обработка результатов.

Нормативные значения шума взять из табл. 8.3.

Фактическую величину уровня звукового давления в каждой из октавных полос рассчитать по формуле

$$L_1 = - (L_0 - L), \quad (8.7)$$

где L_0 – порог чувствительности измерительного микрофона, дБ (–140 дБ); L – измеренный уровень звука, дБ.

Для определения *превышения нормативных значений* (ΔL) необходимо из фактического уровня шума L_1 вычесть нормативные значения $L_{\text{норм}}$. Если получается отрицательное число, то это значит, что превышения нет (в соответствующей графе таблицы ставится «–»).

$$\Delta L = L_1 - L_{\text{норм}}, \quad (8.8)$$

Для определения *уровня защиты звукопоглощающего экрана* (L_3) необходимо из фактического уровня шума без экрана вычесть уровень шума с экраном.

$$L_3 = L_{\text{без экр.}} - L_{\text{экр.}} \quad (8.9)$$

Коэффициент звукопоглощения экрана (α) определяется по формуле:

$$\alpha = (10^{L_2/10}) / (10^{L_1/10}). \quad (8.10)$$

После заполнения таблицы построить графики нормативного и фактического уровней звукового давления шума по примеру рис. 8.13.

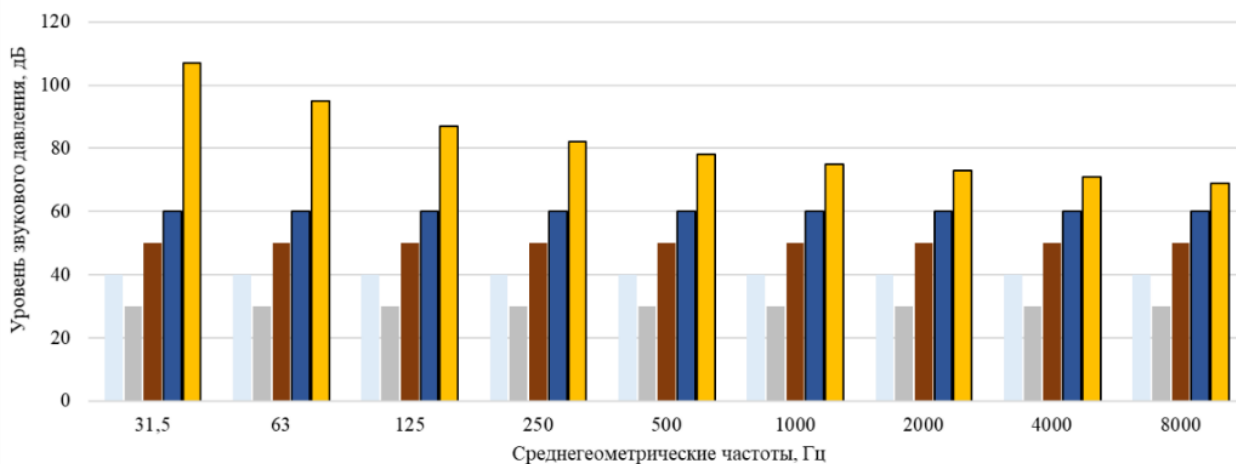


Рис. 8.13. Уровни звукового давления шума

По полученным данным сделать вывод об эффективности экранов, применяемых для снижения шума. Указать позволяют ли звукопоглощающие экраны снизить параметры шума до нормативных значений и какой из исследуемых экранов обладает лучшими звукопоглощающими характеристиками.

Контрольные вопросы

1. Что такое шум и как он подразделяется?
2. Назовите основные физические характеристики звука, дайте их определения.
3. Измеряемые величины звука и их пороговые значения.
4. Как определить суммарный уровень звукового давления от нескольких источников?
5. Дайте классификацию шумов.
6. Какую физиологическую характеристику шума Вы знаете?

7. Как воздействует шум на организм человека? Какие профессиональные заболевания он вызывает?

8. Как осуществляется нормирование и контроль шума на производстве? Назовите нормируемые параметры и нормативный правовой акт, содержащий требования к шуму.

9. Назовите способы и средства защиты от шума на производстве.

Литература

1. Гигиенический норматив «Показатели безопасности и безвредности шумового воздействия на человека»: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 25 янв. 2021 г., № 37. – Введ. 06.06.2021. / Нац. правовой интернет-портал Респ. Беларусь. – URL: <https://pravo.by/document/?guid=3961&p0=C22100037> (дата обращения: 01.08.2026).

2. Специфические санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда работающих: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 1 фев. 2020 г., № 66. – Введ. 05.02.2020. / Нац. правовой интернет-портал Респ. Беларусь. – URL: <https://www.pravo.by/document/?guid=3961&p0=C22000066> (дата обращения: 27.08.2026).

3. Защита от шума = Ахова ад шуму: СН 2.04.01-2020. – Введ. 04.01.2021. – Минск: М-во архитектуры и строительства Респ. Беларусь, 2020. – 52 с.

4. Звукоизоляция и звукопоглощение конструкций зданий и сооружений = Гукаізаляцыя і гукапаглынне канструкцый будынкаў і збудаванняў: СП 2.04.03-2023. – Введ. 29.06.2023. – Минск: М-во архитектуры и строительства Респ. Беларусь, 2023. – 93 с.

5. Система стандартов безопасности труда. Средства и методы защиты от шума: ГОСТ 12.1.029-80; введ. 01.07.81. – М.: Гос. комитет по стандартам, 1982. – 6 с.

6. Система стандартов безопасности труда. Методы измерения шума на рабочих местах: ГОСТ 12.1.050-86; введ. 01.01.87. – М.: Гос. комитет по стандартам, 1986. – 50 с.

7. Гармаза, А. К. Охрана труда: учебник для студентов по специальностям «Лесное хозяйство», «Садово-парковое строительство», «Туризм и природопользование», «Лесоинженерное дело», «Машины и оборудование лесного комплекса», «Технология деревообрабатывающих производств»: в 2 ч. / А. К. Гармаза, И. Т. Ермак, Б. Р. Ладик; Белорус. гос. технол. ун-т. – Минск : БГТУ, 2018. Ч. 1 – 299 с.; Ч. 2 – 170 с.