

Лабораторная работа № 8

ИССЛЕДОВАНИЕ УРОВНЕЙ ШУМА И ЗВУКОИЗОЛИРУЮЩИХ СВОЙСТВ ОГРАЖДЕНИЙ

Цель работы: ознакомиться с общими понятиями о шуме и его воздействии 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

В качестве звука мы воспринимаем упругие колебания среды – газа, жидкости и твердого тела, распространяющиеся волнообразно в воздухе. 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, представляют собой **шум**. 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 не зажатый 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.

Характер шума зависит от вида источника. Шум можно подразделить:

а) на **механический**, возникающий в результате движения отдельных деталей и узлов машины (особенно значительный при неисправности механизмов или механизмов с неуравновешенными массами и т. д.), например, работающие металлообрабатывающие станки;

б) **ударный**, возникающий при некоторых технологических процессах: ковке, штамповке, клепке;

в) **аэро (гидро) динамический**, возникающий при больших скоростях движения газов, паров, жидкости, например шум газовых струй реактивных двигателей, шум, возникающий при всасывании воздуха компрессорными установками, 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 называется переменная составляющая давления воздуха или газа, возникающая в результате звуковых колебаний.

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.

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**.

Ухо человека реагирует не на абсолютное, а на относительное изменение интенсивности звука. При этом ощущения человека пропорциональны логарифму количества энергии шума.

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):

$$L = 20 \cdot \lg \frac{P}{P_0}, \text{ дБ}, \quad (8.1)$$

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

$$L = 10 \cdot \lg \frac{I}{I_0}, \text{ дБ}, \quad (8.2)$$

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).

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

$$L = L_i + 10 \cdot \lg n, \quad (8.3)$$

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.

Суммарный уровень звукового давления нескольких различных источников

звука определяется по формуле

$$L = 10 \cdot \lg(10^{0,1L_1} + 10^{0,1L_2} + \dots + 10^{0,1L_n}), \quad (8.4)$$

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

Слуховой аппарат человека обладает неодинаковой чувствительностью к звукам различной частоты: наибольшей чувствительностью на средних и высоких частотах (800...4000 Гц) и наименьшей – на низких (20...100 Гц). Одинаковые по интенсивности, но разные по частоте звуки воспринимаются как звуки разной громкости. Поэтому для физиологической оценки шума используются кривые равной громкости, позволяющие судить о том, какой звук субъективно сильнее или слабее, и вводится понятие **уровня громкости звука**. Каждая кривая представляет собой геометрическое место точек, координаты которых – частота и интенсивность звука – обеспечивают одинаковую слышимость (рис. 8.1).

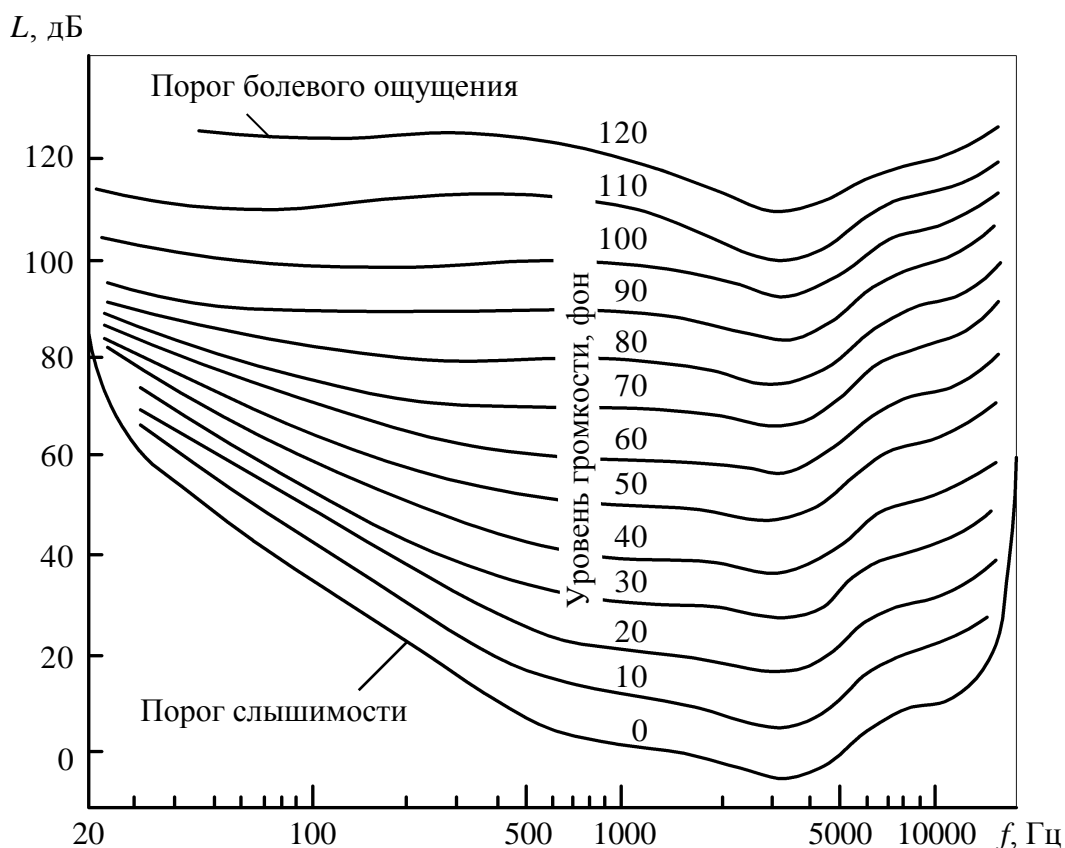


Рис. 8.1. Кривые равной громкости

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.

При измерении шума для того, чтобы приблизить результаты объективных измерений к субъективному восприятию, используют **корректированный уровень звукового давления** (уровень интенсивности). Коррекция заключается в том, что вводятся зависящие от частоты звука поправки к уровню соответ-

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

$$L = 20 \cdot \lg \frac{P_A}{P_0}, \quad (8.5)$$

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 ($\frac{f_2}{f_1} = 2$) и третьоктавные ($\frac{f_2}{f_1} = \sqrt[3]{2}$) 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 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 из них. Графическое изображение состава шума называется **спектром** и является его важнейшей характеристикой. Спектр шума показывает распределение колебательной энергии по звуковому диапазону частот.

Шумы классифицируются в соответствии с Санитарными нормами, правилами и гигиеническими нормативами «Шум на рабочих местах, в транспортных средствах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки».

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 дискретные (тональные) составляющие.

Тональный характер шума для практических целей устанавливается изменением 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, уровень звука которого за 8-часовой рабочий день (рабочую смену) или за время измерения в помещениях жилых и общественных зданий, на территории жилой застройки изменяется не более чем на 5 дБА при измерениях на стандартизованной временной характеристике измерительного прибора «медленно».

Непостоянный шум – шум, уровень звука которого за 8-часовой рабочий день (рабочую смену) или за время измерения в помещениях жилых и общественных зданий, на территории жилой застройки изменяется более чем на 5 дБА при измерениях на стандартизованной временной характеристике измерительного прибора «медленно».

Непостоянный шум подразделяют на колеблющийся, прерывистый и импульсный.

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

Прерывистый шум – шум, уровень звука которого изменяется во времени ступенчато (на 5 дБА и более), причем длительность интервалов, в течение которых уровень остается постоянным, составляет 1 с и более.

Импульсный шум – шум, состоящий из одного или нескольких звуковых сигналов каждый длительностью менее 1 с, при этом уровни звука, измеряемые на стандартизованных временных характеристиках шумомера «импульс» и «медленно», отличаются на 7 дБА и более.

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 завода.

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. Функциональные нарушения нервной системы развивают-

ся 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 **Санитарными нормами, правилами и гигиеническими нормативами «Шум на рабочих местах, в транспортных средствах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки»**, утвержденными постановлением министерства здравоохранения Республики Беларусь от 16 ноября 2011 г. № 115.

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

- уровни звукового давления (дБ) в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 Гц, определяемые по формуле (8.1);
 - уровни звука (дБА), определяемые по формуле (8.5).
- Оценка постоянного шума на соответствие предельно допустимым уровням

должна проводиться как по уровням звукового давления, так и по уровню звука. Превышение хотя бы одного из указанных показателей должно квалифицироваться как несоответствие санитарным правилам.

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

Нормируемыми параметрами непостоянного шума являются:

- эквивалентный по энергии уровень звука (дБА), определяемый по формуле (8.9);
- максимальный уровень звука (дБА).

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

$$L_{\text{АЭКВ}} = 10 \cdot \lg \left\{ T^{-1} \int_0^T \left[\frac{P_{\text{А}}(t)}{P_0} \right]^2 dt \right\}, \quad (8.6)$$

где $L_{\text{АЭКВ}}$ – эквивалентный по энергии уровень звука непостоянного шума, дБА; T – заданный интервал времени, с; $P_{\text{А}}(t)$ – текущее значение среднего квадратического звукового давления с учетом коррекции «А», Па; $P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ – исходное значение звукового давления в воздухе, Па.

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

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

Предельно допустимые уровни звукового давления в октавных полосах частот и уровни звука постоянного шума, а также эквивалентные уровни звука для основных наиболее типичных видов трудовой деятельности и рабочих мест с учетом условий тяжести и напряженности труда представлены в табл. 8.3. Для тонального и импульсного шума предельно допустимые уровни должны приниматься на 5 дБ (дБА) меньше значений, указанных в табл. 8.3. Для шума, создаваемого в помещениях установками кондиционирования воздуха, вентиляции и воздушного отопления, предельно допустимые уровни принимаются на 5 дБ (дБА) меньше значений, указанных в табл. 8.3 (поправка для тонального и импульсного шума при этом не учитывается).

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

Для импульсного шума с уровнем 110 дБА и более следует дополнительно проводить измерения шума в режиме «пик» шумомера.

Таблица 8.3

Предельно допустимые уровни звукового давления в октавных полосах частот и уровни звука постоянного шума, а также эквивалентные уровни звука непостоянного шума для основных наиболее типичных видов трудовой деятельности и рабочих мест с учетом тяжести и напряженности труда

Вид трудовой деятельности, рабочее место	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1. Творческая деятельность, руководящая работа с повышенными требованиями, научная деятельность, конструирование и проектирование, программирование, обучение и воспитание, медицинская деятельность. Рабочие места 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; рабочие места в помещениях цехового управленческого аппарата, в рабочих комнатах конторских помещений, в лабораториях	93	79	70	63	58	55	52	50	49	60
3. Работа, выполняемая с часто получаемыми указаниями и акустическими сигналами, работа, требующая постоянного слухового контроля; операторская работа по точному графику с инструкцией, диспетчерская работа. Рабочие места в помещениях диспетчерской	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
службы, кабинетах и помещениях наблюдения и дистанционного управления с речевой связью по телефону; машинописных бюро, на участках точной сборки, на телефонных и телеграфных станциях, в помещениях мастеров, в залах обработки информации на вычислительных машинах										
4. Работа, требующая сосредоточенности; работа с повышенными требованиями к процессам наблюдения и дистанционного управления производственными циклами. Рабочие места за пультами в кабинах наблюдения и дистанционного управления, без речевой связи по телефону, в помещениях лабораторий с шумным оборудованием, в помещениях для размещения шумных агрегатов вычислительных машин	103	91	83	77	73	70	68	66	64	75
5. Выполнение всех видов работ на постоянных рабочих местах в производственных помещениях и на территории предприятий (за исключением работ, перечисленных в пунктах 1–4 настоящей таблицы)	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80
6. Рабочие места водителей и обслуживающего персонала грузовых автомобилей	103	91	83	77	73	70	68	66	64	75
7. Рабочие места водителей и обслуживающего персонала тракторов, самоходных шасси, прицепных и навесных сельскохозяйственных машин, строительного дорожных и других аналогичных машин	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Запрещается даже кратковременное пребывание в зонах с уровнем звука или уровнем звукового давления в любой октавной полосе свыше 135 дБА (дБ).

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, допустимых по санитарным нормам.

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_I, – 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.

Контроль нормируемых параметров шума на рабочих местах должен производиться не реже одного раза в год.

1.4. Защита от шума

Мероприятия по борьбе с шумом делятся на технические, архитектурно-планировочные, организационные и медико-профилактические.

Во всех случаях наибольшая эффективность достигается при уменьшении интенсивности шума в источнике его возникновения. Также можно снизить шум на пути его распространения от источника к рабочим местам или непо-

средственно защитить самих работающих. Рассмотрим подробнее технические способы защиты.

Снижение шума в источнике его возникновения. Снизить шум можно путем выбора специальной конструкции совершенного, бесшумного оборудования и инструмента, использования соответствующих материалов, высокого качества изготовления деталей, их правильного монтажа и эксплуатации.

Снижение шума на пути его распространения. Снижение шума реализуется применением: кожухов, экранов, кабин наблюдения (дистанционное управление), звукоизолирующих перегородок между помещениями, звукопоглощающих облицовок, глушителей шума.

При применении *звукоизоляции* большая часть звуковой энергии отражается от преграды, часть энергии поглощается самой преградой и лишь незначительная ее часть проникает за ограждение. В качестве звукоизолирующих преград используются акустические экраны, кожухи, кабины. Значительный эффект снижения шума оборудования дает применение акустических экранов, отгораживающих источник шума от рабочего места. *Звукоизолирующие кожухи* из листового металла с внутренней облицовкой звукопоглощающим материалом могут снижать шум на 20–30 дБ. В качестве материала для изготовления обшивки кожуха могут быть использованы сталь, алюминиевые сплавы, фанера, ДСтП, стеклопластик. Звукоизолирующая способность кожуха определяется физическими параметрами материалов и конструктивными размерами его элементов.

Звукозащитные кабины устанавливаются на автоматизированных линиях у постов управления там, где возможно на длительный срок изолировать человека от источника шума. Изготавливают кабины из стали, из ДСтП и т. д. Окна с двойными стеклами по всему периметру заделываются резиновой прокладкой, двери выполняются двойными с резиновыми прокладками по периметру.

Звукопоглощение заключается в использовании шумопоглощающих конструкций или материалов, которыми облицовывают потолки и стены помещений. Процесс поглощения звука в материале происходит за счет перехода звуковой энергии в тепловую в результате вязкого трения воздуха в порах материала. Звукопоглощающие материалы по своей структуре являются пористыми (пенопласт, поролон, технический войлок, минеральная вата, керамзит, гипсовые плиты и др.). Применение звукопоглощающих облицовок для отделки потолка и стен шумных помещений приводит к изменению спектра шума в сторону более низких частот, что даже при относительно небольшом снижении уровня существенно улучшает условия труда (величина снижения уровня шума в зоне отраженного звука достигает 8–10 дБ в области низких и 10–12 дБ в области высоких частот).

Глушители шума – эффективные средства борьбы с шумом, возникающим при заборе воздуха и выбросе отработанных газов в вентиляторах, воздуховодах, пневмоинструменте, газотурбинных, дизельных, компрессорных установках. По принципу действия глушители шума делятся на глушители активного (диссипативного) типа и реактивного (отражающего) типа. В глушителях активного типа снижение шума происходит за счет превращения звуковой энер-

гии в тепловую в звукопоглощающем материале, размещенном во внутренних полостях. В глушителях реактивного типа шум снижается за счет отражения энергии звуковых волн в системе расширительных и резонансных камер, соединенных между собой и с объемом воздуховода с помощью труб, щелей и отверстий. Шум снижается за счет отражения энергии звуковых волн. Глушители, в которых существенно и поглощение, и отражение, называют комбинированными.

Средства индивидуальной защиты в зависимости от конструктивного исполнения делятся на наушники, вкладыши, шлемы и каски, костюмы. Наушники закрывают ушную раковину снаружи. Вкладыши перекрывают наружный слуховой проход или прилегают к нему. Шлемы и каски закрывают часть головы и ушную раковину. Противошумные костюмы закрывают тело человека и голову (или ее часть).

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. 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.

Важнейшее значение для борьбы с шумом имеет проведение предварительных и периодических медицинских осмотров.

2. Экспериментальная часть

2.1. Описание лабораторного стенда НТЦ–17.55.5

Установка состоит из испытательной камеры (камеры), разделенной на две части проемом (рис. 8.2). 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 (излучатель шума) с встроенным усилителем мощности 2x20 Вт, и шумоизмерительное устройство (измерительный микрофон). Измерительный микрофон подключается к компьютеру через аудиоинтерфейс.

Измерительный микрофон Behringer ECM8000 может использоваться вне камеры и позволяет производить замеры уровня шума в помещении и на территории.

В качестве акустического излучателя применяется акустическая система (АС) типа SPS-700.



Рис. 8.2. Испытательная камера

Аудиоинтерфейс M-Audio MobilePre представлен на рис. 8.3. Подключение к ПК осуществляется через USB-порт.



Рис. 8.3. Аудиоинтерфейс M-Audio MobilePre

Схема присоединения всех устройств изображена на рис. 8.4.

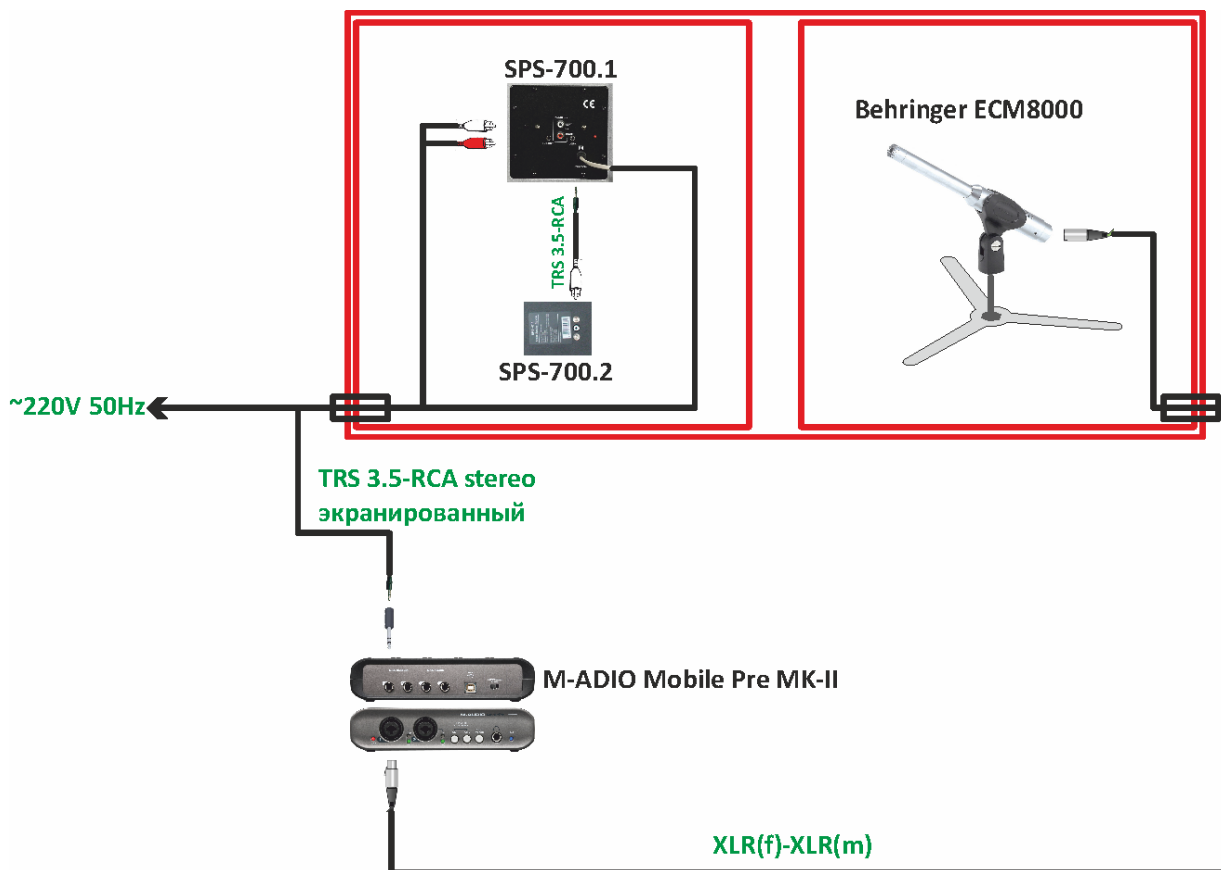


Рис. 8.4. Схема присоединения оборудования камеры

2.2. Порядок выполнения работы

2.2.1. Подготовка стенда к измерениям

Включить ПК и запустить программу для аудио измерений **SpectraLab**. После запуска программы откройте окно спектрального анализа: **View -> Spectrum** (должна стоять «галочка») (см. рис. 8.5).

Зайти в меню настроек обработки сигнала: **Options -> Settings** и задайте требуемые настройки в окне **Processing Settings** (Параметры обработки) (см. рис. 8.6).

Зайти в меню настроек: **Options -> Scaling** и задайте требуемые настройки отображения в окне **Scaling Control** (Управление масштабированием), кривая взвешивания по умолчанию A (см. рис. 8.7).

Открыть испытательную камеру и разместить измерительный микрофон устойчиво на горизонтальной площадке. Направить его в сторону источника звука.

Для измерения уровня звука вызовите индикатор максимальной амплитуды. Для этого зайти в меню выбора утилит: **Utilities -> Peak Amplitude** (должна стоять «галочка») (см. рис. 8.8).

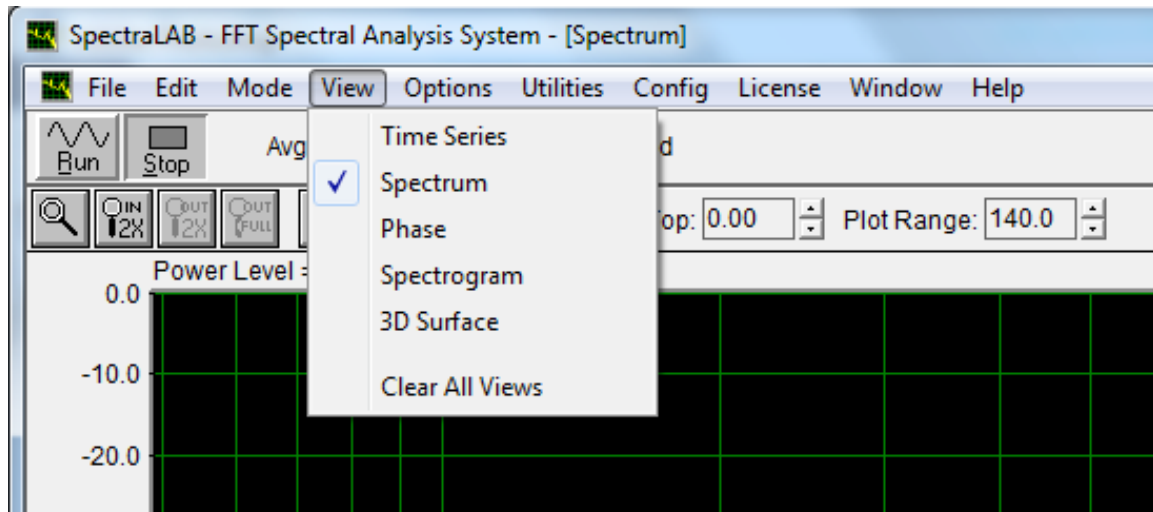


Рис. 8.5. Окно спектрального анализа

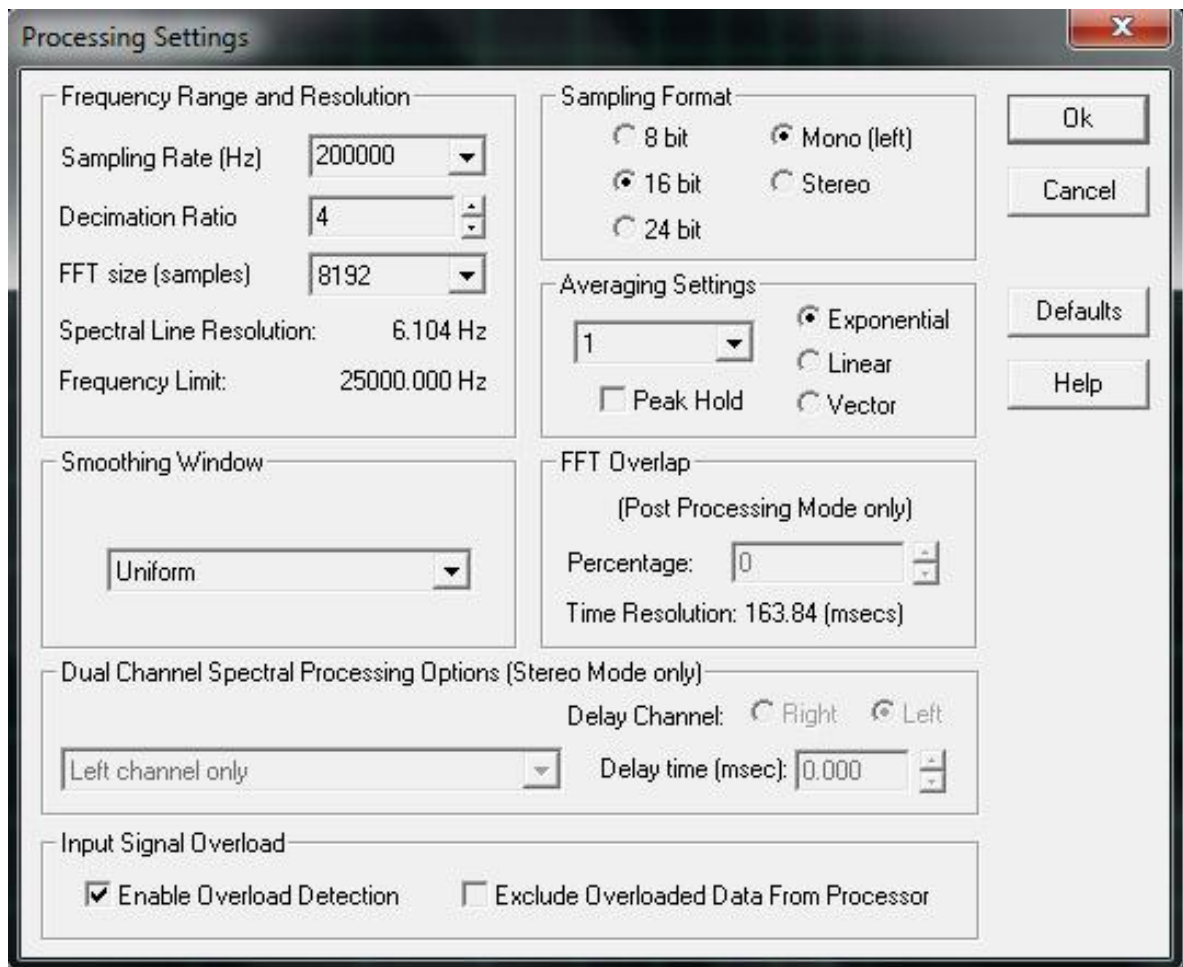


Рис. 8.6. Окно настройки параметров обработки

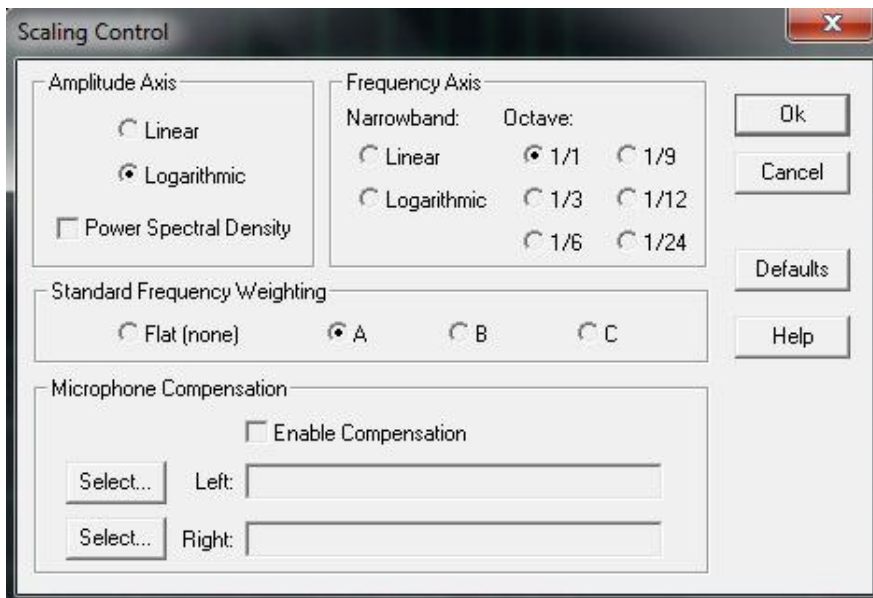


Рис. 8.7. Окно настройки управления масштабированием

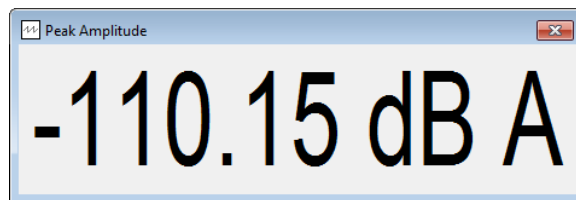


Рис. 8.8. Окно индикатора уровня звука

Для настройки параметров воспроизведения шума зайти в меню выбора утилит: **Utilities -> Signal Generator** (должна стоять «галочка») выбрать из выпадающего списка тип генератора **Multiple Tones** и, в открывшемся окне (см. рис. 8.9), **согласно указаниям преподавателя** настроить частоту, амплитуду сигнала.

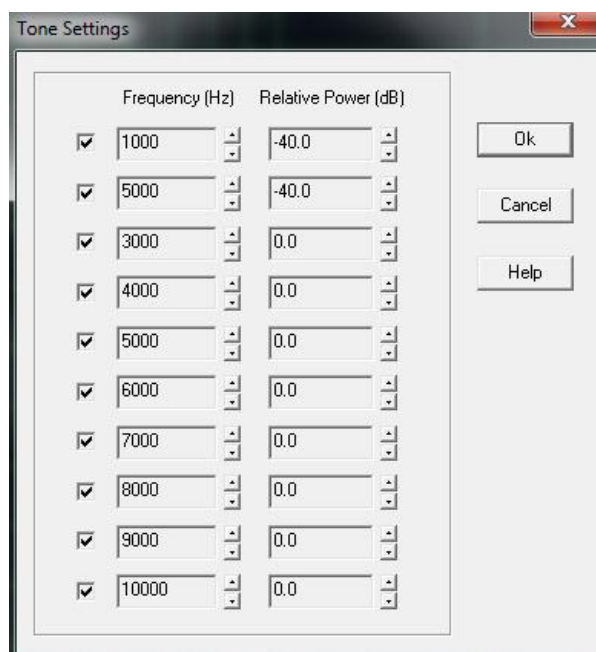


Рис. 8.9. Окно настройки генератора сигналов

2.2.2. Порядок проведения измерений

Задачей исследований является определение эффективности звукопоглощающих (звукоизолирующих) экранов выполненных из различных материалов. Для этого необходимо провести измерения параметров шума без экранов и с ними.

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. 8.10), при этом одновременно запустится генератор сигналов.

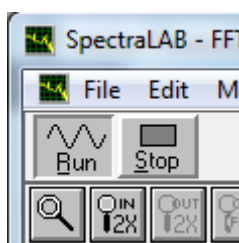


Рис. 8.10. Клавиши «Run» и «Stop» на панели инструментов

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

Зафиксировать результаты измерения, возможно с помощью меню «**Overlays**» (Наложение спектров), которое позволяет фиксировать несколько спектров на одном графике для последующего сравнения результатов измерений. Соответствующие элементы управления расположены на правой стороне окна «**Spectrum**» (см. рис. 8.11).

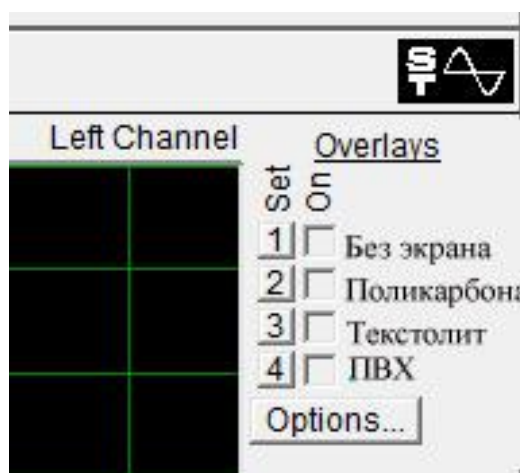


Рис. 8.11. Меню «Overlays» (Наложение спектров)

В вертикальном ряду кнопок «**Set**» нажать кнопку «**1**» (не квадрат!), кото-

рая позволяет получить «фотографию» текущего спектра звукового давления. Рядом с кнопками «Set» справа есть «флажки», которые позволяют показывать или скрывать «фотографии» спектра.

Сохранить результаты измерения в текстовом формате. Для этого в меню «Overlays» нажать кнопку «Options» (см. рис. 8.11), и в появившемся окне (см. рис. 8.12), в соответствующей строке (в зависимости от наличия или отсутствия установленного экрана) нажать кнопку «Save». Результаты измерения сохраняются в файл с расширением *.ovl. Имя файла – «Без экрана» («Экран 1», «Экран 2», «Экран 3», в зависимости от установленного экрана).

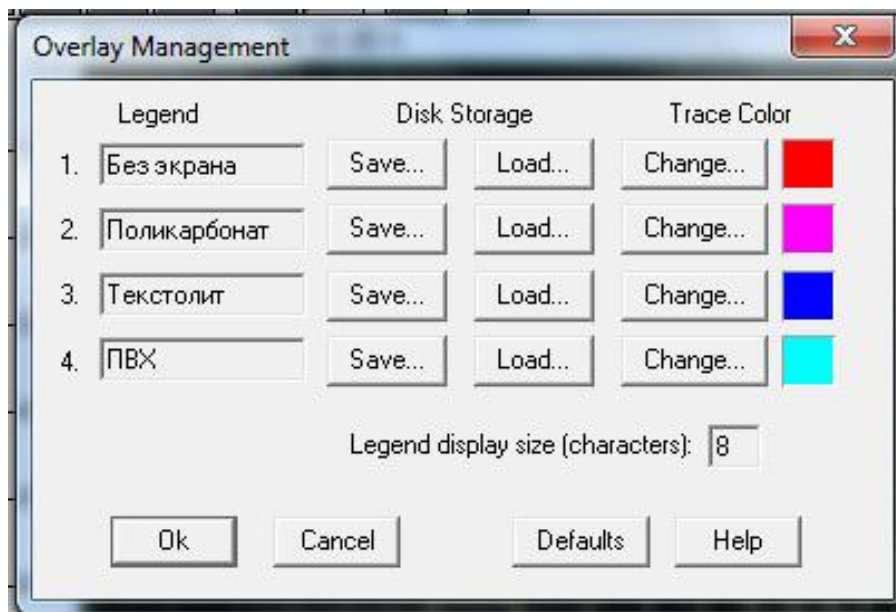


Рис. 8.12. Окно «Overlay Management»

Файлы сохранять по следующему пути:

D:\LR8\Факультет\Группа\”Фамилии студентов из вашего звена”

Просмотреть полученные результаты возможно с помощью текстового редактора Блокнот. Открыть сохраненный файл и в отдельной строке добавить значение уровня звука, сняв показание с индикатора «Peak Amplitude» (см. рис. 8.8).

2. Провести измерение с звукопоглощающими экранами.

Для этого необходимо открыть измерительную камеру и установить в проеме камеры звукопоглощающий экран (поликарбонат) справа на шпильки и зажать шайбами с барашками (см. рис. 8.13).

Запустить спектральный анализатор нажатием слева на панели инструментов клавишу «Run» (см. рис. 8.10) и спустя не менее 10 с после запуска спектрального анализатора нажать клавишу «Stop».

Сохранить результаты измерения в текстовом формате. Для этого в меню «Overlays» нажать кнопку «Options» (см. рис. 8.11), и в появившемся окне (см. рис. 8.12), в соответствующей строке (в зависимости от экрана – в данном случае «Поликарбонат») нажать кнопку «Save».

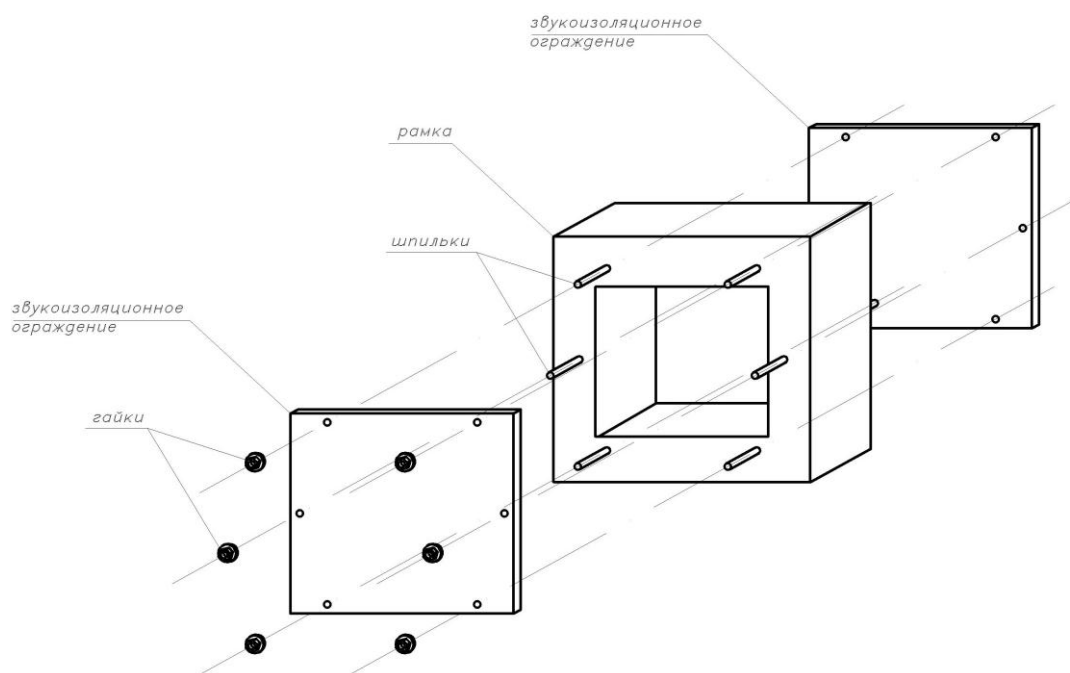


Рис. 8.13. Установка ограждений в проем

Файлы сохранять по тому же пути, что и «Без экрана».

Открыть сохраненный файл и в отдельной строке добавить значение уровня звука, сняв показание с индикатора «**Peak Amplitude**» (см. рис. 8.8).

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

3. Обработка результатов.

Результаты измерений уровней звукового давления и звука заносятся в таблицу 8.4.

Нормативные значения выписываются из табл. 8.3.

Из сохраненных файлов заполняем «Уровень шума без учета порога чувствительности измерительного микрофона» (записываем значения с «минусом» и одним знаком после запятой).

Определить фактическую величину уровня звукового давления в каждой из октавных полос 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 необходимо из фактического уровня шума вычесть нормативные значения. Если получается отрицательное число, то это значит, что превышения нет (в соответствующей графе таблицы ставится «←»).

Эффективность звукопоглощающего экрана

Показатели		Уровень звукового давления, дБ, на среднегеометрических частотах октавных полос, Гц								Уровень звука, дБА
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	
Нормативные значения										
Уровень шума без учета порога чувствительности измерительного микрофона	без экрана									
	поликарбонат									
	текстолит									
	ПВХ									
Фактический уровень шума	без экрана									
	поликарбонат									
	текстолит									
	ПВХ									
Превышение нормативных значений	без экрана									
	поликарбонат									
	текстолит									
	ПВХ									

Построить графики нормативного и фактического уровней звукового давления шума по примеру рис. 8.14.

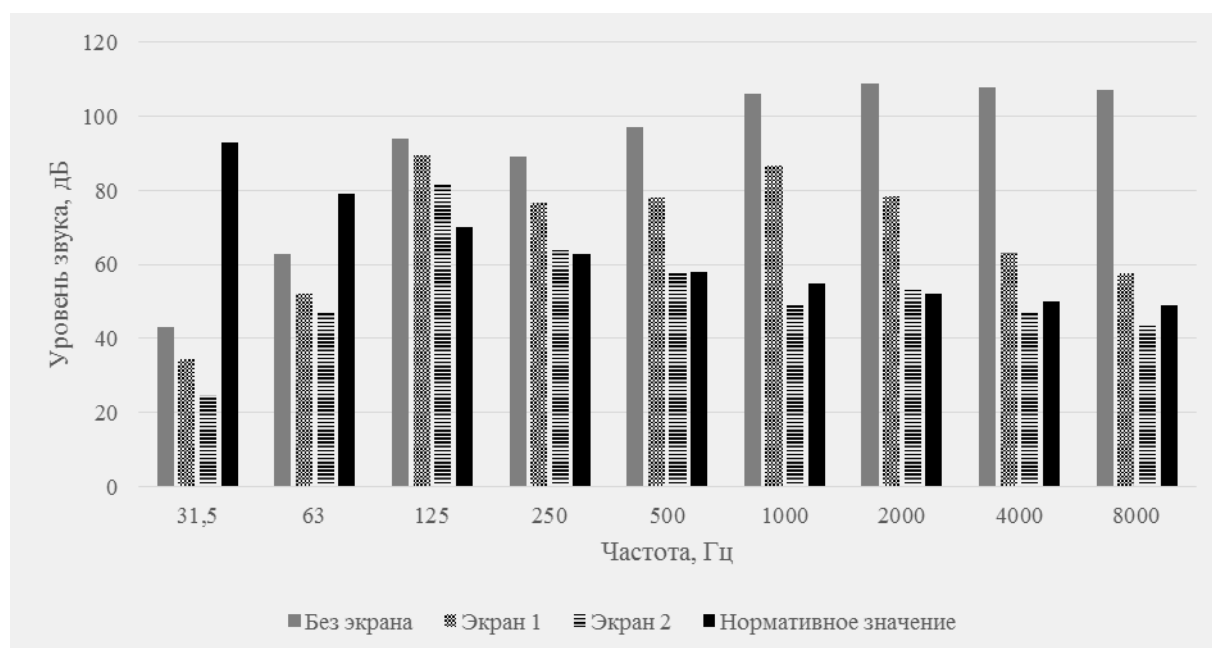


Рис. 8.15. Уровни звукового давления шума

По полученным данным сделать вывод об эффективности экранов, применяемых для снижения шума.

Обработку результатов можно также проводить, используя файл MS Excel (D:\LR 8\Расчет уровня звука.xls). Для этого скопировать данный файл в папку с сохраненными ранее результатами измерений. Значения из файлов «Без экрана.ovl» «С экраном 1» и пр. перенести в соответствующие строки таблицы файла «Расчет уровня звука.xls».

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 в соответствии с Санитарными нормами, правилами и гигиеническими нормативами «Шум на рабочих местах, в транспортных средствах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки».
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. Санитарные нормы, правила и гигиенические нормативы «Шум на рабочих местах, в транспортных средствах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки»: постановление Министерства здравоохранения Республики Беларусь, 16 ноября 2011 г., № 115 // Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь, 2011 г., № 143, 8/24521.
2. Гармаза, А. К. Охрана труда: учеб. пособие для студентов высших учебных заведений по специальностям лесного профиля / А. К. Гармаза, И. Т. Ермак, Б. Р. Ладик. – Минск: БГТУ, 2010. – 366 с.
3. Гармаза, А.К. Охрана труда: учебник для студентов учреждений высшего образования 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. – Минск: БГТУ, 2018. – Ч. 1. – 299 с. – Ч. 2. – 170 с.