

5. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА «ОЦЕНКА ШУМОВОЙ ОБСТАНОВКИ НА РАБОЧИХ МЕСТАХ»

5.1. Цель работы

Ознакомление с основными сведениями о производственном шуме и воздействии его на организм человека. Изучение принципов гигиенического нормирования производственного шума. Освоение методов и способов измерения производственного шума и измерительной аппаратуры. Приобретение навыков санитарно-гигиенической оценки шумовой обстановки в производственных помещениях и на рабочих местах и разработки мероприятий по улучшению условий труда.

5.2. Общие сведения

Шумом называют различные звуки, мешающие нормальной деятельности человека и вызывающие неприятные ощущения.

Звук или шум возникает при механических колебаниях в твердых, жидких и газообразных средах.

При воздействии шума на человека повышается кровяное давление, учащается пульс и дыхание, ухудшается зрение, а длительное воздействие шума может привести к потере слуха. Комплекс изменений, возникающих в организме под влиянием шума рассматривается как шумовая болезнь. При высоком уровне шума создается опасность несчастных случаев на производстве из-за неразличимости слуховых сигналов и непонимания устной речи.

5.2.1. Параметры шума

Звук представляет собой колебательное движение упругой среды, воспринимаемое нашим органом слуха. За единицу частоты колебательного движения принят Герц (Гц), равный одному колебанию в секунду. Человек способен различать звуки в диапазоне частот от 20 до 20000 Гц. Колебания ниже 20 Гц (инфразвук) и выше 20 000 Гц (ультразвук) не вызывают слуховых ощущений, но оказывают вредное биологическое воздействие на организм человека.

Разложение шума на составляющие его тона (звуки с одной частотой) с определением их интенсивностей называют спектральным анализом, а графическое изображение частотного состава шума – спектром.

По характеру спектра шумы подразделяют на широкополосные (с излучением звуковой энергии непрерывным спектром, шириной более 1 октавы) и тональные (с излучением звуковой энергии в отдельных тонах).

По временным характеристикам шумы следует подразделять на постоянные (уровни звука которых за 8 - часовой рабочий день изменяются по времени не более чем на 5 дБА при измерении на временной характеристике шумомера "медленно" и по шкале "А") и непостоянные (при изменении уровня звука более 5дБА). Шкала "А" шумомера позволяет определить уровни шума, являющиеся геометрической суммой всех звуков в полосе от 40 до 10000 Гц.

Непостоянные шумы в свою очередь подразделяют на колеблющиеся во времени (уровень звука непрерывно изменяется во времени), прерывистые (уровень звука которого ступенчато изменяется на 5 дБА и более, с длительностью интервалов 1 с и более) и импульсные (состоят из одного или несколько звуковых сигналов, каждый длительностью менее 1 с).

Для получения частотных спектров шумов производят измерение уровней звукового давления на различных частотах с помощью шумомера. По результатам этих измерений на фиксированных стандартных октавных среднегеометрических частотах 31,5 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц строят спектр шума.

Среднегеометрическая частота полосы определяется соотношением

$$f_{cp} = \sqrt{f_1 \cdot f_2}, \text{ Гц} \quad (5.1)$$

где f_1 и f_2 соответственно нижняя и верхняя граничные частоты полос спектра.

Чаще всего применяются октавные и третьоктавные полосы.

Полоса частот, в которой верхняя полоса в два раза больше нижней, называют **октавной** полосой. **Третьоктавная** полоса частот — полоса частот, в которой это соотношение равно 1,26.

При распространении звуковых колебаний в воздухе появляются области повышенного давления и разрежения, которые определяют величину звукового давления P (Па), как разность давлений в возмущенной и невозмущенной воздушной среде.

При распространении звуковых волн происходит перенос кинетической энергии, которая определяется интенсивностью звука (I), зависящая от плотности среды (ρ) и скорости распространения волн (C):

$$I = \frac{P^2}{\rho \cdot C}, \text{ Вт/м}^2 \quad (5.2)$$

Интенсивность и мощность источников шума может изменяться в широких пределах.

Минимальные величины звукового давления P_0 и интенсивности I_0 , едва различимые органом слуха человека, называют **пороговыми**.

При $f = 1000$ Гц $P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па, а $I_0 = 10^{-12}$ Вт/м².

Шум с уровнем давления звука 120-140 дБ (более 20 Па) в пределах частот от 20 до 20000 Гц носит по вызываемому ощущению название болевого порога. Звуки, превышающие болевой порог, могут привести к разрыву барабанной перепонки уха и даже смерти человека.

Практическое использование абсолютных значений акустических величин неудобно из-за громоздких графиков и расчетов, кроме того, орган слуха человека реагирует на относительное изменение звукового давления и интенсивности звука по отношению к пороговым величинам. Поэтому в акустике принято оперировать не абсолютными величинами интенсивности звука или звукового давления, а их относительными логарифмическими уровнями (L), взятыми по отношению к пороговым значениям P_0 или I_0 .

За единицу измерения уровня интенсивности звука принят 1 бел (Б). Бел - это десятичный логарифм отношения интенсивности звука I к пороговой интенсивности.

Однако ухо человека четко различает изменение уровня звука на 0,1Б. Поэтому в практике акустических измерений и расчетов пользуются величиной 0,1 Б, которая названа децибелом (дБ). (1 Б =10 дБ) и определяется зависимостью

$$L = 10 \lg \frac{I}{I_0} = 10 \lg \frac{P^2}{P_0^2} = 20 \lg \frac{P}{P_0}, \text{ дБ} \quad (5.3)$$

где P -среднее квадратичное значение звукового давления в точке измерения (Па), которое при гармонических колебаниях в $\sqrt{2}$ раз меньше максимальных.

5.3. Нормативные требования

Основой нормирования шума является ограничение звуковой энергии, воздействующей на человека в течение рабочей смены. При нормировании шума основным нормативным документом является ГОСТ 12.1.003-83 (1999) «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности» [9], а также СН 2.2.4/2.1.8.562-96 [10].

Допустимый уровень шума - это уровень, который не вызывает у человека значительного беспокойства и существенных изменений в организме.

Предельно допустимый уровень (ПДУ) шума - это уровень шума, который ежедневно, кроме выходных, но не более 40 часов в неделю, в течение всего рабочего стажа, не должен вызвать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья в течение всей жизни настоящего и последующих поколений.

Нормирование шума осуществляется двумя методами:

1. По предельному спектру шума.
2. По уровню звука (дБА), измеренного при включении корректировочной частотной характеристики "А" шумомера.

По предельному спектру нормируются уровни звукового давления в основном для постоянных шумов в стандартных октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами от 31,5 до 8000 Гц

Второй метод применяют для приближенной оценки шума с уровнями звука в дБА, измеряемых по корректирующей шкале "А" шумомера. В этом случае давление звука (РА) является среднеквадратичной величиной спектра. Шум, замеренный по шкале "А", соответствует субъективному восприятию спектральной энергии звуков.

Характеристикой непостоянного шума на рабочих местах является эквивалентный (по энергии) уровень звука в дБА.

Предельно допустимые уровни звукового давления в октавных полосах частот, уровни звука и эквивалентные уровни звука определяются для конкретных рабочих мест, разработанные с учетом категории тяжести и напряженности труда (табл.5.1).

Таблица 5.1

Нормативные значения уровней звука и звукового давления (выписка из ГОСТ [9])

Вид трудовой деятельности, рабочие места	Уровни звукового давления, дБА, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Эквиви- лентные уровни звука, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1. Творческая и научная деятельность, конструирование и проектирование, преподавание, врачебная деятельность: - рабочие места в помещениях дирекции, расчетчиков, лабораториях для теоретических работ, приема больных и т. п.	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50
2. Высококвалифицированная работа, административно-управленческая деятельность: рабочие места в помещениях цехового управленческого аппарата, конторах и т.д.	93	79	70	68	58	55	52	52	49	60
3. Работа, выполняемая с часто получаемыми указаниями, требующая слухового контроля, диспетчерская работа: помещения диспетчерских служб и дистанционного управления с речевой связью по телефону, машинописные бюро ит.д.	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65
4. Работа, требующая сосредоточенности, кабины дистанционного управления без речевой связи по телефону, лаборатории с шумным оборудованием и др.	103	91	83	77	73	70	68	66	64	75
5. Все виды работ, кроме указанных в п.п. 1-4, на постоянных рабочих местах в производственных помещениях и на территории предприятия.	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

5.4. Измерение производственного шума

Для измерения уровня шума применяют шумомеры.

В комплект шумоизмерительной аппаратуры входит следующее оборудование:

- шумомер - измерительный прибор, предназначенный для измерения уровня звука и имеющий определенные частотные и временные характеристики;
- фильтр - устройство, предназначенное для выделения из общего спектра шума звуковых колебаний в диапазонах частот, определяемых полосой пропускания фильтра;
- измерительный микрофон – микрофон, частотная характеристика известна с большой точностью.

Шумомер имеет корректирующие частотные характеристики "А" и "Лин". Линейная характеристика (Лин) используется при измерениях уровней звукового давления в октавных полосах от 31,5 до 8000 Гц, когда шумомер имеет одинаковую чувствительность по всему частотному диапазону.

Для того чтобы показания шумомера приближались к субъективным ощущениям уровней звука человеком, используется характеристика шумомера "А", которая примерно соответствует чувствительности органа слуха при разной громкости. Диапазон измеряемых шумомером уровней шума от 30 до 140 дБ.

В лабораторной работе измерение звукового давления и уровня звука выполняют шумомером RFT 00017. Импульсный шумомер RFT 00017 - это переносной, независимый от сети прибор для определения уровня звукового давления с любой временной характеристикой (рис.5.1).

Для измерения шума следует выбирать точки на рабочих местах или в зоне постоянного пребывания людей на высоте 1,2-1,5 м от уровня пола.

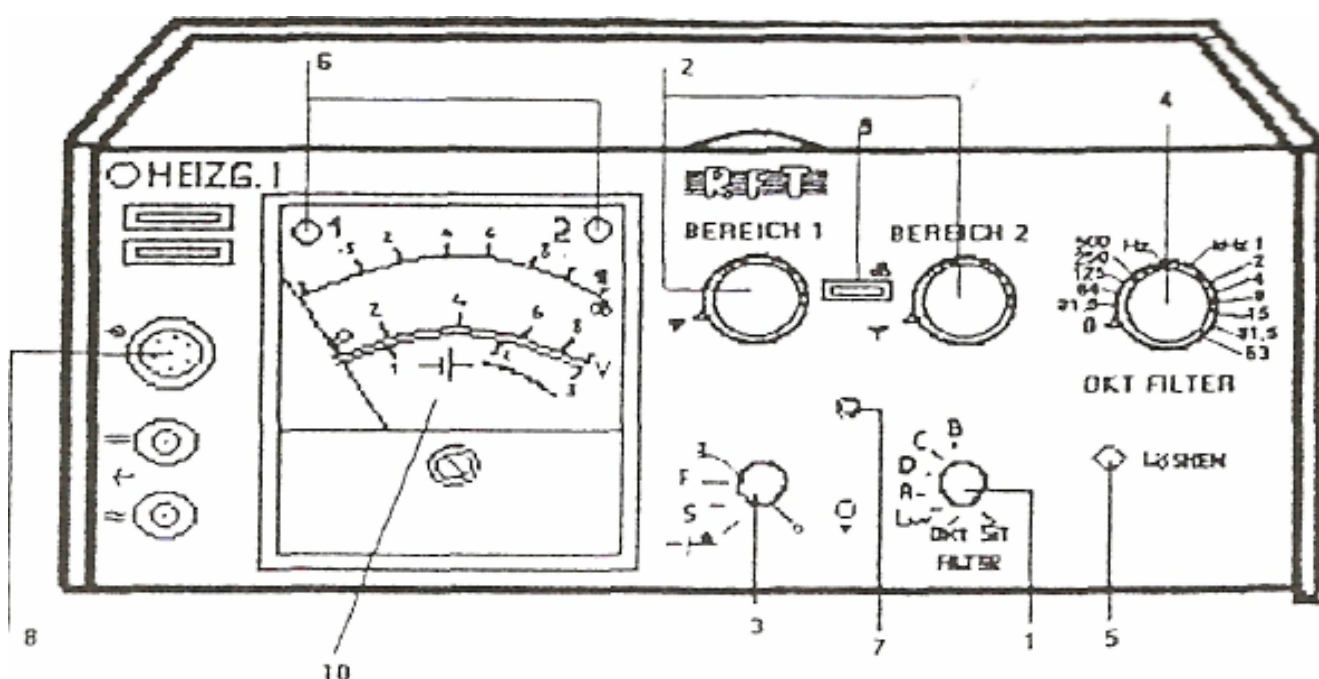


Рис. 5.1. Импульсный шумомер RFT 00017

Таблица 5.2

Органы управления и сигнальные устройства

1. Переключатель частотного приведения	Предназначен для корректировки спектральной чувствительности прибора. Имеет положения: LIN. (без приведения), A, D, C, B – различные корректировочные характеристики, QKT FILTER – встроенный октавный фильтр, EXT FILTER – внешний октавный фильтр
2. Переключатели поддиапазонов измерений	Служат для ступенчатого переключения диапазона 0 – 120 дБ по 10дБ
3. Переключатель временного приведения	Имеет положения: S-медленно, F-быстро, I-импульс, I HALTEN-удерживание импульса, SPITZE HALTEN-удерживание пика, $\parallel$ контроль напряжения и 0-выключено
4. Переключатель «октавный фильтр»	Служит для включения срединных частот октав от 31,5 до 6300 Гц, в положении октавный фильтр выключен
5. Клавиша «гашение»	Кратковременное нажатие аннулирует сохраненное значение отсчета или сокращает время восстановления готовности прибора после перемодулировки
6. Лампочки перемодулировки 1 и 2	Загораются при превышении напряжения сигнала перед фильтрами и перед каскадом возведения в квадрат соответственно максимально допустимых значений
7. Лампочка готовности	Указывает на включенное состояние прибора
8. Гнездо микрофона	Служит для подключения микрофонного кабеля
9. Индикаторное окошко	Служит для определения значения измеряемой величины (суммарное значение переключателей 2)
10. Стрелочный индикатор	Служит для определения значения измеряемой величины

5.4.1. Порядок выполнения измерений шумомером RFT 00017

1. Выполнить контроль напряжения, для чего:

- переключатель 3 установить в положение $\parallel$
- через 10 с начинает светиться лампочка готовности прибора 7 и стрелка прибора 10 занимает положение в пределах контрольного сектора $\parallel$

2. Измерение уровня звука при частотном приведении «А» выполняют в следующем порядке:

- переключатели 2 выставить на максимальный поддиапазон;
- переключатель 1 установить на требуемое частотное приведение («А»);
- переключатель 3 установить на требуемое временное приведение;
- поворотом переключателей 2 вправо добиться положения стрелки прибора 10 в пределах шкалы;
- считать результат измерения по шкале прибора 10;
- определить значение измеряемой величины как сумму значения в индикаторном окошке 9 и показаний стрелки прибора 10.

Пример: При измерении уровня звука переключатель поддиапазонов 2 находится в положении 80 дБ, которые показаны в индикаторном окошке 9, а показания стрелки по шкале прибора 10 – 6 единиц. Результат измерения составляет 86 дБ(А), если измерение проводилось при частотном приведении «А».

3. Измерение уровней звукового давления в октавных полосах частот.

Шумомер имеет встроенный октавный фильтр, благодаря которому можно проводить частотный анализ уровня шума. Измерение уровня звукового давления в среднегеометрических октавных полосах частот производят следующим образом:

- переключатели 2 выставить на максимальный поддиапазон;
- переключатель 1 установить в положение ОКТ FILTER;
- переключатель 3 установить в положение S;
- переключатель 4 установить в положение 31,5 Гц;
- произвести измерения в соответствии с п. 2 на частоте 31,5 Гц и на других полосах частот, которые устанавливаются переключателем 4.

5.4.2. Определение суммарного шума от нескольких источников

При обработке результатов измерений шума возникает необходимость определить уровни суммарного шума нескольких одновременно работающих источников по измеренным уровням каждого из них. Подобная задача возникает и при вычислении октавных уровней звукового давления после замера на октавном частотном анализаторе. Обе эти задачи требуют суммирования шума.

Так как уровни акустической мощности и звукового давления шума - логарифмические величины, над ними нельзя производить обычные арифметические действия непосредственно, например, складывать и умножать.

Сумму уровней звукового давления $L_{\text{сум}}$ в дБ в выбранной расчетной точке от каждого источника шума L_i определяют по формуле:

$$L_{\text{СУМ}} = 10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{0,1L_i} \quad (5.4)$$

Существует несколько приемов суммирования уровней давления звука. Наиболее удобна табличная форма расчета. При пользовании таблицей последовательно складывают уровни начиная с максимального. Определяют разность двух наибольших складываемых уровней, затем находят по полученной разности добавку к более высокому из складываемых уровней. После этого добавку прибавляют к большему из складываемых уровней.

Таблица 5.3

Шкала сложения уровней звуковой мощности или звукового давления

Разность складываемых уровней, дБ	0	1	2	3	4	5	6
Добавка к более высокому уровню, дБ	3,0	2,5	2,0	1,8	1,5	1,2	1,0
Разность складываемых уровней, дБ	7	8	9	10	15	20	
Добавка к более высокому уровню	0,8	0,5	0,5	0,4	0,3	0,0	

Пример. Найти суммарный уровень для трех слагаемых уровней.

$$L_1 = 105 \text{ дБ}, L_2 = 100 \text{ дБ}, L_3 = 111 \text{ дБ}.$$

Суммируем наибольшие значения L_1 и L_3 . Разность слагаемых уровней $\Delta L = 6$ дБ. По таблице 5.3 добавка к большему уровню 1,0 дБ. Тогда суммарный уровень $L_{\text{сум}} = 111 + 1 = 112$ дБ. Полученный результат суммируем с L_2 .

$$\Delta L^* = 12 \text{ дБ}.$$

По табл. 5.3 добавка равна 0,3. Сумма всех уровней

$$L_{\text{СУМ}} = 112 + 0,3 = 112,3 \text{ дБ}.$$

5.5. Экспериментальная часть

5.5.1. Задание по работе

Исходные данные для выполнения работы согласно номеру варианта, который задает преподаватель, принимают по табл.5.4.

Таблица 5.4

Исходные данные

Вариант	Источник шума и их количество	Габариты и назначение помещения
1	Эл. двигатель 4 шт.	Кабинет начальника деревообрабатывающего цеха,
2	Эл. двигатель 6 шт.	Помещение деревообрабатывающего цех
3	ЭВМ 6 шт.	Лаборатория обработки данных
4	ЭВМ 8 шт.	Машинный зал
5	Эл. двигатель 5 шт.	Машинописное бюро
6	Эл. двигатель 3 шт.	Кабина управления без телефонной связи
7	Эл. двигатель 4 шт.	Помещение диспетчерской
8	Эл. двигатель 7 шт.	Лаборатория контроля деталей
9	Эл. двигатель 3 шт.	Комната мастеров механического цеха
10	Эл. двигатель 8 шт.	Механический цех

Примечания.

1. Шум, замеренный на лабораторной установке, соответствует излучению, одного источника, указанного в табл.5.4.

2. Все источники шума идентичны и находятся внутри помещений вблизи друг от друга.

5.5.2. Описание лабораторной установки

Лабораторная работа выполняется на стенде для исследования шума, включающем шумовую камеру и комплект шумоизмерительной аппаратуры, который состоит из импульсного шумомера RFT 00017, измерительного микрофона и соединительных проводов.

Шумовая камера 1 (рис.5.2) выполнена в виде прямоугольного параллелепипеда, стенки которого изнутри облицованы звукопоглощающим материалом. В противоположные торцевые стенки шумовой камеры вмонтирован динамик 2, подключенный к магнитофону с записями различных видов шумов и микрофон 3. Перед динамиком установлен подвижный звукопоглощающий экран 4, позволяющий частично экранировать поступление звукового сигнала от динамика в шумовую камеру.

5.5.3. Порядок выполнения работы

1. Подготовить форму отчета с таблицей 5.5
2. По исходным данным (табл.5.4) согласно варианту заполнить строку 1 табл.5.5, пользуясь нормативными значениями из табл. 5.1.
3. Пользуясь сведениями раздела 5.4.1, выполнить замеры шума в шумовой камере в октавных частотах 31,5 – 8000 Гц и заполнить результатами замеров строку 2 табл. 5.5.

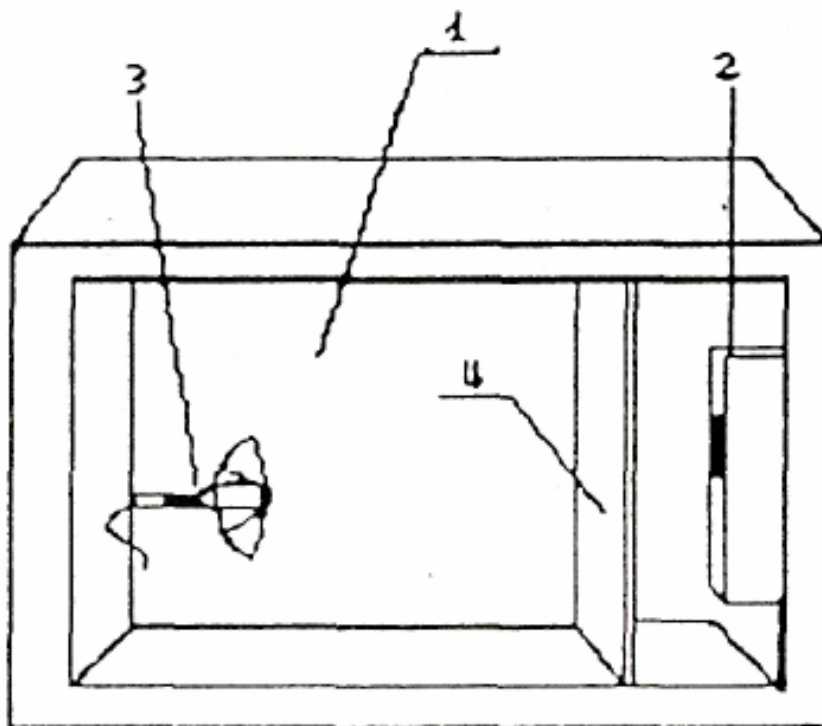


Рис. 5.2. Стенд для исследования шума

1. Шумовая камера 2. Динамик 3. Микрофон 4. Звукопоглощающий экран

4. Определить шумовую обстановку в заданном помещении, просуммировав уровни звука от всех компактно расположенных источников шума, руководствуясь разделом 5.4.2, и заполнить строку 3 табл. 5.5

5. Построить графики спектров шума предельного и замеренного по аналогии с рис. 5.3 (графики 1, 2, 3), по которым определить превышения фактических уровней звукового давления над нормативными и заполнить строку 4 табл. 5.5. Указанные превышения можно определить также как разность значений строк 3 и 1 табл. 5.5.

6. Сопоставив установленные превышения с эффективностью средств индивидуальной защиты, приведенной в табл. 5.6, подбирают марки СИЗ и выписывают их данные в строку 5 табл. 5.5.

7. Определяют уровни звука после применения СИЗ как разность значений строк 3 и 5 табл. 5.5. Результаты указывают на рис. 5.3 в виде графика 4.

8. Определяют превышение фактических уровней звука над нормативными значениями после применения СИЗ как разность значений строк 6 и 1 табл. 5.5 и заполняют полученными значениями строку 7 табл. 5.5. Отрицательные значения во всем частотном диапазоне показывают, что СИЗ выбрано правильно.

9. В случае невозможности подобрать СИЗ, а также в качестве альтернативного варианта следует разработать рекомендации по улучшению шумовой обстановки, используя указания раздела 5.6.

Таблица 5.5

Оценка шумовой обстановки

№ п/п	Наименование и показатели	Уровни звукового давления, дБ в октавных полосах									Уровни звука, дБА
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1.	Нормативные значения по ГОСТ 12.1.003-83 [9] для рабочего места по варианту										
2.	Замеренный спектр от одного источника шума										
3.	Суммарный шум в помещении от всех источников (определяется расчетом)										
4.	Превышение фактических уровней звукового давления над нормативными										
5.	Эффективность выбранного СИЗ (марка наушника по табл.5.6)										
6.	Уровни звука после применения СИЗ										
7.	Превышение фактических уровней звука над нормативными после применения СИЗ										

Таблица 5.6

Эффективность средств индивидуальной защиты

Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц							
	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Эффективность СИЗ, дБ							
Наушники							
ВЦНИИОТ – 2 М	7	11	14	22	35	45	38
ВЦНИИОТ – 4 А	4	2	5	16	25	36	28
ВЦНИИОТ – 4 1	10	14	16	17	36	36	34
ВЦНИИОТ – 1	3	4	7	13	23	36	33
ВЦНИИОТ – 7 И	10	16	18	22	36	40	32
ПШ – ОО	4	8	10	15	20	20	27
Противошумная каска ВЦНИИОТ-2	7	11	14	22	35	45	38
«Антифоны»	10	10	10	13	24	29	25
Вкладыши «Беруши»	15	18	18	24	26	26	31

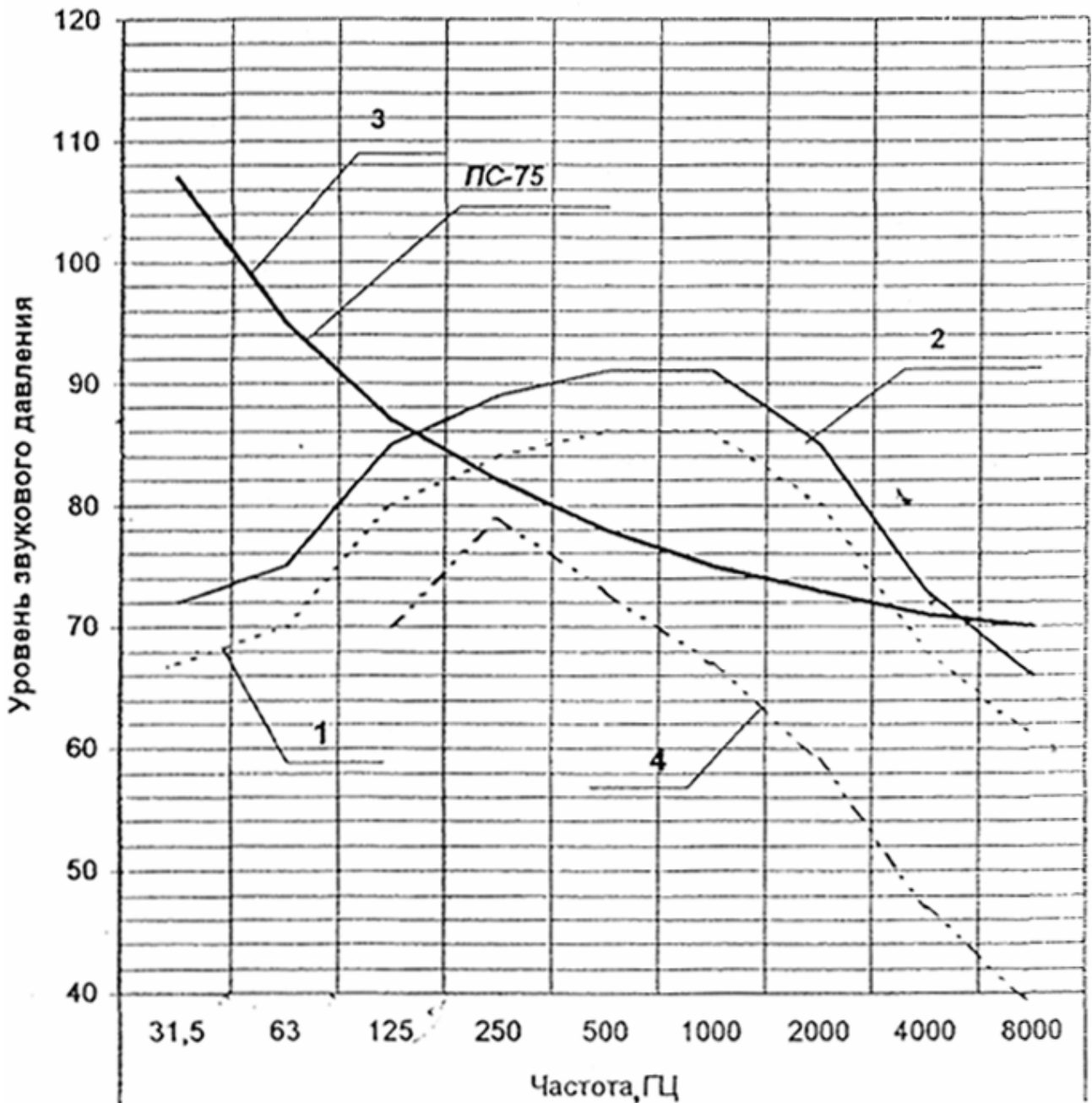


Рис. 5.3. Пример заполнения бланка «Спектр шума»

- 1 - замеренные октавные уровни звукового давления одного источника шума;
- 2 – пересчитанные октавные уровни звукового давления от всех источников;
- 3 - нормативные уровни звукового давления, где ПС - 75 предельный спектр с уровнем звукового давления 75 дБ на частоте 1000 Гц;
- 4 - уровень звукового давления после применения СИЗ

5.6. Мероприятия по защите от шума

На основании [12] средства и методы защиты от шума подразделяются на средства и методы коллективной и индивидуальной защиты.

Средства коллективной защиты по отношению к источнику возникновения шума подразделяются на средства, снижающие шум в источнике возникновения и на пути распространения.

Средства коллективной защиты в зависимости от способа реализации бывают:

- акустические (звукоизоляция, звукопоглощение, виброизоляция, глушение шума и т.д.);
- архитектурно-планировочные (рациональная планировка зданий, размещение оборудования, планирование транспортных потоков, создание шумозащищенных зон);
- организационно-технические (применение малозумных технологических процессов, оснащение дистанционным управлением, использование рациональных режимов труда и отдыха и т. д.)

Средства индивидуальной защиты (СИЗ) от шума применяют в том случае, если избежать возникновения шума и предотвратить его распространение технически невозможно. Применение СИЗ необходимо при уровне звука 85 дБА и более, если продолжительность шума ежедневно в течение ряда лет не менее 8 ч.

СИЗ в зависимости от конструктивного исполнения подразделяются на противошумные вкладыши, наушники, противошумные шлемы и каски, противошумные костюмы.

Подбор производится по эффективности СИЗ от шума в каждой октавной полосе частот в диапазоне от 125 до 8000 Гц. Потребная эффективность средств защиты определяется как разность уровней давления звука фактического и нормативного.

5.7. Контрольные вопросы

1. Что такое пороговые уровни звукового давления?
2. Как влияет частота звука на восприятие человека?
3. По каким признакам нормируется шум?
4. Что такое, октавный уровень давления звука?
5. Каковы общие меры защиты от шума?
6. Каким образом учитывают шум от различных источников?
7. С помощью какого прибора измеряются уровни звука?
8. Какие индивидуальные средства защита от шума вы знаете?
9. Как выбираются индивидуальные средства защита от шума?
10. С какой целью строят график спектра шума?