

Министерство образования и науки
Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
Образовательное учреждение высшего образования
«Ивановский государственный энергетический
Университет имени В.И. Ленина»

Кафедра «Безопасность жизнедеятельности»

ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ШУМА

*Методические указания к лабораторной и курсовой работам по курсу
«СПЕЦИАЛЬНАЯ ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ТРУДА»*

Иваново 2019

Составитель А.Г. Горбунов
Редактор В.П. Строев

В методических указаниях рассмотрены физические величины, характеризующие воздействие шума на человека, устройство и принцип действия шумомера «Ассистент», методы измерения шума, правила оформления результатов измерения и оценки воздействия шума на человека.

Методические указания предназначены для подготовки бакалавров по направлению подготовки 20.03.01 – «Техносферная безопасность» и магистров по направлению 20.04.01– «Техносферная безопасность».

Утверждены цикловой методической комиссией ИФФ

Рецензент
кафедра «Безопасность жизнедеятельности» ФГБОУО
«Ивановский государственный энергетический университет
имени В.И. Ленина»

ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ШУМА

Методические указания к лабораторной и курсовой работам
по курсу «Специальная оценка условий труда»

Составитель А.Г.Горбунов
Редактор С.М. Коткова

Подписано в печать . Формат 60^х84 1/16.
Печать плоская. Усл печ л. . Тираж 25 экз. Заказ № .
ФГБОУВПО «Ивановский государственный энергетический
университет имени В.И. Ленина».

Отпечатано
153003, г. Иваново, ул. Рабфаковская, 34.

ВВЕДЕНИЕ

Данные методические указания предназначены для подготовки бакалавров по направлению 20.03.01 – «Техносферная безопасность» и магистров по направлению 20.04.01– «Техносферная безопасность». При этом магистры по результатам работы должны ответить на все вопросы, приведенные в конце методических указаний, а бакалавры только на первые двадцать семь вопросов.

1.КЛАССИФИКАЦИЯ ШУМОВ И ИХ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Классификация, количественные характеристики, принципы нормирования и методы измерения шума регламентируются санитарными нормами [1] и ГОСТом [2].

В соответствие с этими документами шумы классифицируются по характеру спектра и по временным характеристикам. По характеру спектра шум следует подразделять:

- на широкополосный, с непрерывным спектром шириной более одной октавы;
- тональный, в спектре которого имеются выраженные дискретные тона.

По временным характеристикам шум следует подразделять:

- ♦ на постоянный, уровень звука которого за 8-ми часовой рабочий день (рабочую смену) изменяется во времени не более чем на 5 дБ при измерениях на временной характеристике шумомера «медленно»;
- ♦ на непостоянный, уровень звука которого за 8-ми часовой рабочий день (рабочую смену) изменяется во времени более чем на 5 дБ при измерениях на временной характеристике шумомера «медленно».

Из непостоянных шумов выделяют импульсный, состоящий из одного или нескольких звуковых сигналов, каждый из которых длительностью менее 1 с, при этом уровни звука, измеренные шумомером на временных характеристиках «медленно» и «импульс» отличаются не менее чем на 7 дБ.

Для целей специальной оценки условий труда основной физической величиной непостоянного шума является интегральный критерий - *эквивалентный уровень звука за 8-ми часовой рабочий день в дБ*, определяемый по соотношению (1):

$$L = L_{p,A,eq,T_e} + 10 \lg \frac{T_e}{T_0}, \quad (1)$$

где: L_{p,A,eq,T_e} эквивалентный за период T_e уровень звука, определяемый по соотношению (2); T_e – эффективная длительность номинального рабочего дня (т.е. период времени, в течение которого наблюдается воздействие шума, существенного и представительного для данного рабочего места), ч; T_0 – базовая длительность рабочего дня, $T_0=8$ ч;

$$L_{p,A,eqT_e} = 10 \lg \frac{\frac{1}{T} \int_t^{t+T} p_A^2(t) dt}{p_0^2}, \quad (2)$$

где $p_A(t)$ среднееквадратическое значение звукового давления, скорректированное по частотной характеристике «А» в момент времени t ; T – период времени, за который определяется эквивалентный уровень шума, ч; p_0 – пороговое значение звукового давления, $p_0=2 \cdot 10^{-5}$ Па.

2. ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ШУМА

2.1. Принцип действия и устройство шумомера

Измеритель шума и вибрации типа «Ассистент» (в дальнейшем – **шумомер**) предназначен для измерения параметров шума, инфра – и ультразвука (уровней звукового давления в октавных и третьоктавных полосах, уровня звука в дБА и общего уровня звукового давления в дБЛин) и параметров вибрации (виброскорости и виброускорения). В данной работе этот прибор будет рассмотрен только как измеритель параметров шума..

В шумомере используется принцип преобразования колебаний звукового давления в пропорциональные им электрические колебания, которые затем усиливаются, преобразуются и измеряются. Шумомер состоит из 3-х функциональных блоков: микрофонного капсюля (в дальнейшем – **микрофон**), предусилителя микрофонного (в дальнейшем – **предусилитель**) и измерительного прибора (в дальнейшем – **измеритель**).

Устройство микрофонного капсюля приведено на рисунке 1.

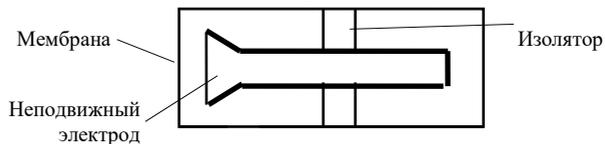


Рис.1. Устройство микрофонного капсюля

Корпус, изолятор и мембрана образуют замкнутую камеру, связанную с окружающей средой специальным отверстием для уравнивания медленно меняющегося атмосферного давления. Мембрана и неподвижный электрод электрически изолированы друг от друга и являются обкладками конденсатора. Чувствительным элементом к звуковому давлению является мембрана, изготовленная из никелевой фольги толщиной около 5 мкм. Мембрана установлена на небольшом расстоянии от неподвижного электрода.

Под воздействием звукового давления мембрана прогибается и емкость конденсатора «мембрана – неподвижный электрод» изменяется. При наличии напряжения на обкладках конденсатора, изменение его емкости приводит к появлению в цепи, в которую он включен, переменного тока, сила и частота

которого пропорциональны величине звукового давления и частоте его изменения.

ВНИМАНИЕ! При работе с микрофоном конденсаторного типа следует соблюдать осторожность, не подвергать его резким толчкам и ударам, оберегать от сырости и пыли. Категорически запрещается ставить микрофон на стол или другую поверхность вертикально, мембраной вниз!

Предусилитель предназначен для согласования высокоомного выходного сопротивления микрофона с входным сопротивлением измерителя. Конструктивно предусилитель выполнен в виде герметичного цилиндра с контактными узлами для присоединения к капсулю и к измерителю.

Измеритель представляет собой электронное устройство, в котором сигнал, несущий полезную информацию, усиливается, преобразуется и измеряется. В измерителе сигнал может подвергаться частотным и временным преобразованиям. Измеритель реализует 2 вида частотных преобразований:

- позволяет измерить уровни звукового давления в стандартных октавных и третьоктавных полосах частот;
- позволяет скорректировать сигнал в соответствии с заданной частотной характеристикой; в данном случае нас интересует частотная характеристика А, позволяющая измерять уровень звука.

Суть временных преобразований состоит в замене реальной физической величины (звукового давления) ее моделью, параметр которой можно измерить. Эта замена происходит по соотношению:

$$p^* = \sqrt{\frac{1}{T} \int_t^{t+T} p^2(t) dt}, \quad (3)$$

где p^* – среднеквадратическое (действующее) значение звукового давления; T – период колебаний наиболее низкочастотной гармоники; $p(t)$ – мгновенное значение звукового давления.

Для определения УЗД действующее значение по (3) подставляют в (2).

В реальной практике УЗД, определенный по (2) изменяется постоянно и в широких пределах, что резко усложняет отсчет показаний прибора. Вторая цель временных преобразований – в уменьшении амплитуды и частоты колебаний УЗД. Для этого сигнал, пропорциональный звуковому давлению по (3) прошедший выбранные частотные преобразования подается на вход интегратора, который преобразует его в соответствии со следующим соотношением:

$$U_i(t) = \frac{1}{T} \int_t^{t+T} U(t) dt \quad (4)$$

где $U_i(t)$ – выходной сигнал интегратора; T – постоянная времени интегратора.

Из соотношения (4) видно, что выходной сигнал интегратора зависит от его постоянной времени T : чем она больше, тем меньше амплитуда и частота колебаний выходного сигнала интегратора. Для обеспечения единства и достоверности акустических измерений ГОСТы и ТУ на измерительную аппа-

ратуру устанавливают **единые** требования к параметрам интеграторов, предусматривая 4 режима работы:

I – **импульс**, временные преобразования с постоянной времени интегратора $T=0,04$ с;

F – **быстро**, временные преобразования с постоянной времени интегратора $T=0,125$ с;

S – **медленно**, временные преобразования с постоянной времени интегратора $T=1$ с;

10S – временные преобразования с постоянной времени 10 с.

Именно этот сигнал, прошедший частотные и временные преобразования, переводят в УЗД в соответствии с соотношением (2), передают на оконечный блок шумомера и выводят на дисплей.

2.2. Панель управления шумомером

На лицевую панель измерителя выведены органы управления, регулирования и индикации (рис.2).

Кнопки:

ВКЛ – при выключенном приборе нажатие этой кнопки в течении 3 с включает прибор, а в рабочем режиме нажатие этой кнопки в течении 3 с выключает его;

РЕЖИМ – позволяет выбрать режим работы прибора, в нашем случае он должен работать в режиме **dBSIm**;

СБРОС – нажатие ее позволяет сбросить всю информацию на экране, т.е. все цифровые показатели становятся равными 0, а столбики гистограмм исчезают;

ВВОД – позволяет выбрать нужный режим или нужную функцию прибора.

▲ – после нажатия кнопки **РЕЖИМ** позволяют выбрать нужный

▼ режим работы прибора.

◀▶ – позволяет сменять показываемую физическую величину.

Под гистограммами расположены иконки (рис. 3).

Самая левая иконка показывает текущее (астрономическое) время в формате «часы, минуты», (на рис.3 – 14ч 21 мин). Следующая иконка показывает время от начала текущего измерительного эксперимента в формате «часы, минуты, секунды», (на рис.4 – 00ч 00мин 59 с).

Под цифровым дисплеем расположены иконки, показывающие вид измеряемого шума. Они имеют три варианта изображения:

- прямая линия в прямоугольнике – постоянный шум;
- волна в прямоугольнике – непостоянный шум;
- зубец в прямоугольнике – непостоянный импульсный шум (как на рис. 2).

Экран разделен на 2 зоны: правую – зону цифровой индикации и левую – зону гистограмм. Зона гистограмм разделена вертикальными линиями на 2 части. Самая левая часть (четыре столбика гистограмм) дает графическое изображение эквивалентного уровня звука и уровней звука с временной коррекцией **S**, **F** и «импульс» соответственно.



Рис. 2. Передняя панель шумомера

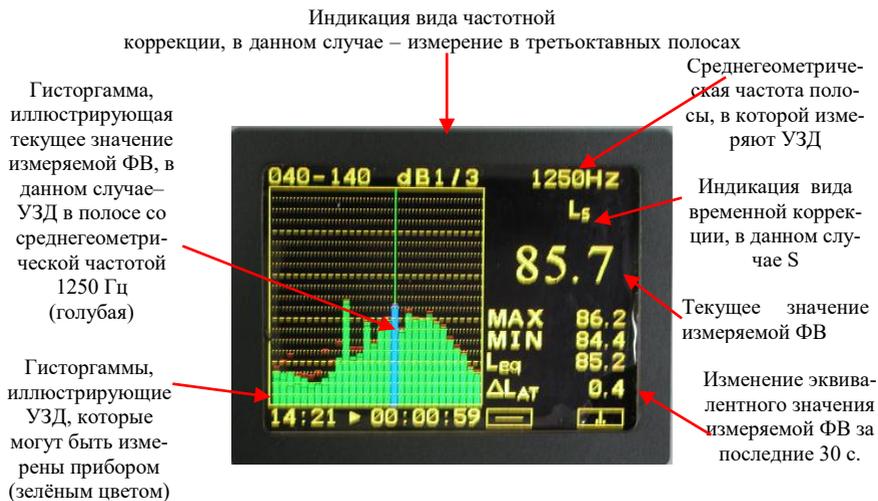


Рис. 3. Экран шумомера

Следующие 9 столбиков – гистограммы УЗД в стандартных октавных полосах частот. В голубой цвет окрашен столбик, характеризующий физическую величину (ФВ), значение которой в данный момент крупно показано в зоне цифровой индикации. Остальные столбики зеленые. Кнопками ◀▶ можно перемещаться вдоль зоны гистограмм, выбирая ФВ, значение которой крупно покажут в зоне цифровой индикации. Этот столбик будет голубым.

2.3. Порядок работы с прибором

Подключить микрофон к измерителю с помощью специального шнура. Необходимый разъем находится в правой части верхнего торца измерителя. Включить прибор, нажав кнопку ВКЛ и удерживая её в течении 3 с. После смены ряда изображений на экране появится надпись «Акустика» и «Сервис». Кнопками ▲ ▼ выбрать «Акустика» и нажать ВВОД. Появится изображение экрана с зонами гистограмм и цифровой индикации. Нажать кнопку РЕЖИМ, кнопками ▲ ▼ выбрать dBSPm и нажать ВВОД. Появится изображение экрана как на рис. 2. С помощью кнопок ◀▶ перемещаться вдоль зоны гистограмм, выбирая ФВ, значение которой нужно крупно показать в зоне цифровой индикации. Этот столбик будет голубым. **Внимание! При работе с микрофоном соблюдать особую осторожность!** Не допускать падения микрофона и ударов по нему и ним, не приближать резко к большим поверхностям. При измерениях микрофон укрепить на переносном штативе (входит в комплект прибора) и располагать всегда в одной и той же точке на расстоянии примерно 0,8÷0,9м от источника шума и не ближе 0,5 м от любой отражающей поверхности (включая оператора, проводящего измерения). Для большей корректности эксперимента на линии, соединяющей источник шума и микрофон в обоих направлениях не должно быть крупных отражающих поверхностей (в том числе и оператора, производящего измерения). При измерениях для целей специальной оценки условий труда (СОУТ) следует менять ориентацию микрофона в соответствии с изменением ориентации головы работника при выполнении им производственных операций, не создавая при этом помех работнику.

3. МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ШУМА

Для целей СОУТ ГОСТ [2] требует проведения измерений в соответствии с определенной стратегией. Под стратегией измерений, в данном случае, следует понимать определенный алгоритм действий, позволяющий получить наиболее полную, достоверную и представительную информацию о шуме, действующем на работника. Различают 3 стратегии измерения: на основе рабочей операции, на основе трудовой функции и на основе рабочего дня.

3.1. Стратегия измерения на основе рабочей операции

Стратегию измерения на основе рабочей операции целесообразно применять, когда возможно достаточно четкое разбиение трудовой функции на более мелкие многократно повторяющиеся фрагменты (операции). Пусть тру-

довая функция (например, изготовление некоей детали) включает в себя n операций, каждая из которых продолжается примерно t_i минут и пусть за рабочий день работнику надо изготовить N таких деталей. В этих условиях вместо того, чтобы целый день производить измерения шума целесообразно измерять шум всего лишь при изготовлении нескольких таких деталей. Важно, чтобы при этом были учтены все значимые источники шума на рабочем месте.

Для определения продолжительности операции используют:

а) беседы с работниками и руководителем низшего звена;

б) наблюдения и измерения продолжительности выполнения операции во время измерений шума;

в) сбор информации о длительности действия типичных источников шума (технологических процессов; работающих машин; действиях, совершаемых на рабочем месте и вблизи него).

Допускается рассматривать продолжительность операции как переменную величину и определять ее возможные вариации. Для этого либо наблюдают несколько раз выполнение данной операции и регистрируют ее продолжительность при каждом наблюдении, либо просят нескольких работников и руководителя низшего звена дать оценку диапазона возможных значений ее продолжительности. По полученным данным наблюдений или бесед вычисляют среднее арифметическое значение, которое и используют в расчете:

$$T_m = \frac{1}{J} \sum_{j=1}^J T_{mj}, \quad (5)$$

где T_m – среднее значение продолжительности m -й операции; T_{mj} – значение продолжительности m -ой операции при j -ом измерении. J – количество измерений продолжительности m -й операции.

Сумма продолжительностей T_m , операций в течение номинального дня равна эффективной длительности рабочего дня. Таким образом, $T_e = \sum T_m$.

При определении продолжительности i -го измерительного эксперимента учитывают следующее (см. рис.4). Длительность каждого измерения должна быть достаточной для надежной оценки эквивалентного уровня звука при выполнении данной операции. Если продолжительность операции менее 5 мин, то длительность измерения выбирают равной продолжительности операции. Допускается уменьшить время измерения, если установлено, что значение измеряемой величины остается стабильным или вклад данной операции в результат измерения шума на рабочем месте незначителен (см. рисунок 4, операция 1).

Если изменения уровня шума при выполнении операции близки к периодическим, то каждое измерение должно включать в себя не менее трех периодов. Если при этом длительность измерения шума окажется менее 5 мин, то его следует увеличить до не менее 5 мин. При этом она должна быть кратна периоду изменения уровня шума (см. рис.4, операция 2).

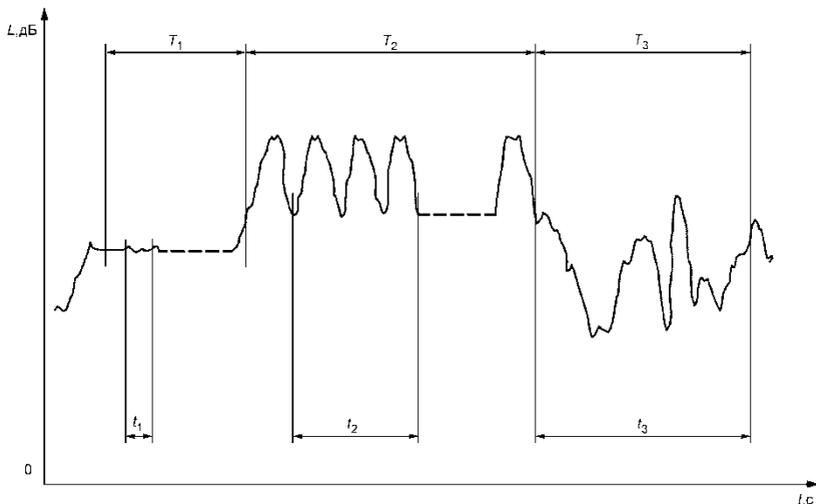


Рис.4. Пример трех интервалов с разной шумовой обстановкой и периодами измерения шума для каждого из них

Если шум во время выполнения операции изменяется случайным образом в широких пределах, то длительность каждого измерения шума должна быть достаточно, чтобы получить результат измерения $L_{p,AeqT,m}$ представительный для данной операции (см. рис.4, операция 3).

Для каждой операции необходимо выполнить не менее трех измерений. Чтобы оценить возможные изменения в уровне шума, рекомендуется проводить измерения в различные фазы выполнения операции или для разных работников данной группы.

Если результаты трех измерений будут различаться на 3 дБ и более, то следует выполнить одно из следующих действий:

- выполнить еще не менее трех измерений для данной операции;
- разбить операцию на более мелкие части и повторить процедуру определения T_m и $L_{p,AeqT,m}$;
- повторить процедуру определения $L_{p,AeqT,m}$, увеличив длительность каждого измерения.

По I измерениям шума во время выполнения m -й рабочей операции рассчитывают эквивалентный уровень звука $L_{p,AeqT,m}$, дБ, по формуле:

$$L_{p,AeqT,m} = 10 \lg \frac{1}{I} \sum_{i=1}^I 10^{0,1L_{p,AeqT,mi}} \quad (6)$$

где: $L_{p,AeqT,mi}$ – эквивалентный уровень звука при выполнении m -й операции в течение i -го измерения; i – номер выборочного измерения шума m -й операции; I – число измерений при выполнении m -й операции.

Тогда эквивалентный уровень звука за 8-ми часовой рабочий день определить следующим образом:

$$E_{EX,8h} = 10 \lg \sum_{m=1}^M \frac{T_m}{T_0} 10^{0,1L_{p,A,eq,Tm}}, \quad (7)$$

где $L_{p,A,eq,Tm}$ – эквивалентный уровень звука при выполнении m -й операции; T_m – средняя продолжительность m -й операции, рассчитываемая по формуле (5), ч; T_0 – базовая длительность рабочего дня, равная 8 ч; m – номер рабочей операции; M – число рабочих операций, дающих вклад в эквивалентный уровень звука за 8-часовой рабочий день.

3.1.1. Расчет стандартной неопределенности

Стандартную неопределенность в данной стратегии рассчитывают по следующей формуле:

$$\Delta E_{EX,8h} = \sqrt{\sum_{m=1}^M c_a^2 (u_{1am}^2 + u_{2m}^2 + u_3^2) + c_{1bm}^2 u_{1bm}^2}, \quad (8)$$

где u_{1am} – оценка СКО эквивалентного уровня звука при выполнении m -ой операции, определяемая по формуле:

$$u_{1am} = \sqrt{\frac{1}{I(I-1)} \left[\sum_{i=1}^I (L_{p,A,eqT,m_i} - \bar{L}_{p,A,eqT,m})^2 \right]}, \quad (9)$$

$$\bar{L}_{p,A,eqT,m} = \frac{1}{I} \sum_{i=1}^I L_{p,A,eqT,m_i}, \quad (10)$$

L_{p,A,eqT,m_i} – уровень звука при i -м измерении шума m -й операции; u_{2m} – стандартная неопределенность инструментальной составляющей неопределенности измерения шума при выполнении m -й рабочей операции; **при выполнении измерений шумомером 1-го класса точности её значение всегда принимается равным $u_2=0,7$ дБ**; u_{3m} – стандартная неопределенность расположения микрофона, ее значение, в соответствии с п.С6 [2], принимают равным 1,0 дБ; u_{1bm} – стандартная неопределенность оценки продолжительности выполнения m -ой операции; при выборочной оценке определяется как обычная оценка СКО продолжительности m -ой операции; если продолжительность m -ой операции определяется по опросу работников или руководителя, то стандартная неопределенность принимается равной половине интервала, выясненного при опросе;

c_a , c_{bm} – коэффициенты чувствительности соответствующих величин; как обычно, они равны частной производной измеряемой физической величины по соответствующей переменной, но в данном случае ГОСТ [2] требует, чтобы они рассчитывались по формулам:

$$c_a = \frac{T_m}{T_0} \cdot 10^{0,1(L_{p,A,eqT,m} - L_{EX,8h})}, \quad (11)$$

$$c_{bm} = 4,34 \frac{c_a}{T_m}. \quad (12)$$

3.1.2. Пример расчета эквивалентного уровня звука за 8-часовой рабочий день при использовании стратегии измерения на основе рабочей операции

Этап 1. Анализ рабочей обстановки

В примере рассматривается оценка шума на рабочем месте сварщика механической мастерской. Рабочий день сварщика включает в себя:

- планирование работ (работа в малошумных условиях);
- два периода (до и после обеденного перерыва) резки, зачистки и сварки стальных листов.

Все сварщики механической мастерской выполняют одну и ту же работу, поэтому их можно объединить в группу равного шумового воздействия.

Согласно информации, полученной от мастера участка, выполняемые сварщиком функции можно разделить на три рабочие операции:

- 1) сварка;
- 2) резка и зачистка;
- 3) работа в малошумных условиях (перерывы и планирование работ).

Со слов сварщиков они тратят от 1 до 2 ч в день на операции резки и зачистки и от 4 до 6 ч в день на сварку. Остальную часть рабочего дня составляют перерывы и планирование работ. На основе этих данных за продолжительность каждой операции принимаем среднее из указанных работниками значений, а значения стандартных неопределенностей продолжительностей операций приняты равными половине интервала, указанного работниками. Таким образом, **продолжительности операций равны:**

- планирование работ (малошумные условия) – $T_1=1,5$ часа;
- сварка – $T_2= 5$ часов;
- резка и зачистка – $T_3=1,5$ часа;

а значения стандартных неопределенностей продолжительностей операций равны:

- планирование работ (малошумные условия) – $\Delta T_1=u_{1b1}=0$;
- сварка – $\Delta T_2= u_{1b2}= 1$ час;
- резка и зачистка – $\Delta T_3= u_{1b3}= 0,5$ часа.

Этап 2. Выбор стратегии измерения

Поскольку число операций, выполняемых сварщиком, ограничено, и каждая из них хорошо определена, рассматриваемая ситуация наилучшим образом подходит для выбора стратегии измерения на основе рабочей операции.

Этап 3. Проведение измерений

Все измерения производились шумомером 1-го класса, следовательно, для каждой операции $u_2=0,7$ дБ.

В данном примере эквивалентный уровень звука $L_{p,A,eqT}$ в период планирования работ (и перерывов) равен 70 дБ.

Интервал измерений должен охватывать не менее трех рабочих циклов.

Обследование рабочего места показало, что длительность измерения шума при выполнении операции зачистки должна быть не менее 7 мин, а для операции сварки - не менее 4 мин. Однако согласно п.9.3 [2] длительность измерения должна быть не менее 5 мин для каждой операции. Поэтому для операции сварки длительность измерений принята равной 5 мин.

В результате измерений были получены следующие значения.

Планирование работ и перерывы: $L_{p,A,eqT,1}=70$ дБ.

Сварка: $L_{p,A,eqT,21}=80,1$ дБ; $L_{p,A,eqT,22}=82,2$ дБ; $L_{p,A,eqT,23}=79,6$ дБ.

Зачистка: $L_{p,A,eqT,31}=86,5$ дБ; $L_{p,A,eqT,32}=92,4$ дБ; $L_{p,A,eqT,33}=89,3$ дБ.

Поскольку разброс значений, полученных при измерении во время зачистки и резки, превысил 3 дБ, для данной операции были выполнены три дополнительных измерения со следующими результатами:

$L_{p,A,eqT,34}=93,2$ дБ; $L_{p,A,eqT,35}=87,8$ дБ; $L_{p,A,eqT,36}=86,2$ дБ.

Этап 4. Проверка на ошибки

Наблюдения, проведенные во время измерений, показали отсутствие источников существенных рисков, которые могли бы привести к недостоверным результатам измерений.

5. Этап 5. Вычисления и представление результата измерения

5.1. Расчет эквивалентного уровня звука за 8-часовой рабочий день.

Для каждой рабочей операции рассчитаны эквивалентные уровни звука по формуле (6). Так, для операции сварки расчет дал следующее значение:

$$L_{p,A,eqT,2} = 10 \lg \frac{1}{3} (10^{8,01} + 10^{8,2} + 10^{7,96}) = 80,8 \text{ дБ}$$

Аналогично для третьей операции – «зачистки» было получено $L_{p,A,eqT3}=90,1$ дБ, а для операции «планирование работ» ранее было определено $L_{p,A,eqT1}=70$ дБ. Тогда по формуле (7) с учетом принятой продолжительности выполнения каждой операции определяем эквивалентный уровень звука за 8 часовой рабочий день:

$$L_{EX,8h} = 10 \lg \left(\frac{1,5}{8} 10^{0,170} + \frac{5}{8} 10^{0,180,8} + \frac{1,5}{8} 10^{0,190,1} \right) = 84,3 \text{ дБ}$$

Для каждой операции рассчитываем среднее значение эквивалентного уровня звука по формуле (10) и, используя его, определяем по (9) стандартную неопределенность измерения шума. Для операции сварки:

$$u_{1a,2} = \sqrt{\frac{1}{2 \cdot 3} \left[(80,1 - 80,6)^2 + (82,2 - 80,6)^2 + (79,6 - 80,6)^2 \right]} = 0,8 \text{ дБ}$$

Аналогично для операции зачистки и резки $u_{1a,3}=1,2$ дБ. Стандартная неопределенность, соответствующая периоду планирования работ и перерывов, может быть принята равной нулю, поскольку в качестве эквивалентного уровня звука для этой операции было взято максимальное значение уровня звука, но даже оно значительно меньше шума в двух других операциях. Следовательно, данная операция не дает вклад в эквивалентный уровень звука за 8 часовой рабочий день $u_{1a,1}=0$ дБ.

Измерения производились без участия работника, при этом удавалось выдержать необходимое направление измерительной оси микрофона в соответствии с ориентацией головы работника. Расстояние от микрофона до ближайшей крупной поверхности (в том числе и оператора) было не менее 0,6м.

Поскольку измерения проводились интегрирующим шумомером 1 класса точности, стандартная неопределенность, обусловленная применяемым средством измерения в соответствии с табл. С5 [2] $u_2=0,7$ дБ (для всех операций), а стандартная неопределенность расположения микрофона, в соответствии с п.С6 [2] $u_3=1,0$ дБ (для всех операций).

Определяем коэффициенты чувствительности. Коэффициенты c_a для каждой операции вычисляем по формуле (11):

$$c_{a1} = \frac{T_1}{T_0} 10^{0,1(L_{p,A,eqT_1} - L_{EX,8h})} = \frac{1,5}{8} 10^{0,1(70-84,3)} = 0,007 \approx 0;$$

$$c_{a2} = \frac{T_2}{T_0} 10^{0,1(L_{p,A,eqT_2} - L_{EX,8h})} = \frac{5}{8} 10^{0,1(80,6-84,3)} = 0,27;$$

$$c_{a3} = \frac{T_3}{T_0} 10^{0,1(L_{p,A,eqT_3} - L_{EX,8h})} = \frac{1,5}{8} 10^{0,1(90,1-84,3)} = 0,71.$$

Коэффициенты c_{bt} для каждой m -ой операции определяем по формуле (12):

$$c_{b1}=0;$$

$$c_{b2} = 4,34 \frac{c_{a2}}{T_2} = 4,34 \frac{0,2666}{5} = 0,23 \frac{\text{ч}}{\text{дБ}};$$

$$c_{b3} = 4,34 \frac{c_{a3}}{T_3} = 4,34 \frac{0,71}{1,5} \approx 2,1 \frac{\text{ч}}{\text{дБ}}.$$

Тогда применение формулы (8) для суммарной стандартной неопределенности дает следующий результат:

$$\Delta L_{EX,8h} = \sqrt{c_{a2}^2 (u_{1a2}^2 + u_2^2 + u_3^2) + c_{a3}^2 (u_{1a3}^2 + u_2^2 + u_3^2) + (c_{b2} \Delta T_2)^2 + (c_{b3} \Delta T_3)^2} =$$

$$= \sqrt{0,27^2 (0,8^2 + 0,7^2 + 1^2) + 0,71^2 (1,2^2 + 0,7^2 + 1^2) + (0,23 \cdot 1)^2 + (2,1 \cdot 0,5)^2} =$$

$$= 1,6696 \approx 1,7 \text{ дБ}$$

Таким образом, эквивалентный уровень звука за 8-часовой рабочий день на рабочем месте сварщика равен $L_{EX,8h}=84,3$ дБ со стандартной неопределенностью $\Delta L_{EX,8h} \approx 1,7$ дБ.

3.2. Стратегия измерения на основе трудовой функции

Данную стратегию применяют, когда сложно описать характерный рабочий день для данного работника и выделить отдельные выполняемые им рабочие операции или когда по каким-то причинам нет возможности провести

детальный анализ рабочей обстановки. Сущность стратегии заключается в проведении серии измерений в один или несколько дней так, чтобы измерения были охвачены все характерные отрезки рабочего дня. Полученная выборка результатов измерений должна наиболее достоверно представлять шумовую обстановку на данном рабочем месте в типичный рабочий день. Это достигается планированием проведения измерений.

1). На первом этапе формируют **группу равного шумового воздействия** – группу работников данной профессии (занятых на данном рабочем месте), которые выполняют одинаковую работу примерно в одинаковой шумовой обстановке. Это **обязательно** должны быть работники **одинаковой профессии**, выполняющие **одинаковые трудовые функции**, но могущие находиться в разных местах производственного помещения.

2). После определения количества работников в группе равного шумового воздействия n_G в зависимости от его значения по таблице 1 определяют минимальную суммарную длительность измерения $T_{\Sigma min}$.

Таблица 1. Минимальная суммарная длительность выборочных измерений.

Число работников в группе n_G	Минимальная суммарная длительность распределенных по группе измерений, $T_{\Sigma min}$, ч
Менее 5	5
От 5 до 15 включительно	$5 + (n_G - 5) \times 0,5$
От 15 до 40 включительно	$10 + (n_G - 15) \times 0,25$
Более 40	17

3). Определяют количество выборочных измерений J ($J \geq 5$) и продолжительность каждого j -го выборочного измерения T_{ij} так, чтобы $\sum T_{ij} \geq T_{\Sigma min}$.

4). Планируют проведение выборочных измерений так, чтобы они были случайным образом распределены среди работников группы и по всему рабочему дню (или по выбранным дням).

Пример. Необходимо составить план измерений для группы равного шумового воздействия из шести работников. В результате получаем:

- минимальная суммарная длительность измерений для данной группы равна 5,5 ч (по табл. 1);

- число измерений выбираем равным 9, а длительность каждого измерения принимаем 40 мин; тогда суммарная продолжительность измерений 360 минут или 6 ч, что больше минимальной длительности измерений по табл. 1.;

- из шести работников группы были случайным образом выбраны трое, среди которых случайным образом были распределены измерения (см. ниже);

- измерения производились следующим образом.

При выполнении работы первым работником, измерения производи-

лись в промежутки времени с 8^{30} до 9^{10} ; с 9^{20} до 10^{00} и, наконец, с 10^{10} до 10^{50} .

Для измерения шума на рабочем месте второго работника были выбраны следующие отрезки времени:

$11^{00} \div 11^{40}$; $13^{00} \div 13^{40}$; $13^{45} \div 14^{25}$; с 12^{00} до 13^{00} измерения не проводились, поскольку был обеденный перерыв.

Для измерения шума на рабочем месте третьего работника были выбраны следующие отрезки времени:

$14^{45} \div 15^{25}$; $15^{30} \div 16^{15}$; $16^{30} \div 17^{15}$.

5). Определяем среднее значение эквивалентного уровня звука по результатам выборочных измерений:

$$L_{p,A,eqT} = 10 \lg \frac{1}{J} \sum_{j=1}^J 10^{0,1L_{p,A,eqTj}} \quad (13)$$

где $L_{p,A,eqTj}$ – результат j -го выборочного измерения уровня звука.

6). Определяем эквивалентный уровень звука за рабочий день:

$$L_{EX,8h} = L_{p,A,eqT} + 10 \lg \frac{T_e}{T_0} \quad (14)$$

где T_e и T_0 – соответственно эффективная и базовая продолжительности рабочего дня, ч.

При этом согласно [2] эффективная длительность номинального рабочего дня – это период времени, в течение которого наблюдается воздействие шума, существенного и представительного для данного рабочего места. Определяя значение T_e следует быть аккуратным, поскольку любое изменение его значения приводит, согласно (14) к изменению результата измерения.

3.2.1. Расчет стандартной неопределенности

Согласно [2] значение суммарной стандартной неопределенности эквивалентного уровня звука за 8-ми часовой рабочий день $\Delta L_{EX,8h}$ определяют по следующему соотношению:

$$\Delta L_{EX,8h} = \sqrt{(c_1 u_1)^2 + (c_2 u_2)^2 + (c_3 u_3)^2}, \quad (15)$$

где $c_i u_i$ определяется по таблице Приложения в зависимости от объема выборки J результатов измерения $L_{p,A,eqT}$ и стандартной неопределенности этой выборки u_i ; значение u_1 определяют по формуле:

$$u_1 = \sqrt{\frac{1}{(J-1)} \sum_{j=1}^J (\bar{L}_{p,A,eqT} - L_{p,A,eqTj})^2}, \quad (16)$$

причем, $\bar{L}_{p,A,eqT}$ определяется по (10); u_2 – стандартная неопределенность зависящая от типа средства измерения шума; **при выполнении измерений шумомером 1-го класса точности её значение всегда принимается равным $u_2=0,7$ дБ**; u_3 – стандартная неопределенность, обусловленная местом установки микрофона; в соответствии с п.С6 [2] её значение принимают равным 1дБ;

указанное значение получено по экспериментальным данным. Если работник носит микрофон на себе или если микрофон расположен близко к телу работника, то указанная составляющая неопределенности обусловлена экранирующим и отражающим эффектами тела. Если измерения проводятся при отсутствии работника на рабочем месте, то данная составляющая неопределенности обусловлена тем, что выбранная точка измерения не точно соответствует положению головы работника при выполнении им рабочего задания; c_2, c_3 – коэффициенты чувствительности (значимости) соответствующих неопределенностей; согласно ГОСТ [2] их значения приняты равными 1.

Если значение s_{11} по таблице Приложения 1 получилось не меньше 3,5, то рекомендуется пересмотреть план измерений в сторону уменьшения u_1 . Этого можно достигнуть, увеличив количество выборочных измерений (что предпочтительно) или изменив количество работников в группе равного шумового воздействия.

3.2.2. Пример расчета эквивалентного уровня звука за 8-часовой рабочий день при использовании стратегии измерения на основе трудовой функции

В примере рассматривается оценка шума на рабочем месте работника на поточной линии с использованием стратегии измерения на основе трудовой функции. На производстве имеется несколько автоматизированных линий без существенных отличий в условиях работы занятых на них работников.

Этап 1. Анализ рабочей обстановки

Работники на поточной линии выполняют схожие функции: пуск линии, контроль ее работы и устранение неполадок. Эти функции включают в себя разные операции (например, загрузка сырья, наблюдение за производством, удаление готовой продукции, регулировка режима работы линии), однако в процессе анализа рабочей обстановки между этими операциями не было выявлено никакого различия с точки зрения воздействующего шума (от операции к операции шумовая обстановка оставалась для работников практически неизменной), и, кроме того, затруднение представляло определение продолжительности каждой операции. Восемнадцать работников, работающих в схожей шумовой обстановке, составили группу равного шумового воздействия. Эффективная длительность рабочего дня для этой группы была определена равной 7,5 ч.

Этап 2. Выбор стратегии измерения

Анализ работы группы показал отсутствие необходимости детального описания выполняемых ими рабочих операций. Как следствие, была принята стратегия измерения на основе трудовой функции.

Этап 3. Проведение измерений

При выборе плана измерений во внимание были приняты следующие обстоятельства:

- общее время измерений для группы согласно табл.1 должно быть не менее 10,75 ч;
- в указанный период времени должно быть выполнено не менее пяти

выборочных измерений равной длительности.

Исходя из этого, было принято решение проводить шесть выборочных измерений длительностью два часа каждое. Таким образом, суммарное время измерений получается равным 12 часам, что больше минимально необходимо-го времени 10,75 ч.

При распределении шести измерений между членами группы на временном интервале выполнения работ было учтено, что:

- измерения будут проводиться с использованием одного шумомера 1-го класса точности;
- члены группы работали в две смены от 05:00 до 13:00 и от 13:00 до 21:00.

Из членов группы случайным образом были отобраны шесть работников. Измерения были запланированы следующим образом:

- день 1, утренняя смена, 1-й работник, время измерений с 10:00 до 12:00 часов; вечерняя смена, 2-й работник, время измерений с 13:30 до 15:30;
- день 2, утренняя смена, 3-й работник, время измерений с 8:30 до 10:30; вечерняя смена, 4-й работник, время измерений с 14:00 до 16:00;
- день 3, утренняя смена, 5-й работник, время измерений с 11:00 до 13:00; вечерняя смена, 6-й работник, время измерений с 17:00 до 19:00;

Указанные измерения дали следующие значения, дБ:

88,1; 86,1; 89,7; 86,5; 91,1; 86,7.

Этап 4. Проверка на ошибки

Потенциальных источников ошибок выявлено не было.

Этап 5. Вычисления и представление результата измерения

Среднее значение эквивалентного уровня звука по данным выборочных измерений определяем по (13):

$$L_{p,A,eqT} = 10 \lg \frac{1}{6} (10^{0,188,1} + 10^{0,186,1} + 10^{0,189,7} + 10^{0,186,5} + 10^{0,191,1} + 10^{0,186,7}) = 88,4 \text{ дБ}$$

Тогда эквивалентный уровень звука за 8-ми часовой рабочий день для эффективной длительности рабочего дня 7,5 часов будет равен (14):

$$L_{EX,8h} = 88,4 + 10 \lg \frac{7,5}{8} = 88,1 \text{ дБ.}$$

Определяем стандартную неопределенность результата измерений. Стандартную неопределенность выборки u_1 найдем по соотношению (16):

$$u_1 = \sqrt{\frac{1}{5} \left[(88,4 - 88,1)^2 + (88,4 - 86,1)^2 + (88,4 - 89,7)^2 + (88,4 - 86,5)^2 + (88,4 - 91,1)^2 + (88,4 - 86,7)^2 \right]} = 2,04 \approx 2,0 \text{ дБ}$$

По таблице Приложения для выборки объемом 6 единиц и её стандартной неопределенности $u_1=2$ определяем вклад в неопределенность результата измерений $c_1 u_1=1,4$ дБ. Поскольку использовался шумомер 1-го класса, то $u_2=0,7$ дБ, и поскольку трудно было все время удерживать микрофон в нужном направлении то $u_3=1,0$ дБ. Коэффициенты чувствительности этих неопределен-

ностей равны 1. Окончательно имеем:

$$\Delta L_{EX,8h} = \sqrt{1,4^2 + (0,7 \cdot 1)^2 + (1,0 \cdot 1,0)^2} = 1,857 \approx 1,9 \text{ дБ}$$

Тогда результат измерений выразится следующим образом: эквивалентный уровень звука за 8-ми часовой рабочий день равен 88,1 дБ со стандартной неопределенностью 1,9 дБ.

3.3. Стратегия измерения на основе рабочего дня

Измерения на основе рабочего дня позволяют учесть все события, связанные с шумовым воздействием на работника, включая периоды относительной тишины. Такие измерения требуют больших затрат времени и их целесообразно проводить с использованием персональных дозиметров шума (или аналогичных средств измерений).

При использовании данной стратегии следует убедиться, что выбранный для измерений день представлятелен с точки зрения шумовой обстановки для данного работника.

Проведение измерения в течение всего рабочего дня может оказаться невозможным по практическим соображениям. В таком случае измерения должны охватить максимально большую часть рабочего дня, включая все значительные периоды шумового воздействия.

Поскольку при данной стратегии учитывается воздействие всех источников шума, действующих в день измерения, существует повышенный риск попадания в их число и ложных источников. Этот риск можно уменьшить за счет тщательного контроля действий работника во время измерения, проведения выборочных измерений в разные моменты рабочего дня и/или опроса работника после завершения рабочей смены о выполненных им операциях и местах выполнения работ.

Еще один источник неопределенности – определение эффективной длительности рабочего дня T_e . Хотя эта физическая величина стоит под знаком логарифма, а значит, погрешность в ее определении оказывает на результат меньшее влияние, все-таки следует проявлять терпение и настойчивость при выяснении реальной продолжительности шумового воздействия. При этом для ряда профессий может оказаться, что реальная продолжительность рабочего дня больше 8 часов. В этом случае результат измерения эквивалентного уровня звука за 8-ми часовой рабочий день будет больше (иногда – значительно) результата зафиксированного прибором. Следует помнить причину подобного «необоснованного» увеличения.

Формируя план измерений, учитывают следующие обстоятельства. Поскольку у нас отсутствует персональный дозиметр шума, оператор должен быть готов провести с работником несколько часов в день, в течение нескольких дней. При этом оператор должен контролировать действия работника не допуская нехарактерных шумовых воздействий, а при их появлении фиксировать их для учета в дальнейшем. Измерения проводят в течение времени максимально приближенному к реальной продолжительности рабочего дня. Чем ближе время проведения измерения к эффективной длительности рабочего

дня, тем точнее результат измерений.

Вначале проводят три измерения величины $L_{p,A,eqT}$, характеризующей шумовое воздействие на работника в течение полного рабочего дня.

Если результаты трех измерений отличаются менее чем на 3 дБ, то вычисляют эквивалентный уровень звука для номинального дня усреднением этих результатов по следующей формуле:

$$L_{p,A,eqT} = 10 \lg \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N 10^{0,1L_{p,A,eqT,n}} \quad (17)$$

где $L_{p,A,eqT,n}$ – уровень звука, полученный в n -й день измерений.

Если результаты трех измерений отличаются на 3 дБ и более, то проводят еще не менее двух измерений (за полный рабочий день) и вычисляют эквивалентный уровень звука для номинального дня усреднением по пяти измерениям.

Эквивалентный уровень звука за 8-часовой рабочий день $L_{EX,8h}$ дБ, вычисляют по следующей формуле:

$$L_{EX,8h} = L_{p,A,eqT} + 10 \lg \frac{T_e}{T_0}, \quad (18)$$

где $L_{p,A,eqT}$ – уровень звука для номинального дня, рассчитанный по (17); T_e – эффективная продолжительность рабочего дня.

3.3.1. Расчет стандартной неопределенности

Суммарную стандартную неопределенность эквивалентного уровня звука за 8-ми часовой рабочий день $L_{EX,8h}$ определяют в соответствии с п.3.2.1. При этом остаются в силе все замечания относительно неопределенностей связанных с типом средства измерения шума u_2 , местом установки микрофона u_3 и их коэффициентами чувствительности (значимости) c_2 и c_3 . Следовательно, алгоритм определения стандартной неопределенности эквивалентного уровня звука за 8-ми часовой рабочий для данной стратегии выглядит следующим образом.

1. По соотношениям (13) или (17) определяем среднее значение эквивалентного уровня звука по результатам выборочных измерений.

2. Используя полученное среднее значение эквивалентного уровня звука по соотношению (16) рассчитываем значение стандартной неопределенности этой выборки u_1 .

3. Если u_1 не превышает 3,5, то для объема выборки N и значения u_1 по таблице Приложения 1 находим составляющую $c_1 u_1$ стандартной неопределенности эквивалентного уровня звука. В противном случае проводим еще не менее 2 измерений и повторяем п.п.1÷3.

4. В зависимости от выбранного средства измерения (шумомер или персональный дозиметр) определяем значение неопределенности u_2 . Для шу-

момера 1-го класса точности $u_2=1$ дБ, для персонального дозиметра $u_2=1,5$ дБ.

5. Определяем значение неопределенности u_3 , обусловленной местом установки и ориентацией измерительной оси микрофона. Поскольку полностью отследить движения работника в течении времени измерения нереально, по экспериментальным данным, приведенным в [2] рекомендуется ее значение принимать равным 1 дБ, т.е. $u_3=1,0$ дБ.

6. Государственный стандарт [2] для неопределенностей u_2 и u_3 устанавливает значение коэффициентов чувствительности $c_2 = c_3=1,0$.

7. Значение неопределенности измерения эквивалентного уровня звука за 8-ми часовой рабочий день $\Delta L_{EX,8h}$ вычисляют по следующей формуле:

$$\Delta L_{EX,8h} = \sqrt{(c_1 u_1)^2 + (c_2 u_2)^2 + (c_3 u_3)^2} . \quad (19)$$

3.3.2. Пример расчета эквивалентного уровня звука за 8-часовой рабочий день при использовании стратегии измерения на основе рабочего дня

В примере рассматривается измерение шума слесаря сантехника работающего в отделе главного механика ВУЗа. В дежурной смене таких работников трое. В их обязанности входит обслуживание оборудования котельной, являющейся структурным подразделением ВУЗа, обслуживание оборудования умывальников и туалетов в учебных корпусах и производственных помещениях, а так же канализационных колодцев. Формально их рабочий день длится 12 часов, но реально эффективная длительность рабочего дня $T_e=11,5$ часов, что выяснено из опроса как работников, так и их руководителя. Поскольку в течении своего рабочего дня работники могут выполнять различные работы в условиях существенно разного шумового воздействия, то измерения производились для каждого из трех работников. При измерении использовался шумомер 1-го класса точности. Измерения производились при отсутствии работника, при этом имитировалось то же направление измерительной оси микрофона, что и головы работника. Три первых измерения дали следующие результаты: 75,6; 69,4 и 70,2 дБ. Поскольку разброс значений превысил 3 дБ, было принято решение произвести еще 3 замера, результаты которых 68,9; 72,8 и 70,9 дБ.

Среднее значение $L_{p,A,eqT}$ определяем по соотношению (13):

$$L_{p,A,eqT} = 10 \lg \frac{1}{6} (10^{0,1 \cdot 75,6} + 10^{0,1 \cdot 69,4} + 10^{0,1 \cdot 70,2} + 10^{0,1 \cdot 68,9} + 10^{0,1 \cdot 72,8} + 10^{0,1 \cdot 70,9}) = 71,3$$

Тогда неопределенность выборки u_1 определится по (16) следующим образом:

$$u_1 = \sqrt{\frac{1}{6} \left[(75,6 - 71,3)^2 + (69,4 - 71,3)^2 + (70,2 - 71,3)^2 + (68,9 - 71,3)^2 + (72,8 - 71,3)^2 + (70,9 - 71,3)^2 \right]} = 2,5 \text{ дБ}$$

По таблице Приложения определяем, что такому значению u_1 при объеме выборки $J=6$ соответствует $c_1 u_1 = 1,9$. Учитывая тип средства измерения (шумомер 1-го класса точности) и не полное совпадение с требуемым направлением измерительной оси микрофона, принимаем $u_2 = 0,7$ дБ, $u_3 = 1,0$ дБ, а коэффициенты чувствительности $c_2 = c_3 = 1$. Тогда суммарная стандартная неопределенность, в соответствии с (15), будет равна:

$$\Delta L_{EX,8h} = \sqrt{1,9^2 + (0,7 \cdot 1)^2 + (1 \cdot 1)^2} = 2,258 \approx 2,3 \text{ дБ}$$

Эквивалентный уровень звука за 8-часовой рабочий день определяем по (14) или (18). Имеем:

$$L_{EX,8h} = 71,3 + 10 \lg \frac{11,5}{8} = 72,9 \text{ дБ}$$

Окончательно, эквивалентный уровень звука за 8-часовой рабочий день равен 72,9 дБ со стандартной неопределенностью 2,3 дБ.

3.4. Требования к расположению микрофона

Для обеспечения достоверности измерения шума результат измерения интегрирующим шумомером должен быть представительным для шумового воздействия на ухо работника. Если звуковое поле на рабочем месте работника однородно, то вопрос выбора точки измерений не так важен, как в случае поля с сильной неравномерностью.

Предпочтительным является проведение измерений в отсутствие обследуемого работника на рабочем месте. Микрофон располагают в точке, где должна находиться голова работника при обычном способе выполнения работ, в центральной плоскости головы на линии между глазами, так, чтобы его измерительная ось совпадала с направлением взгляда работника. При этом следует учитывать, что работник при выполнении рабочих операций может принимать разные позы с разным расположением и ориентацией головы. Усредненная характеристика шумового воздействия на работника может быть получена перемещением точки измерения в пределах рабочего места, например, при движении микрофона с постоянной скоростью по траектории в виде лежащей цифры восемь (знака бесконечности).

Если в отсутствие работника результаты измерения на рабочем месте нельзя считать представительными, то измерения проводят во время выполнения работником своих функций, размещая микрофон на расстоянии от 0,1 до 0,4 м от входного отверстия наружного слухового прохода со стороны уха, где шум максимален.

Если характер деятельности работника или особенности его рабочего места не позволяют выполнить условие расположения микрофона в пределах

0,4 м от уха работника, то рекомендуется оценку шумового воздействия выполнять с помощью средства измерений, переносимого работником.

Если работник находится на очень близком расстоянии от источника шума, то это требует тщательного исследования звукового поля вокруг работника. При этом в протоколе измерений должно быть точно указано место расположения микрофона и направление его измерительной оси.

Если определить типичное положение головы работника во время его работы невозможно, то микрофон устанавливают следующим образом :

а) для стоящего работника - на высоте (1,55 +/- 0,08) м над уровнем поверхности, на которой стоит работник;

б) для сидящего работника - в центральной плоскости сиденья на высоте (0,80 +/- 0,05) м над его поверхностью при установке сиденья посередине диапазонов перемещения по вертикали и горизонтали.

Если работник при выполнении рабочего задания совершает перемещения относительно звукоизлучающей машины, то результаты измерений с помощью стационарно установленного микрофона могут дать завышенную или, наоборот, заниженную оценку шумового воздействия даже в том случае, когда рабочее место работника хорошо определено и неизменно в пространстве. В таких случаях рекомендуется проводить измерения с использованием персонального дозиметра шума.

Если работник находится поблизости от источника шума, то даже незначительные изменения в положении микрофона могут привести к значительным изменениям результата измерений. При наличии в шуме отчетливо выраженных тональных составляющих возможно образование стоячих волн. Чтобы определить вариации уровня звукового давления, микрофон устанавливают в разных точках в пределах рабочего места. Эти вариации интерпретируют как изменения уровня звукового давления со временем и соответствующим образом усредняют. При сканировании микрофона в пределах рабочего места работника разрешение по времени должно быть выбрано достаточно малым, чтобы обеспечить точное измерение зависимости уровня звукового давления от времени $L(t)$. Для последующего расчета составляющей неопределенности измерения, связанной с неравномерностью звукового поля, полученную функцию $L(t)$ разбивают на три, а лучше шесть временных интервалов равной длительности. Уменьшить данную составляющую можно проведением дополнительных измерений с помощью персонального дозиметра.

Повышения точности измерения можно добиться, своевременно считывая результат измерения с дисплея. На экран выводится значение $\Delta L_{\text{ат}}$. Это – **изменение** эквивалентного уровня звука за последние 30 с (см. тис.2). Если значение этой физической величины меньше 0,5 дБ, то подобное изменение не значимо для слуха нормального человека и, следовательно, можно на этом прекратить данный замер и зафиксировать результат, показываемый на дисплее крупно (самые крупные цифры на дисплее шумомера рис.2).

4. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

1. Особенностью данной лабораторной работы является то обстоятель-

ство, что она выполняется на реальном рабочем месте. Студенты, получают от преподавателя задание в виде наименования рабочего места, на котором будут измерять шум. Прибыв вместе с преподавателем на рабочее место, необходимо изучить особенности работы, выполняемой на данном рабочем месте, выбрать и обосновать стратегию измерения шума на нем.

2. Измерения предпочтительно проводить при отсутствии работника. Для этого необходимо внимательно изучить его расположение и перемещение на рабочем месте и при измерении перемещать микрофон также как двигался работник, стараясь, чтобы направление измерительной оси микрофона совпало с направлением акустической оси органов слуха работника. При этом необходимо учитывать требования п.3.4 данных методических указаний.

3. Следует обратить особое внимание на работу с микрофоном. Во избежание повреждения измерительной мембраны ни в коем случае нельзя ронять микрофон или резко приближать его к крупным отражающим поверхностям.

4. При выборе стратегии измерения шума «на основе трудовой функции» или «на основе рабочего дня» продолжительность измерений по определению превысит продолжительность лабораторной работы. Поэтому, определив количество измерений в соответствии с п.п. 3.2 или 3.3, **суммарную** продолжительность всех измерительных экспериментов в каждой стратегии следует выбирать не более 1 часа. Повышения точности измерений, в этом случае, можно добиться путем учета замечаний в конце п.3.4.

5. Отчет по лабораторной работе должен содержать краткие теоретические сведения, наименование рабочего места, на котором измерялся шум, обоснование выбора стратегии измерения, подробное описание программы измерений с указанием всех имевшихся особенностей шумовой обстановки. В случае превышения уровнем шума предельно допустимого значения необходимо указать мероприятия по уменьшения шума на рабочем месте.

6. К отчету по лабораторной работе прикладывают протокол измерений шума на рабочем месте, оформленный с помощью программного комплекса «Аттестация 5+». В протоколе должен быть приведен план помещения с указанием на нем рабочего места и расположения микрофона. В случае превышения уровнем шума предельно допустимого значения мероприятия по уменьшению шума следует внести в соответствующий раздел протокола, используя программный комплекс «Аттестация5+».

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какая физическая величина характеризует воздействие шума на человека?

2. Укажите виды шумов по временным и частотным характеристикам.

3. Что такое постоянный шум?

4. Что такое непостоянный шум? Укажите виды непостоянных шумов.

5. Что такое импульсный шум? Как определить его наличие?

6. Что такое широкополосный шум?

7. Что такое тональный шум? Как определить его наличие?

8. С какой целью шумомер производит временные преобразования входного сигнала?
9. Какие виды временных преобразований реализует изучаемый шумомер?
10. С какой целью производят частотные преобразования входного сигнала?
11. Какие виды частотных преобразований реализует изучаемый шумомер?
12. В чем особенность частотной характеристики «А» шумомера?
13. Какие стратегии измерения шума существуют?
14. Что показывает величина ΔL_{AT} , выводимая на дисплей шумомера?
15. Расскажите суть стратегии измерения шума на основе рабочей операции.
16. Что такое эффективная длительность номинального рабочего дня, и как она определяется в данной стратегии?
17. Сколько измерений уровней шума для каждой операции необходимо выполнить?
18. В каком случае следует увеличить количество измерений уровней шума для каждой операции сверх минимально необходимого?
19. Укажите составляющие стандартной неопределенности результата измерения в стратегии «на основе рабочей операции».
20. Как определяются коэффициенты чувствительности составляющих стандартной неопределенности результата измерения в стратегии «на основе рабочей операции»?
21. Расскажите суть стратегии измерения шума на основе трудовой функции.
22. Что такое группа равного шумового воздействия?
23. Как определяется минимальная суммарная длительность выборочных измерений?
24. Укажите составляющие стандартной неопределенности результата измерения в стратегии «на основе трудовой функции».
25. В каком случае следует пересматривать план измерений шума в стратегии «на основе трудовой функции»?
26. Расскажите суть стратегии измерения шума на основе рабочего дня.
27. Укажите составляющие стандартной неопределенности результата измерения в стратегии «на основе рабочего дня».
28. Укажите недостатки стратегии измерения шума на основе рабочей операции. Укажите способы их преодоления.
29. Укажите недостатки стратегии измерения шума на трудовой функции. Укажите способы их преодоления.
30. Укажите недостатки стратегии измерения шума на основе рабочего дня. Укажите способы их преодоления.
31. Как использовать возможности шумомера данной конструкции для повышения точности измерений?

📖 БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СанПиН 2.2.4.3359-16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах». [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71362000/>
2. ГОСТ Р ИСО 9612-2013. Национальный стандарт Российской Федерации. Акустика. «Измерения шума для оценки его воздействия на человека. Метод измерений на рабочих местах». [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200140579>

Приложение

Вклад $s_1 u_1$ для значений стандартной неопределенности u_1 величины $L_{p.A.eqT,i}$, дБ

J	u_1											
	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6
3	0,6	1,6	3,1	#5,2 #	#8,0 #	#11, 5#	#15, 7#	#20, 6#	#26, 1#	#32, 2#	#39, 0#	#46, 5#
4	0,4	0,9	1,6	2,5	#3,6 #	#5,0 #	#6,7 #	#8,6 #	#10, 9#	#13, 4#	#16, 1#	#19, 2#
5	0,3	0,7	1,2	1,7	2,4	3,3	#4,4 #	#5,6 #	#6,9 #	#8,5 #	#10, 2#	#12, 1#
6	0,3	0,6	0,9	1,4	1,9	2,6	3,3	#4,2 #	#5,2 #	#6,3 #	#7,6 #	#8,9 #
7	0,2	0,5	0,8	1,2	1,6	2,2	2,8	3,5	#4,3 #	#5,1 #	#6,1 #	#7,2 #
8	0,2	0,5	0,7	1,1	1,4	1,9	2,4	3,0	#3,6 #	#4,4 #	#5,2 #	#6,1 #
9	0,2	0,4	0,7	1,0	1,3	1,7	2,1	2,6	3,2	#3,9 #	#4,6 #	#5,4 #
10	0,2	0,4	0,6	0,9	1,2	1,5	1,9	2,4	2,9	3,5	#4,1 #	#4,8 #
12	0,2	0,3	0,5	0,8	1,0	1,3	1,7	2,0	2,5	2,9	3,5	#4,0 #
14	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9	1,2	1,5	1,8	2,2	2,6	3,0	3,5
16	0,1	0,3	0,5	0,6	0,8	1,1	1,3	1,6	2,0	2,3	2,7	3,2
18	0,1	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,5	1,8	2,1	2,5	2,9
20	0,1	0,3	0,4	0,5	0,7	0,9	1,1	1,4	1,7	2,0	2,3	2,6
25	0,1	0,2	0,3	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,7	2,0	2,3
30	0,1	0,2	0,3	0,4	0,6	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	1,7	2,0

Оглавление

Введение	3
1. Классификация шумов и их характеристики.	3
2. Приборы для измерения шума	4
2.1. Принцип действия и устройство шумомера.	4
2.2. Панель управления шумомером.	6
2.3. Порядок работы с прибором	8
3. Методы измерения шума	8
3.1. Стратегия измерения на основе рабочей операции.	8
3.1.1. Расчет стандартной неопределенности	11
3.1.2. Пример расчета эквивалентного уровня звука за 8-часовой рабочий день при использовании стратегии измерения на основе рабочей операции	12
3.2. Стратегия измерения на основе трудовой функции	14
3.2.1. Расчет стандартной неопределенности	16
3.2.2. Пример расчета эквивалентного уровня звука за 8-часовой рабочий день при использовании стратегии измерения на основе трудовой функции	17
3.3. Стратегия измерения на основе рабочего дня	19
3.3.1. Расчет стандартной неопределенности	20
3.3.2. Пример расчета эквивалентного уровня звука за 8-часовой рабочий день при использовании стратегии измерения на основе рабочего дня	21
3.4. Требования к расположению микрофона	22
4. Порядок проведения работы	23
5. Контрольные вопросы	24
Библиографический список	26
Приложение	27