

Т.Ю. Малинина

эксперт Рязанской лаборатории
судебной экспертизы Минюста России

П.И. Милюхин

начальник Рязанской лаборатории
судебной экспертизы Минюста России,
канд. юрид. наук, доцент

А.Е. Малютин

начальник экспертного отдела Рязанской лаборатории
судебной экспертизы Минюста России, канд. физ.-мат. наук

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ШУМОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК БЫТОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СУДЕБНОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ ЭЛЕКТРОБЫТОВОЙ ТЕХНИКИ

Представленная методика состоит по сути из проведения измерений в определенных точках измерительной поверхности, построенной вокруг исследуемого объекта по соответствующим правилам, с последующей обработкой результатов.

Ключевые слова: судебная экспертиза, шумовая характеристика, акустические условия, вспомогательное оборудование, измерительная поверхность.

T. Malinina

Forensic examiner, Ryazan Laboratory of Forensic Science of the Russian Ministry of Justice

P. Milyukhin

Head of Ryazan Laboratory of Forensic Science of the Russian Ministry of Justice, PhD (Law),
assistant professor

A. Malyutin

Head of department, Ryazan Laboratory of Forensic Science of the Russian Ministry of Justice,
PhD (Physics & Mathematics)

METHODOLOGY FOR DETERMINING THE NOISE CHARACTERISTICS OF HOUSEHOLD APPLIANCES AS PART OF FORENSIC TESTING OF ELECTRICAL HOUSEHOLD EQUIPMENT

The proposed methodology consists of measuring sound power levels in selected locations of the measurement surface grid set up around the tested object in compliance with relevant requirements, and consequent processing of measurement results.

Keywords: forensic science, noise characteristics, acoustic conditions, auxiliary equipment, measurement surface.

В настоящее время в быту широко используются различные электрические устройства (приборы), являющиеся источниками шума: пылесосы, холодильники, кухонные вытяжки, стиральные машины и др. Одной из типичных диагностических задач, ставящихся судом на разрешение эксперта, является установление соответствия шумовых характеристик различных электробытовых устройств заявленным в документации значениям и (или) требованиям стандартов. В данной статье описывается методика по определению двух основных шумовых характеристик электробытовых приборов – уровня звука и скорректированного уровня звуковой мощности.

Предлагаемая методика разработана на основе действующих в настоящее время в Российской Федерации Государственных стандартов:

1. ГОСТ 30163.0-95. Бытовые и аналогичные электрические приборы. Методы определения распространяющегося в воздухе шума. Часть 1. Общие требования.
2. ГОСТ Р 51401-99. Шум машин. Определение уровней звуковой мощности источников шума по звуковому давлению. Технический метод в существенно свободном звуковом поле над звукоотражающей плоскостью.
3. ГОСТ Р 51402-99. Шум машин. Определение уровней звуковой мощности источников шума по звуковому давлению. Ориентировочный метод с использованием измерительной поверхности над звукоотражающей плоскостью.
4. ГОСТ 17187-2010. Шумомеры. Часть 1. Технические требования.
5. СТ СЭВ 4672-84. Приборы электрические бытовые. Предельные уровни шума и методы определения.

Термины и определения

В настоящей методике используются следующие термины и определения (формулировки приводятся согласно ГОСТ 31252-2004 «Шум машин. Руководство по выбору метода определения уровней звуковой мощности» и ГОСТ 12.1.003-83 «Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности»):

Машина: любой технический объект, работа которого сопровождается шумом, если только объект не предназначен для подачи звуковых сигналов.

Постоянный шум: шум, изменения которого на интервале наблюдения пренебрежимо малы.

Фоновый шум: шум от всех источников, кроме испытываемой машины.

Шумовая характеристика: параметр излучения, используемый для оценки шума машины. (Примечание: примерами шумовых характеристик являются скорректированный по А уровень звуковой мощности, уровни звуковой мощности в полосах частот, уровни звукового давления излучения в контрольных точках в полосах частот, уровень звука излучения и т. д.).

Звуковое давление p , Па: переменное давление, создаваемое источником шума, наложенное на статическое давление воздушной среды. (Примечание: звуковое давление может быть мгновенным; максимальным; среднеквадратичным, определенным по времени или пространству, например, по измерительной поверхности).

Уровень звукового давления L_p , дБ: десятикратный десятичный логарифм отношения квадрата звукового давления к квадрату опорного звукового давления.

$$L_p = 10 \lg \frac{(p)^2}{(p_0)^2} = 20 \lg p$$

p_0

где p – среднее квадратическое значение звукового давления, Па;
 p_0 – опорное значение звукового давления. В воздухе $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па.

Уровень звука L_{pA} , дБА: скорректированный по частотной характеристике A^1 и измеренный с временной характеристикой S шумомера уровень звукового давления постоянного шума.

¹ Частотная коррекция «А» в шумомерах осуществляется с помощью специальной электронной схемы, чувствительность которой изменяется с частотой согласно частотным изменениям чувствительности человеческого слуха.

Примечание. Для ориентировочной оценки допускается в качестве характеристики постоянного широкополосного шума принимать уровень звука в дБА, измеряемый на временной характеристике «медленно» шумомера по ГОСТ 17187-2010 и определяемый по формуле

$$L_{pA} = 20 \lg \frac{p_A}{p_0}$$

где p_A – среднее квадратическое значение звукового давления с учетом коррекции «А» шумомера, Па.

Звуковая мощность W, Вт: величина энергии, излучаемая источником шума в единицу времени.

Уровень звуковой мощности L_w , дБ: десятикратный десятичный логарифм отношения звуковой мощности к опорной звуковой мощности при указанной частотной характеристике или полосе частот (опорная звуковая мощность W_0 равна 1 пВт). *Корректированный по А уровень звуковой мощности* обозначается как L_{WA} , дБА.

Коррекция на акустические условия K_2 , дБ: величина для учета влияния отраженного или поглощенного звука на уровень звукового давления на измерительной поверхности. (Примечания: 1. Иногда эту величину называют показателем акустических условий. Она характеризует отличие звукового поля на измерительной поверхности от свободного звукового поля, и ее значение нормируется в зависимости от требуемой точности метода измерений шума. 2. K_2 зависит от частоты; при измерениях на частотной характеристике А шумомера ее обозначают как K_{2A} , дБА).

Измерительная поверхность: охватывающая огибающий параллелепипед воображаемая поверхность, на которой находятся точки измерения и которая опирается (кроме сферической поверхности) на одну или более звукоотражающую плоскость.

Коэффициент звукопоглощения α : доля падающей на поверхность энергии звука, которая поглощается ею. (Примечание: коэффициент звукопоглощения может зависеть от частоты и от условий распространения звука. Считается, что явления дифракции отсутствуют).

Эквивалентная площадь звукопоглощения в помещении A, м²: площадь условной поверхности, полностью поглощающей звук и не создающей эффектов дифракции, которая в предположении, что эта условная поверхность является единственным поглощающим элементом в помещении, обеспечивает время реверберации в нем, равное значению, измеренному в реальном помещении.

Необходимо отметить, что правильное использование вышеприведенных терминов и определений имеет принципиальное значение в связи со следующими обстоятельствами. Согласно п. 4.6 ГОСТ Р 52084-2003 «Приборы электрические бытовые. Общие технические условия» шумовой характеристикой прибора является **корректированный уровень звуковой мощности**. Требования к этой характеристике устанавливаются в государственных стандартах, и соответствие именно корректированного уровня звуковой мощности конкретного устройства заявленным в документации значениям и (или) требованиям стандартов подлежит определению в рамках экспертизы электробытовой техники. Однако на практике производители в качестве шумовой характеристики изделия нередко приводят некий «уровень шума», который не нормируется никакими документами и может быть истолкован произвольно. В подобных случаях можно рекомендовать обратиться к производителю за разъяснениями, поскольку значение корректированного уровня звуковой мощности для конкретного прибора должно быть приведено в ТУ на продукцию.

Второй шумовой характеристикой, которую позволяет определить настоящая методика, является **уровень звука**. При производстве экспертизы электробытовой техники данная характеристика является вспомогательной, поскольку значения уровня звука не регламентируются техническими стандартами. Однако в обоснованных случаях установленные значения уровня звука могут быть использованы для ответа на поставленные перед экспертом вопросы.

Настоящая методика применима лишь при исследовании шума, передаваемого по воздуху. Одной из часто встречающихся задач является исследование шума, передаваемого в соседнее помещение через конструкцию здания. Исследование подобного шума

не входит в компетенцию эксперта по специальности 25.1 «Исследование радиоэлектронных, электротехнических, электромеханических устройств бытового назначения». Также необходимо отметить, что предлагаемая методика не может использоваться для установления соответствия шумовых характеристик бытовых приборов гигиеническим нормативам и требованиям санитарных норм. Подобные исследования проводятся в рамках санитарно-эпидемиологической экспертизы. Кроме того, настоящая методика неприменима для устройств, предназначенных для подачи звуковых сигналов.

Сущность предлагаемой методики состоит в проведении измерений в определенных точках измерительной поверхности, построенной вокруг исследуемого объекта по соответствующим правилам, и в последующей обработке результатов.

Для проведения исследования по данной методике необходимо следующее оборудование:

- шумомер 1-го или 2-го класса по ГОСТ 17187-2010, внесенный в Государственный реестр средств измерений (например, шумомер 1-го класса марок Октава, Алгоритм, Ассистент, SVAN; шумомер 2-го класса марок Testo, SVAN). Микрофон шумомера при измерениях в помещениях должен быть предназначен для измерений в диффузном поле;
- акустический калибратор 1-го или 2-го класса (соответственно классу используемого шумомера);
- рулетка (металлическая или лазерная) либо другой измерительный инструмент с требуемой точностью.

Определение шумовых характеристик электробытовых приборов и устройств производится в описываемом ниже порядке.

1. Проверка соответствия условий звукового поля требованиям ГОСТ Р 51402-99

1.1. Выбор измерительной поверхности, определение ее размеров и площади.

- Вокруг объекта исследования строят огибающий параллелепипед – воображаемую поверхность, представляющую собой прямоугольный параллелепипед наименьших размеров, полностью вмещающий источник шума (исследуемый объект) и опирающийся на одну (две или три взаимно перпендикулярных) звукоотражающую плоскость. Выступающие части источника шума, про которые известно, что они не дают заметного вклада в шум, допускается не включать в огибающий параллелепипед.

Примечание: в соответствии с п. 5.2 ГОСТ Р 51401-99 вспомогательное оборудование (трубопроводы, воздуховоды и т.д.), если это возможно, должно быть вынесено за пределы испытательного пространства. В противном случае указанное оборудование считают частью испытываемой машины и включают в огибающий параллелепипед.

- Выбирают форму измерительной поверхности в виде прямоугольного параллелепипеда, грани которого параллельны огибающему параллелепипеду и удалены от него на измерительное расстояние d . Измерительная поверхность служит местом размещения точек измерений, охватывает огибающий параллелепипед и опирается на звукоотражающую(-ие) плоскость(-и).

Измерительное расстояние d измеряют по перпендикуляру между соответствующими гранями измерительной поверхности и огибающего параллелепипеда и выбирают из ряда 0,25; 0,5; 1; 2; 4; 8 м, насколько это позволяет испытательное пространство. Предпочитаемое значение $d = 1$ м, минимальное – не менее 0,15 м.

- Определяют площадь измерительной поверхности.

Площадь измерительной поверхности S , м², в виде параллелепипеда, опирающегося на одну звукоотражающую плоскость, рассчитывают по формуле

$$S = 4(ab + bc + ca), \quad (1)$$

где $a = 0,5l_1 + d$; $b = 0,5l_2 + d$; $c = l_3 + d$;

l_1, l_2, l_3 – длина, ширина и высота огибающего параллелепипеда соответственно (рис. 1).

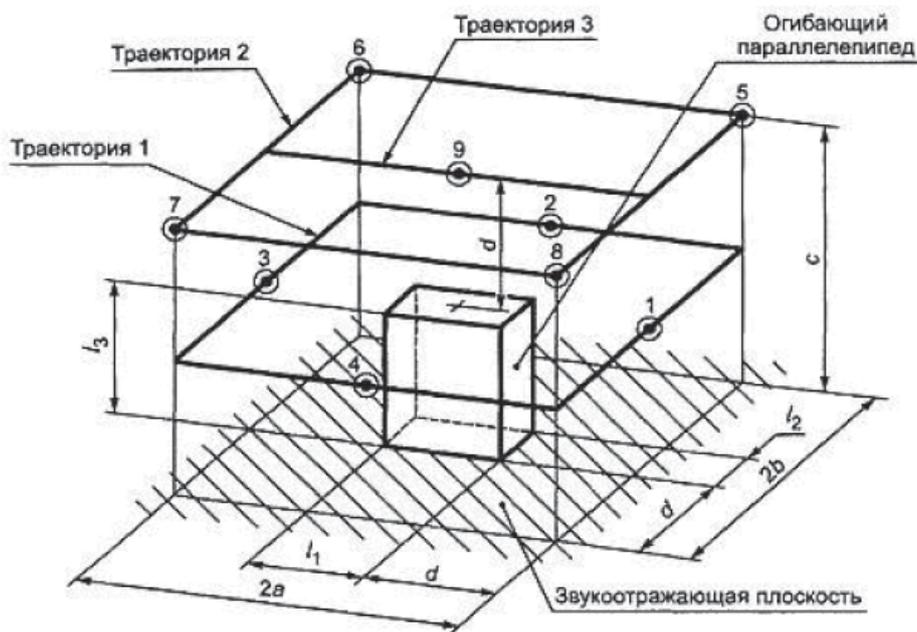


Рис. 1. Измерительная поверхность с девятью точками измерения для установленного на полу или стене источника шума

Площадь измерительной поверхности S , m^2 , в виде параллелепипеда, опирающегося на две звукоотражающие плоскости, рассчитывают по формуле

$$S = 2(2ab + 2ac + bc), \quad (2)$$

где $a = 0,5(l_1 + d)$; $b = 0,5l_2 + d$; $c = l_3 + d$;
 l_1, l_2, l_3 – длина, ширина и высота огибающего параллелепипеда соответственно (рис. 2).

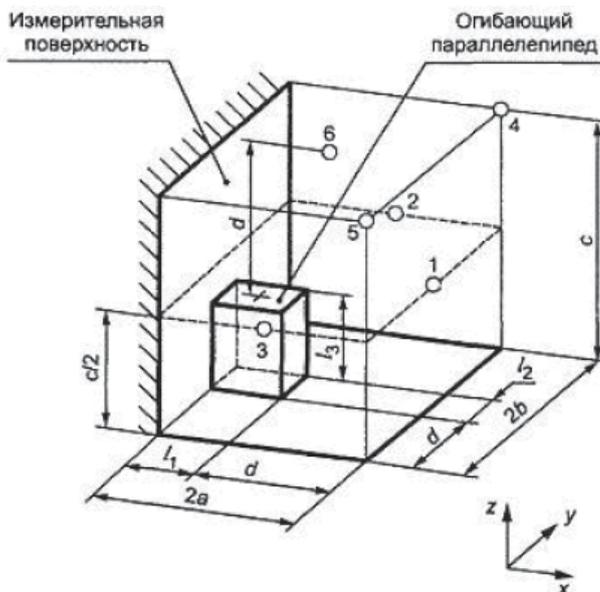


Рис. 2. Измерительная поверхность (параллелепипед) с шестью точками измерения для установленного на полу у стены источника шума

Площадь измерительной поверхности S , m^2 , в виде параллелепипеда, опирающегося на три звукоотражающие плоскости, рассчитывают по формуле

$$S = 2(2ab + bc + ca), \quad (3)$$

где $a = 0,5(l_1 + d)$;

$b = 0,5(l_2 + d)$;

$c = l_3 + d$;

l_1, l_2, l_3 – длина, ширина и высота огибающего параллелепипеда соответственно (рис. 3).

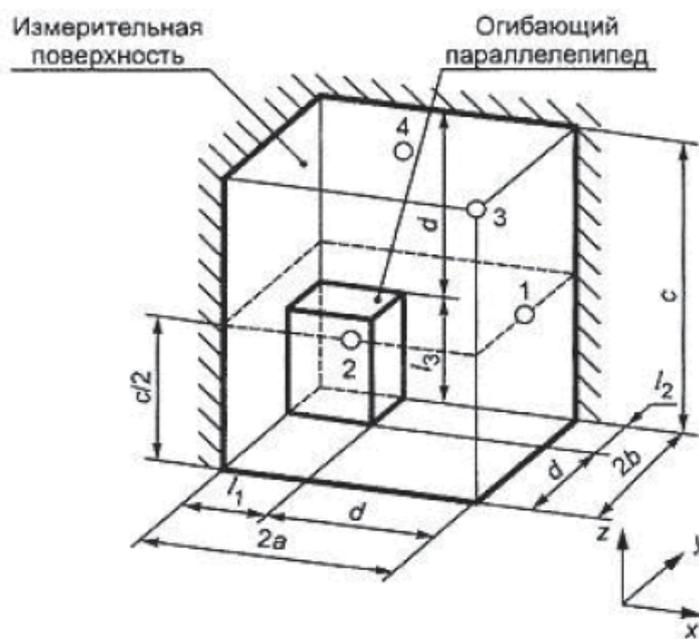


Рис. 3. Измерительная поверхность для источника шума, установленного на полу в углу, с четырьмя точками измерения

1.2. Определение показателя акустических условий K_{2A} , который характеризует степень отличия реального звукового поля от свободного звукового поля, искажаемого за счет отражений звука от границ испытательного помещения и окружающих испытуемый источник шума звукоотражающих объектов.

• Приблизительно рассчитывают эквивалентную площадь звукопоглощения в помещении A , m^2 , по формуле

$$A = \alpha S_v, \quad (4)$$

где α – средний коэффициент звукопоглощения для измерений на характеристике A шумомера; выбирается в соответствии с типом помещения из таблицы 1, приведенной в Приложении А к ГОСТ Р 51401-99 (см. ниже);

S_v – площадь ограничивающих поверхностей (стен, потолка и пола) испытательного помещения, m^2 .

Таблица 1. Приближенные значения среднего коэффициента звукопоглощения α

Средний коэффициент звукопоглощения α	Описание помещения
0,05	Практически пустое помещение с гладкими жесткими стенами из бетона, кирпича, оштукатуренными или покрытыми кафелем
0,1	Частично заполненное помещение; помещение с гладкими стенами

0,15	Помещение с обстановкой, прямоугольный машинный зал, прямоугольное производственное помещение
0,2	Неправильной формы помещение с обстановкой; неправильной формы машинный зал или производственное помещение
0,25	Помещение с обстановкой без обивки, машинный зал или производственное помещение с малым количеством звукопоглощающего материала на потолке или стенах (например, частично поглощающий потолок)
0,35	Помещение с большими участками звукопоглощающих материалов на потолке и стенах
0,5	Помещение со звукопоглощающими покрытиями как потолка, так и стен

• Вычисляют отношение A/S , которое должно быть больше или равно 1. Большему значению соответствуют более благоприятные условия измерений. **Если требование $A/S \geq 1$ не выполняется, то следует выбрать новую измерительную поверхность с меньшей площадью S , но лежащую вне ближнего звукового поля источника шума.**

• Показатель акустических условий K_{2A} , дБ, рассчитывают по формуле

$$K_{2A} = 10 \lg [1 + 4(S/A)], \quad (5)$$

где A – эквивалентная площадь звукопоглощения в помещении, m^2 ;

S – площадь измерительной поверхности, m^2 .

Полученное значение показателя акустических условий K_{2A} не должно превышать 7 дБ.

2. Назначение основных точек измерения на измерительной поверхности.

2.1. В случае когда имеется одна звукоотражающая плоскость, что соответствует установке источника шума на полу или на стене, точки измерения находят, руководствуясь рисунком 1. Точки измерения помещают в центр каждой грани измерительной поверхности и по ее углам, кроме углов, прилегающих к звукоотражающей плоскости.

2.2. Если имеются две или три звукоотражающие плоскости, что соответствует установке источника шума на полу перед стеной или в углу, то для определения размеров измерительной поверхности и выбора точек измерения на этих поверхностях следует руководствоваться рисунками 2 и 3 соответственно.

2.3. Если ребро измерительной поверхности превышает $3d$ (d - измерительное расстояние), то точки измерения находят, руководствуясь рисунком 4.

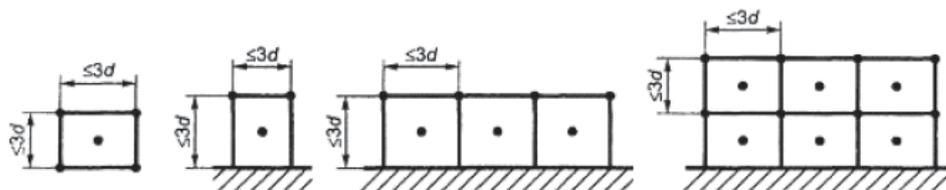


Рис. 4. Схема определения положений точек измерения, когда ребро измерительной поверхности превышает $3d$

Для этого каждую грань измерительной поверхности делят на наименьшее возможное число прямоугольных участков равной площади с максимальной длиной стороны $3d$. Точки измерения помещают в центр каждого участка и по его углам, кроме углов, прилегающих к звукоотражающей плоскости. Пример размещения точек измерения для высоких источников шума с небольшой площадью опоры ($l_1 \leq d, l_2 \leq d, 2d \leq l_3 \leq 5d$) показан на рисунке 5.

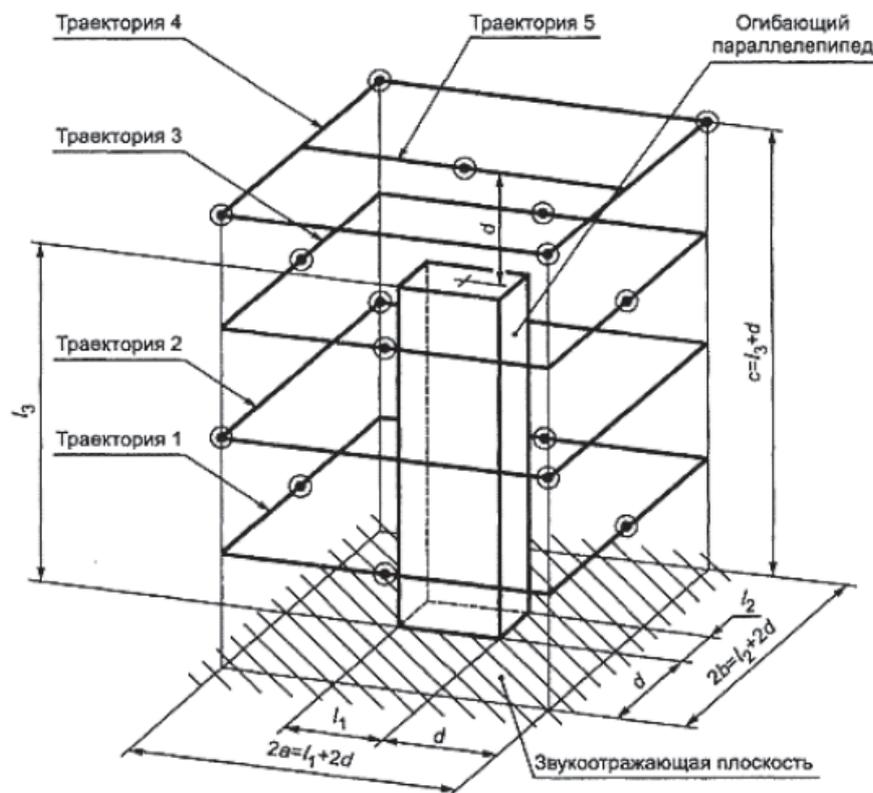


Рис. 5. Пример измерительной поверхности и положений (траекторий) микрофонов для высоких источников шума с небольшой площадью опоры ($l_1 \leq d$, $l_2 \leq d$, $2d \leq l_3 \leq 5d$)

2.3. Если источник излучает шум высокой направленности либо шум большого источника преимущественно или особенно интенсивно небольшими его частями, например, через отверстия в звукоизолирующем кожухе, то в местах интенсивного излучения шума располагают дополнительные точки измерения.

3. Подготовка к измерениям

3.1. Проверка климатических условий.

Измерения следует проводить при температуре и влажности, допускаемой изготовителем исследуемого устройства. В частности, бытовые электроприборы (если нет других указаний для определенного вида) работают в следующих климатических условиях (ГОСТ 30163.0-95):

- температура от 15 до 30°C;
- относительная влажность от 30 до 70%.

3.2. Установка источника шума (при испытаниях в лабораторных условиях).

- Источник шума устанавливают без использования упругих виброизолирующих прокладок, кроме тех, которые встроены в прибор.
- Источник шума устанавливают на полу на расстоянии от стен и потолка, достаточном для построения вокруг него измерительной поверхности согласно п. 1.1.
- Источники шума, устанавливаемые при эксплуатации на стене, полу перед стеной (стенами), испытывают в таком же положении. При креплении источника шума на стене его нижний край должен находиться на высоте около 1,3 м над полом. Если источник шума работает на столе или на подставке, то испытание на шум проводят на полу не ближе 1,5 м от любой из стен помещения.

- Ручные машины, удерживаемые при работе в руках, испытывают в таком же положении, чтобы исключить возникновение низкочастотного шума от поверхностей опорных конструкций, возбуждаемых передаваемой на них вибрацией.

3.3. Выбор режима работы исследуемого источника шума (устройства).

- Условия нагружения и функционирования испытываемых устройств должны, по возможности, быть одинаковыми с условиями обычного применения.

- Выбирается режим, соответствующий типовому применению испытываемого устройства, но когда шум испытываемого устройства максимален. Для устройств с регулятором частоты вращения применяют регулировку, соответствующую максимальной частоте вращения.

- Устройства с циклическим функционированием запускают в соответствии с циклами, измерения проводят в определенные периоды цикла.

- Не допускается перегрев испытываемых устройств. Необходимо придерживаться номинальных значений времени функционирования и паузы в соответствии с указаниями эксплуатационных документов.

3.4. Акустическую калибровку шумомера следует проводить до и после измерений на одной или нескольких частотах диапазона измерений с применением калибратора звука соответствующего класса. Результаты калибровки не должны расходиться более чем на 0,2 дБ; в противном случае необходимо провести измерения заново.

4. Проведение измерений

4.1. Последовательно устанавливают микрофон в точки измерения, каждый раз ориентируя микрофон перпендикулярно к грани измерительной поверхности, либо (при измерении в угловых точках) направляя микрофон к геометрическому центру огибающего параллелепипеда.

4.2. Измеряют, используя временную характеристику S шумомера, уровень звука фонового шума (при неработающем источнике шума) L'_{pA} и уровень звука L_{pA} при работающем на установленном режиме источнике шума. Продолжительность измерения должна быть не менее 30 с.

В случае, когда флуктуации уровня звукового давления, измеренные с временной характеристикой S шумомера, превышают ± 1 дБ, применяют интегрирующий шумомер. Если интегрирующий шумомер не применяют, то для каждой точки измерения фиксируют минимальное и максимальное значение уровня звука за время наблюдения.

4.3. Между микрофоном и источником шума не должны находиться люди или предметы, искажающие звуковое поле. Расстояние между микрофоном и наблюдателем должно быть не менее 0,5 м.

5. Обработка результатов измерений

5.1. Рассчитывают средний уровень звука на измерительной поверхности при работающем источнике шума $\overline{L_{pA}}$, дБА, по формуле

$$\overline{L_{pA}} = 10 \lg \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{0,1L_{pA_i}} \right] \quad (6)$$

где L_{pA_i} – уровень звука, полученный в i -м измерении данной серии при работающем источнике шума, дБА;

N – число измерений в серии.

В случаях, когда не применяется интегрирующий шумомер, число измерений в серии равно удвоенному количеству точек измерения, поскольку для каждой точки измерения учитывается два значения уровня звука (минимальное и максимальное).

5.2. Рассчитывают средний уровень звука на измерительной поверхности при неработающем источнике шума (фоновый шум) $\overline{L'_{pA}}$, дБА, по формуле

$$\overline{L'_{pA}} = 10 \lg \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{0,1L'_{pA_i}} \right] \quad (7)$$

где L_{pA_i} – уровень звука, полученный в i -м измерении данной серии при неработающем источнике шума (фоновый шум), дБА;

N – число измерений в серии.

5.3. Коррекцию на фоновый шум K_{1A} , дБА, рассчитывают по формуле

$$K_{1A} = -10 \lg(1 - 10^{-0,1\Delta L_A}), \quad (8)$$

где $\Delta L_A = \overline{L_{pA}} - \overline{L'_{pA}}$.

Если $\Delta L_A > 10$ дБА, коррекцию не рассчитывают и принимают $K_{1A} = 0$. Если $\Delta L_A \geq 3$ дБА, то измерения по настоящей методике обеспечивают точность ориентировочного метода. Если $\Delta L_A < 3$ дБА, то результаты определения скорректированного уровня звуковой мощности согласно п. 5.5 могут быть использованы только для оценки его верхней границы. В этом случае в заключении должно быть отмечено, что требования к фоновому шуму не выполняются.

5.4. Рассчитывают средний на измерительной поверхности уровень звука $\overline{L_{pfA}}$, дБА, с учетом коррекций на фоновый шум и акустические условия окружающей среды по формуле

$$\overline{L_{pfA}} = \overline{L_{pA}} - K_{1A} - K_{2A} \quad (9)$$

Показатель акустических условий K_{2A} определяют согласно п. 1.2.

5.5. Рассчитывают уровень звуковой мощности L_{WA} , дБА, по формуле

$$L_{WA} = \frac{\overline{L_{pfA}} + 10 \lg S}{S_0} \quad (10)$$

где $\overline{L_{pfA}}$ – средний на измерительной поверхности уровень звука, дБА;

S – площадь измерительной поверхности, м², определенная в п. 1.1;

$S_0 = 1$ м².

Результат расчета по формуле (10) округляют до ближайшего целого значения.

5.6. Оценка неопределенности измерений.

Для источников постоянного широкополосного шума ориентировочный метод обеспечивает среднее квадратическое отклонение воспроизводимости измерений σ_R скорректированного по А уровня звуковой мощности в следующих пределах (ГОСТ Р 51402-99):

– $\sigma_R = 3$ дБА при показателе акустических условий $K_{2A} < 5$ дБА;

– $\sigma_R = 4$ дБА при показателе акустических условий $5 \leq K_{2A} < 7$ дБА.

Указанные значения σ_R определены по совокупности источников шума различной природы и поэтому не зависят от конкретного источника шума непосредственно.

Неопределенность результатов измерений, выражаемая через среднее квадратическое отклонение воспроизводимости измерений σ_R , зависит от доверительной вероятности. Для распределения уровней звуковой мощности по нормальному закону при доверительной вероятности 90% действительное значение уровня находится в интервале $\pm 1,656 \sigma_R$, а при доверительной вероятности 95% – в интервале $\pm 1,96 \sigma_R$ от измеренного значения.

5.7. Окончательным результатом измерений является значение скорректированного по А уровня звуковой мощности, определенное с доверительной вероятностью 0,90: $L_{WA} \pm 1,656 \sigma_R$, дБА.

6. Оценка полученных результатов

Оценку полученных результатов следует проводить в соответствии со стандартами, устанавливающими значения шумовых характеристик для конкретных типов электробытовых устройств. При отсутствии подобных стандартов можно пользоваться таблицей 1, приведенной в СТ СЭВ 4672-84 «Приборы электрические бытовые. Предельные уровни шума и методы испытаний».

В пограничных случаях, когда установленная стандартами норма входит в диапазон измеренных значений с учетом погрешности, рекомендуется делать вероятностный вывод.

Приложение. Пример применения методики определения шумовых характеристик (исследование шумовых характеристик холодильника)

Предварительно была проведена установка холодильника в соответствии с требованиями «Руководства по эксплуатации»: холодильник был установлен в устойчивое положение на ровном жестком (кафельная плитка) полу у стены с достаточным для обеспечения вентиляции зазором; наклон назад по электронному угломеру составил $1,8^\circ$.

С учетом имеющегося в распоряжении испытательного пространства, вида шума исследуемой машины, уровня фонового шума и требуемой степени точности использовалась частная методика на основе ГОСТ Р 51402-99, позволяющая определить скорректированный по частотной характеристике А шумомера² (далее «скорректированный по А») уровень звуковой мощности по измеренным уровням звука исследуемого источника шума.

Измерения по указанной методике проводились в описываемом далее порядке.

Выбор измерительной поверхности и проверка соответствия условий звукового поля требованиям ГОСТ Р 51402-99

1. Строился огибающий параллелепипед – воображаемая поверхность, представляющая собой прямоугольный параллелепипед наименьших размеров, полностью вмещающий источник шума и опирающийся на две взаимно перпендикулярные звукоотражающие плоскости – пол и стену. Размеры огибающего параллелепипеда – l_1 , l_2 и l_3 (иллюстрация 1) – составили:

$$l_1 = 0,77 \text{ м}; \quad l_2 = 0,67 \text{ м}; \quad l_3 = 1,82 \text{ м}.$$

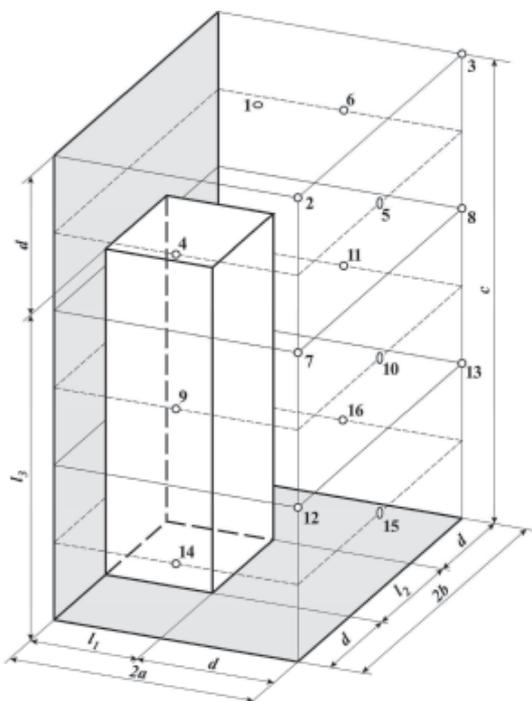
2. Была выбрана измерительная поверхность в виде прямоугольного параллелепипеда, грани которого параллельны огибающему параллелепипеду и удалены от него на измерительное расстояние d . Измерительное расстояние d , выбираемое согласно ГОСТ Р 51402-99 из ряда 0,15; 0,25; 0,5; 1; 2; 4; 8 м, с учетом удаления от потолка составило $d = 0,25$ м.

Измерительная поверхность служит местом размещения точек измерений, охватывает огибающий параллелепипед и опирается на две звукоотражающие плоскости. Размеры измерительной поверхности составили (см. иллюстрацию 1):

$$a = 0,5 \cdot (l_1 + d) = 0,5 \cdot (0,77 + 0,25) = 0,51 \text{ (м)};$$

$$b = 0,5 \cdot l_2 + d = 0,5 \cdot 0,67 + 0,25 = 0,59 \text{ (м)};$$

$$c = l_3 + d = 1,82 + 0,25 = 2,07 \text{ (м)}.$$



Илл. 1. Измерительная поверхность для высокого источника шума с небольшой площадью опоры, установленного на полу у стены, с шестнадцатью точками измерения

Площадь измерительной поверхности S , м^2 , определяемая по формуле

$$S = 2(2ab + 2ac + bc),$$

составила $S = 2 \cdot (2 \cdot 0,51 \cdot 0,59 + 2 \cdot 0,51 \cdot 2,07 + 0,59 \cdot 2,07) = 7,84 \text{ (м}^2\text{)}$.

3. Затем вычислялась эквивалентная площадь звукопоглощения в помещении A , м^2 , по формуле

$$A = \alpha S_v,$$

где α – средний коэффициент звукопоглощения для измерений на характеристике А шумомера; выбирается по таблице 1, приведенной в Приложении А к ГОСТ Р 51401-99;

² Частотная коррекция «А» в шумомерах осуществляется с помощью специальной электронной схемы, чувствительность которой изменяется с частотой согласно частотным изменениям чувствительности человеческого слуха.

S_v – площадь ограничивающих поверхностей (стен, потолка и пола) испытательного помещения, м².

Были измерены размеры испытательного помещения и вычислена площадь ограничивающих поверхностей (стен, потолка и пола) S_v , которые составили:

ширина $L_1 = 5,09$ м; длина $L_2 = 3,80$ м; высота $L_3 = 2,65$ м;

$$S_v = 2(L_1L_2 + L_2L_3 + L_3L_1) = 85,58 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Исследование производилось в помещении с обстановкой без обивки с частично звукопоглощающим покрытием потолка. Для данного типа помещений согласно таблице 1, приведенной в Приложении А к ГОСТ Р 51401-99, средний коэффициент звукопоглощения составляет $\alpha = 0,25$.

Таким образом, эквивалентная площадь звукопоглощения равна:

$$A = \alpha S_v = 0,25 * 85,58 = 21,40 \text{ (м}^2\text{)}.$$

4. Далее был рассчитан показатель акустических условий K_{2A} , дБ, по формуле

$$K_{2A} = 10 \lg [1 + 4(S/A)],$$

где A – эквивалентная площадь звукопоглощения в помещении, м²;

S – площадь измерительной поверхности, м².

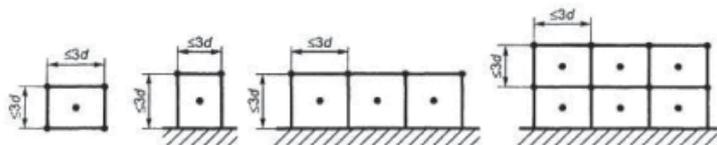
Значение показателя акустических условий в рассматриваемом случае составило:

$$K_{2A} = 10 \lg [1 + 4(7,84/21,40)] = 3,92 \text{ (дБ)}.$$

Согласно ГОСТ Р 51402-99 проведение измерений возможно, когда значение показателя акустических условий K_{2A} не превышает 7 дБ. Таким образом, условия звукового поля в испытательном помещении соответствуют требованиям ГОСТ Р 51402-99.

Выбор точек измерения на измерительной поверхности

В соответствии с Приложением В к ГОСТ Р 51402-99 каждая грань измерительной поверхности должна быть поделена на наименьшее возможное число прямоугольных участков равной площади с максимальной длиной стороны $3d$ (d – измерительное расстояние). Точки измерения при этом помещают в центр каждого участка и по его углам, кроме углов, прилегающих к звукоотражающим плоскостям (иллюстрация 2).



Илл. 2. Схема определения положений точек измерения, когда ребро измерительной поверхности превышает $3d$

В рассматриваемом случае вертикальные грани измерительной поверхности были поделены на три участка равной площади; соответственно, было выбрано 16 точек измерения (см. иллюстрацию 1). Проекция точек измерения на огибающий параллелепипед для удобства последующего проведения измерений были обозначены небольшими метками из изоляционной ленты черного цвета.

Проведение измерений

Перед проведением исследований производилась калибровка шумомера с помощью входящего в его комплект калибратора звука.

Всего производилось две серии измерений:

- при неработающем мотор-компрессоре (фон);
- при работающем мотор-компрессоре.

Измерения проводились по частотной характеристике А шумомера с временной характеристикой S. Микрофон шумомера последовательно устанавливался в точки измерения (см. иллюстрацию 1). Микрофон каждый раз ориентировался перпендикулярно к грани измерительной поверхности либо (при измерении в угловых точках) направлялся к геометрическому центру огибающего параллелепипеда. В каждой точке фиксировалось минимальное и максимальное значение уровня шума за промежуток времени 30 с. Результаты измерений приведены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты измерения уровня звука представленного холодильника, дБА

Точка измерения	Фон		Холодильник	
	макс	мин	макс	мин
1	29,7	29,0	42,1	41,7
2	30,0	29,1	40,9	40,7
3	29,6	29,3	40,3	39,9
4	29,8	29,3	43,4	43,2
5	29,8	29,0	39,1	38,8
6	29,4	28,8	42,2	41,3
7	29,6	29,1	43,8	43,4
8	29,5	28,3	42,4	41,9
9	29,3	28,5	47,3	46,9
10	28,9	28,2	42,3	41,5
11	28,6	27,5	46,0	45,4
12	28,1	27,4	48,3	47,9
13	29,4	27,3	48,8	47,9
14	28,6	27,3	51,0	50,3
15	28,1	27,2	50,0	49,6
16	29,0	28,1	50,1	49,4

После проведения измерений калибровка шумомера была проверена с помощью входящего в его комплект калибратора звука. Показания шумомера соответствовали эталону. Таким образом, полученные данные соответствуют требованиям ГОСТ Р 51402-99.

Обработка результатов измерений

1. Средний уровень звука на измерительной поверхности при работающем мотор-компрессоре \overline{L}_{pA} , дБА, рассчитывался по формуле

$$\overline{L}_{pA} = 10 \lg \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{0,1L'_{pA_i}} \right],$$

где L'_{pA_i} – уровень звука, полученный в i-м измерении при работающем мотор-компрессоре, дБА;

N – число измерений в серии.

Средний уровень звука на измерительной поверхности при работающем мотор-компрессоре составил $\overline{L}_{pA} = 46,19$ дБА.

2. Средний уровень звука на измерительной поверхности при неработающем мотор-компрессоре (фоновый шум) $\overline{L''}_{pA}$, дБА, рассчитывался по формуле

$$\overline{L''}_{pA} = 10 \lg \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{0,1L''_{pA_i}} \right],$$

где L''_{pA_i} – уровень звука, полученный в i-м измерении при неработающем мотор-компрессоре, дБА;

N – число измерений в серии.

Средний уровень звука на измерительной поверхности при неработающем мотор-компрессоре (фоновый шум) составил $\overline{L'_{pA}} = 28,85$ дБА.

3. Коррекция на фоновый шум K_{1A} рассчитывалась по формуле

$$K_{1A} = -10 \lg(1 - 10^{-0,1\Delta L_A}),$$

где $\Delta L_A = \overline{L_{pA}} - \overline{L'_{pA}}$.

Коррекция на фоновый шум в рассматриваемом случае составила $K_{1A} = 0,08$ дБА.

4. Затем рассчитывался средний на измерительной поверхности уровень звука $\overline{L_{pfA}}$, дБА, с учетом коррекций на фоновый шум и акустические условия окружающей среды по формуле

$$\overline{L_{pfA}} = \overline{L'_{pA}} - K_{1A} - K_{2A},$$

который составил $\overline{L_{pfA}} = 42,19$ дБА.

5. Далее рассчитывался корректированный уровень звуковой мощности L_{WA} по формуле

$$\frac{L_{WA} = \overline{L_{pfA}} + 10 \lg S}{S_0},$$

где $\overline{L_{pfA}}$ – средний на измерительной поверхности уровень звука, дБА;

S – площадь измерительной поверхности, м²;

$S_0 = 1$ м².

Полученное значение корректированного уровня звуковой мощности, округленное в соответствии с ГОСТ Р 51402-99 до ближайшего целого значения, составило $L_{WA} = 51$ дБА.

Согласно ГОСТ Р 51402-99 для источников постоянного широкополосного шума используемый метод обеспечивает среднее квадратическое отклонение воспроизводимости измерений $\sigma_R = 3$ дБА при показателе акустических условий $K_{2A} < 5$ дБА. Значение σ_R определено по совокупности источников шума различной природы и поэтому не зависит от конкретного источника шума непосредственно. Неопределенность результатов измерений, выражаемая через среднее квадратическое отклонение воспроизводимости измерений σ_R , зависит от доверительной вероятности. Для распределения уровней звуковой мощности по нормальному закону при доверительной вероятности 90% действительное значение уровня находится в доверительном интервале $\pm 1,656 \cdot \sigma_R = \pm 5$ дБА от найденных средних значений.

Таким образом, корректированный уровень звуковой мощности исследуемого холодильника составляет $L_{WA} = 51 \pm 5$ дБА.

Оценка полученных результатов

Согласно п. 4.6 ГОСТ Р 52084-2003 шумовой характеристикой прибора является корректированный уровень звуковой мощности. В представленной документации имеются **противоречивые сведения** о заявленном производителем значении корректированного уровня звуковой мощности исследуемого холодильника. Так, на странице 18 «Инструкции по эксплуатации» указано, что для холодильника марки Panasonic модели NR-B591BR корректированный уровень звуковой мощности составляет **30,4 дБА**. В то же время на наклейке, имеющейся на дверце холодильной камеры, указано, что корректированный уровень звуковой мощности для данного холодильника составляет **44,1 дБА**.

Однако в любом случае представленный холодильник **не соответствует** заявленным производителем характеристикам, поскольку измеренное значение корректированного уровня его звуковой мощности $L_{WA} = 51 \pm 5$ дБА значительно превышает оба заявленных значения.