

УДК 654.9

ВЫБОР И РАСЧЕТ АКУСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РЕЧЕВЫХ ПОЖАРНЫХ ОПОВЕЩАТЕЛЕЙ СИСТЕМ ОПОВЕЩЕНИЯ

Пинаев А.И.*, к.т.н., Альшевский М.Н.**

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

** Учреждение «Научно-исследовательский институт пожарной безопасности
и проблем чрезвычайных ситуаций» МЧС Республики Беларусь

Представлена методика расчета акустических параметров речевых пожарных оповещателей. Она позволяет оптимизировать выбор типа речевых оповещателей, уровня звукового давления и диапазона частот воспроизведения, параметров системы речевого оповещения, исходя из особенностей архитектуры здания, в котором она расположена. Методика может быть использована при подготовке расчета параметров системы оповещения о пожаре и других чрезвычайных ситуациях. Представлены примеры расчета для конкретных случаев.

(Поступила в редакцию 22 декабря 2008 г.)

Введение

Определение необходимой мощности и уровня звукового давления речевых оповещателей в системах оповещения всегда представляло значительную проблему для проектировщиков. Некоторые производители систем оповещения, стараясь облегчить труд проектировщиков, приводят всевозможные графики, таблицы или программы для расчета этих параметров. Чаще всего попытка практического применения подобных рекомендаций или программ рождает больше вопросов, чем ответов, или ставит в тупик полученным результатом.

Для самостоятельного изучения проблем акустики и озвучивания изложены базовые принципы акустических расчетов и выбора речевых пожарных оповещателей.

Общий подход по расчету акустических параметров

Расчет акустических параметров речевых пожарных оповещателей предполагает выбор необходимых громкоговорителей в зависимости от действующего уровня фонового шума и выбранной схемы озвучивания. Действующий уровень фонового шума зависит от назначения помещения. Полагается, что для качественного восприятия речи (диспетчерских передач) уровень звукового давления громкоговорителя должен на 10–15 дБ превышать уровень фонового шума в наиболее удаленной точке помещения.

При относительно низких фоновых шумах (менее 75 дБ) необходимо обеспечивать избыточный уровень полезного сигнала 15 дБ, при высоких (более 75 дБ) достаточно 10 дБ.

Т. е. требуемый уровень звукового давления:

$$L_{\max} = L_a + 15 \text{ (дБ)} - \text{ для помещения с относительно низким уровнем фоновых шумов;}$$

$$L_{\max} = L_a + 10 \text{ (дБ)} - \text{ для помещения с высоким уровнем фоновых шумов;}$$

где L_a – действующий уровень фонового шума в помещении.

Характеристики громкоговорителей

К основным характеристикам громкоговорителей речевых оповещателей относятся их направленность, диапазон частот и уровень звукового давления, развиваемый на расстоянии 1 м от излучателя.

Ненаправленными громкоговорителями считают динамики, потолочные громкоговорители, а также всевозможные звуковые колонки. Область распространения звука ненаправленных громкоговорителей (диаграмма направленности) достаточно широка (около 60°), а уровень звукового давления относительно невелик.

К направленным громкоговорителям в первую очередь относятся рупорные излучатели. В них происходит концентрация акустической энергии за счет особенностей конструкции самого рупора, они отличаются узкой диаграммой направленности (около 30°) и высоким уровнем звукового давления. Работают рупорные громкоговорители в узкой полосе частот и потому малоприспособны для качественного воспроизведения музыкальных программ, хотя за счет высокого уровня звукового давления хорошо подходят для озвучивания больших площадей, в том числе открытых пространств.

Выбор громкоговорителей по диапазону частот зависит от назначения системы. Для диспетчерских передач и создания музыкального фона вполне достаточен диапазон 200 Гц – 5 кГц. Он обеспечивается практически любыми акустическими устройствами (рупорные излучатели имеют несколько меньший диапазон, но для речевых передач его вполне хватает). Для высококачественного озвучивания требуются громкоговорители, имеющие диапазон частот не менее 100 Гц – 10 кГц.

Необходимый уровень звукового давления является единственной характеристикой громкоговорителя, которая определяется по результатам расчетов. Именно с этой характеристикой возникает наибольшее число проблем, и в чаще всего они связаны с путаницей между электрической мощностью и звуковым давлением. Между этими величинами существует косвенная зависимость, поскольку громкость звучания определяется звуковым давлением, а мощность обеспечивает работу громкоговорителя. Из подводимой мощности только часть преобразуется в звук, и величина этой части зависит от коэффициента полезного действия конкретного громкоговорителя. Большинство производителей акустических систем приводят или звуковое давление в Паскалях (Па), или уровень звукового давления в дБ на расстоянии 1 м от излучателя. Если приведено звуковое давление в Па, а требуется получить уровень звукового давления в дБ, перевод одной величины в другую осуществляется по формуле:

$$L(\text{дБ}) = 20 \lg \frac{p(\text{Па})}{2 \cdot 10^{-5}}. \quad (1)$$

Для типичного ненаправленного громкоговорителя можно принять, что 1 Вт электрической мощности соответствует уровню звукового давления примерно 95 дБ. Каждое увеличение (уменьшение) мощности вдвое приводит к увеличению (уменьшению) уровня звукового давления на 3 дБ. Т.е. 2 Вт – 98 дБ, 4 Вт – 101 дБ, 0.5 Вт – 92 дБ, 0.25 Вт – 89 дБ и т. п. Существуют громкоговорители, имеющий звуковое давление на 1 Вт мощности менее 95 дБ и громкоговорители, обеспечивающие на 1 Вт 97 и даже 100 дБ, при этом одноваттный громкоговоритель с уровнем звукового давления 100 дБ заменяет громкоговоритель мощностью 4 Вт с уровнем 95 дБ/Вт (95 дБ – 1 Вт, 98 дБ – 2 Вт, 101 дБ – 4 Вт). Очевидно, что применение такого громкоговорителя более экономично. Можно добавить, что при одной и той же электрической мощности уровень звукового давления потолочных громкоговорителей на 2–3 дБ ниже, чем настенных. Это связано с тем, что настенный речевой оповещатель расположен либо в отдельном корпусе, либо у хорошо отражающей задней поверхности, поэтому звук, излучаемый назад, практически полностью отражается вперед. Потолочные громкоговорители, как правило, крепятся на фальшпотолках или подвесах, поэтому звук, излучаемый назад, не отражается и не влияет на повышение фронтального звукового давления. Рупорные громкоговорители при мощностях 10–30 Вт обеспечивают звуковое давление 12–16 Па (115–118 дБ) и более, имея, таким образом, наиболее высокое соотношение дБ/Вт.

В заключение еще раз обращаем внимание на то, что при расчетах громкоговорителей необходимо **обращать внимание на развиваемое им звуковое давление, а не на**

электрическую мощность, и только при отсутствии этой характеристики в описании руководствоваться типовой зависимостью – 95 дБ/Вт.

Расчет мощности речевых оповещателей для сосредоточенных систем

Расчет мощности громкоговорителей для сосредоточенных систем осуществляется в следующем порядке:

1) определяется необходимый уровень звука в удаленной точке озвучиваемого помещения по формуле (2):

$$L_{\max} = L_a + 10 \text{ (дБ)}, \quad (2)$$

где L_a – действующий уровень фонового шума в помещении, 10 дБ – превышение требуемого уровня звукового давления над фоном;

2) рассчитывается звуковое давление, которое должен развивать громкоговоритель в удаленной точке по формуле:

$$p_{\max} = 10^{0,05(L_{\max} - 94)} \text{ (Па)}; \quad (3)$$

3) определяется звуковое давление, которое должен развивать громкоговоритель на расстоянии 1 м по формуле:

$$p_1 = p_{\max} L, \quad (4)$$

где L – расстояние от громкоговорителя до крайней точки.

Если в сосредоточенной системе используется несколько громкоговорителей, то:

$$p_1 = p_{\max} L / \sqrt{n},$$

где n – число громкоговорителей в сосредоточенной системе.

4) определяется уровень звукового давления, которое должен обеспечивать каждый громкоговоритель по формуле:

$$L_{zp} = 20 \lg \frac{p_1}{2 \cdot 10^{-5}}. \quad (5)$$

Величина 2×10^{-5} , стоящая в знаменателе, соответствует уровню абсолютной тишины в ПА;

5) по значению L_{zp} или p_1 выбирается необходимый громкоговоритель или находится его необходимая типовая мощность. При выборе типовой мощности используется соотношение 95 дБ/Вт.

Примеры:

1. *Расчитать мощность громкоговорителя в сосредоточенной системе с двумя громкоговорителями.*

Исходные данные: расстояние от громкоговорителя до удаленной точки $L = 15$ м; уровень фонового шума в помещении $L_a = 75$ дБ.

Требуемый уровень звука в удаленной точке находим по формуле (2):

$$L_{\max} = L_a + 10 = 75 + 10 = 85 \text{ (дБ)}.$$

Требуемое звуковое давление в удаленной точке находим по формуле (3):

$$p_{\max} = 10^{0,05(L_{\max} - 94)} = p_{\max} = 10^{0,05(85-94)} = 0,35 \text{ (Па)}.$$

Необходимое звуковое давление на расстоянии 1 м от громкоговорителя находим по формуле (4):

$$p_1 = p_{\max} L / \sqrt{n} = 0,35 \cdot 15 / \sqrt{2} = 3,6 \text{ (Па)}.$$

Уровень звукового давления, которое должен развивать громкоговоритель на расстоянии 1 м, рассчитываем по формуле (5):

$$L_{\text{тр}} = 20 \lg \frac{p_1}{2 \cdot 10^{-5}} = 20 \lg \frac{3,6}{2 \cdot 10^{-5}} = 105 \text{ (дБ)}.$$

Типовой громкоговоритель мощностью 1 Вт обеспечивает уровень звукового давления около 95 дБ, мощностью 2 Вт – 97 дБ, 4 Вт – 101 дБ, 8 Вт – 104 дБ. Следовательно, каждый из двух громкоговорителей должен иметь мощность около 8 Вт.

2. *Рассчитать мощность громкоговорителя в сосредоточенной системе с направленным громкоговорителем.*

Исходные данные: расстояние от громкоговорителя до удаленной точки $L = 80$ м; уровень фонового шума $L_a = 70$ дБ.

Требуемый уровень звука в удаленной точке находим по формуле (2):

$$L_{\max} = L_a + 10 = 70 + 10 = 80 \text{ (дБ)}.$$

Требуемое звуковое давление в удаленной точке вычисляем по формуле (3):

$$p_{\max} = 10^{0,05(L_{\max} - 94)} = p_{\max} = 10^{0,05(80-94)} = 0,19 \text{ (Па)}.$$

Необходимое звуковое давление на расстоянии 1 м от громкоговорителя рассчитываем по формуле (4):

$$p_1 = p_{\max} L = 0,19 \cdot 80 = 15,96 \text{ (Па)}.$$

Уровень звукового давления, которое должен развивать громкоговоритель на расстоянии 1 м, находим по формуле (5):

$$L_{\text{тр}} = 20 \lg \frac{p_1}{2 \cdot 10^{-5}} = 20 \lg \frac{15,2}{2 \cdot 10^{-5}} = 117,6 \text{ (дБ)}.$$

Громкоговоритель типа 50ГРД-3 мощностью 50 Вт имеет уровень звукового давления 118 дБ, т. е. соответствует требуемым характеристикам для озвучивания участка на заданном расстоянии.

Расчет мощности громкоговорителей для распределенных систем

- 1) определяется необходимый уровень звука в помещении по формуле (2);
- 2) рассчитывается звуковое давление, которое должен развивать громкоговоритель в удаленной точке по формуле (3);
- 3) определяется звуковое давление, которое должен развивать громкоговоритель на расстоянии 1 м:

– для одиночной цепочки или цепочки, расположенной в шахматном порядке, по формуле :

$$p_1 = p_{\max} \sqrt{\frac{bD}{3}} \text{ (Па);} \quad (6)$$

– для двойной цепочки – по формуле:

$$p_1 = p_{\max} \sqrt{\frac{0,5bD}{3}} \text{ (Па);} \quad (7)$$

где b – ширина помещения;

D – расстояние между громкоговорителями в цепочке.

Вместо D можно подставить выражение $D = L/N$, где L – длина помещения, N – количество громкоговорителей вдоль одной стены.

4) определяется уровень звукового давления, которое должен обеспечивать каждый громкоговоритель, по формуле 5;

5) по значению $L_{\text{тр}}$ выбирается необходимый громкоговоритель или находится его необходимая типовая мощность. При выборе по типовой мощности используется соотношение 95 дБ/Вт.

Пример:

1. Операционный зал банка.

Исходные данные: длина помещения – 18 м, ширина – 7,5 м, высота – 4,5 м. Рекомендуется использовать два громкоговорителя, по одному на каждую сторону. Шаг громкоговорителей $D = 6$ м. По назначению помещения ожидаемый уровень фонового шума 60–63 дБ.

Находим необходимый уровень звука в помещении по формуле (2):

$$L_{\max} = L_a + 10 = 63 + 10 = 73 \text{ (дБ)}.$$

Вычисляем звуковое давление, которое должны развивать громкоговорители, по формуле (3):

$$p_{\max} = 10^{0,05(L_{\max} - 94)} = 10^{0,05(73 - 94)} = 0,09 \text{ (Па)}.$$

Рассчитываем звуковое давление, которое должен развивать громкоговоритель на расстоянии 1 м, по формуле (6):

$$p_1 = p_{\max} \sqrt{\frac{bD}{3}} = 0,09 \sqrt{\frac{7,5 \cdot 6}{3}} = 0,35 \text{ (Па)}.$$

Определяем уровень звукового давления громкоговорителя по формуле (5):

$$L_{\text{тр}} = 20 \lg \frac{p_1}{2 \cdot 10^{-5}} = 20 \lg \frac{0,35}{2 \cdot 10^{-5}} = 85 \text{ (дБ)}.$$

Такой уровень звукового давления соответствует типовым громкоговорителям с мощностью 0,5 Вт.

2. Торговый зал магазина

Исходные данные: длина помещения $L = 25$ м, ширина $b = 18$ м, высота $h = 5$ м, люди преимущественно стоят, откуда добавочная высота $h_d = 1,5$ м. Рекомендуется двойная настенная цепочка, по три громкоговорителя на каждую сторону, шаг цепочки $D = 8$ м.

По назначению и площади объекта ориентировочный уровень фонового шума следует ожидать в диапазоне 65–70 дБ.

Находим необходимый уровень звука в помещении по формуле (2):

$$L_{\max} = L_a + 10 = 70 + 10 = 80 \text{ (дБ)}.$$

Вычисляем звуковое давление, которое должны развивать громкоговорители по формуле (3):

$$p_{\max} = 10^{0,05(L_{\max} - 94)} = 10^{0,05(80 - 94)} = 0,2 \text{ (Па)}.$$

Рассчитываем звуковое давление, которое должен развивать громкоговоритель на расстоянии 1 м, по формуле (7):

$$p_1 = p_{\max} \sqrt{\frac{0,5bD}{3}} = 0,2 \sqrt{\frac{0,5 \cdot 18 \cdot 8}{3}} = 0,97 \text{ (Па)}.$$

Определяем уровень звукового давления громкоговорителя по формуле (5):

$$L_{\text{гп}} = 20 \lg \frac{p_1}{2 \cdot 10^{-5}} = 20 \lg \frac{0,97}{2 \cdot 10^{-5}} = 94 \text{ (дБ)}.$$

Такой уровень звукового давления соответствует типовому громкоговорителю мощностью немного меньше 1 Вт, следовательно, можно использовать громкоговорители по 1 Вт каждый.

Расчет мощности громкоговорителей для одиночной и двойной потолочных цепочек и потолочной решетки:

1) определяется необходимый уровень звука в помещении по формуле (2), где L_a – действующий уровень фонового шума в помещении при уровне фонового шума более 75 дБ $L_{\max} = L_a + 7$ (дБ);

2) рассчитывается звуковое давление, которое должен развивать громкоговоритель в удаленной точке, по формуле (3);

3) определяется звуковое давление, которое должен развивать громкоговоритель на расстоянии 1 м:

– для одиночной цепочки, расположенной по средней линии помещения, – по формуле (6):

– для двойной цепочки – по формуле (8):

$$p_1 = p_{\max} \sqrt{\frac{0,25bD}{3}} \text{ (Па)}; \quad (8)$$

– для потолочной решетки – по формуле (9):

$$p_1 = \frac{p_{\max} \cdot D}{3} \text{ (Па)}; \quad (9)$$

где b – ширина помещения;

D – расстояние между громкоговорителями в цепочке.

Определяется уровень звукового давления, которое должен обеспечивать каждый громкоговоритель, по формуле (5);

4) по значению $L_{гр}$ выбирается необходимый громкоговоритель или находится его необходимая типовая мощность. При выборе по типовой мощности используется соотношение 95 дБ/Вт.

Выводы

В заключение можно указать причину большинства решений, противоречащих практическому опыту проектировщиков, получаемых с применением специализированных программ по акустике или при использовании вышеприведенных формул. Как правило, она кроется в некорректном задании действующего уровня фонового шума. В ряде справочных, технических и иных изданий приводятся примерные уровни фоновых шумов для помещений различного функционального назначения. Относиться к этим данным следует крайне осторожно, поскольку в разных источниках для одних и тех же помещений они могут отличаться на 5–10 дБ (что дает очень существенный разброс по звуковому давлению), кроме того, необходимо учитывать, что при пожаре из-за возникшей паники или обрушении конструкций требуемый уровень фоновых шумов следует принимать большим, чем для обычных диспетчерских передач.

ЛИТЕРАТУРА

1. ТКП 45-2.02-22-2006. Технический кодекс установившейся практики. Здания и сооружения. Эвакуационные пути и выходы. Правила проектирования.
2. СНБ 2.02.02-2001 Строительные нормы Республики Беларусь. Эвакуация людей из зданий и сооружений при пожаре (с изменениями № 1 и 2).
3. Проектирование систем оповещения и управления эвакуацией людей при пожарах в общественных зданиях : пособие к СНиП 2.08.02-89 / Ассоциация пожинформтехника. – М., 1992.