

В.Ф. Асминин¹, А.И. Антонов², Е.Н. Епифанов³

(¹ Воронежская государственная лесотехническая академия; ² Тамбовский государственный технический университет, ³ Воронежский институт ГПС МЧС России; e-mail: een81gps@yandex.ru)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АКУСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РЕЧЕВЫХ ПОЖАРНЫХ ОПОВЕЩАТЕЛЕЙ ДЛЯ РАСЧЁТА ЗВУКОВЫХ ПОЛЕЙ ПОМЕЩЕНИЙ

Проведен анализ основных акустических характеристик речевых пожарных оповещателей. Получены выражения для расчёта прямого и отражённого звука в помещениях.

Ключевые слова: пожар, система оповещения и управления эвакуацией людей, разборчивость речевого сообщения.

V.F. Asminin, A.I. Antonov, Ye.N. Yepifanov

THE USE OF THE ACOUSTIC CHARACTERISTICS OF VOICE FIRE ALARM SIRENS FOR THE CALCULATION OF SOUND FIELDS OF PREMISES

The analysis of the main acoustic characteristics of voice fire alarm sirens. Expressions for calculation of direct and reflected sound in the premises are derived.

Key words: the fire, the system of alarm and managing the evacuation of people, the comprehension of speech message.

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 28 ноября 2013 г.

Проектирование системы речевого оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре вызывает у специалистов ряд трудностей, связанных с порядком проведения электроакустического расчёта оптимально достаточного количества речевых оповещателей, для помещений различного функционального назначения. Существующие методики имеют упрощенный вид и не всегда применимы по тем или иным причинам.

Федеральным законом и нормативными документами по пожарной безопасности к системе речевого оповещения людей при пожаре предъявляется ряд требований [1-4]. Эти требования сводятся к одной цели – обеспечение разборчивости речевого сообщения и получение эвакуирующимися людьми достоверной информации при пожаре.

Речевые оповещатели *системы оповещения и управления эвакуацией (СОУЭ)* людей при пожаре совместно с другими источниками звука формируют звуковое поле помещения. Для оценки разборчивости речевого сигнала в расчётной точке необходимо знать энергию прямого звука, а также отражённую энергию ранних и поздних отражений, соотношение энергий полезной составляющей сигнала к фоновому шуму и т.д. То есть необходим подробный расчёт звукового поля, в том числе и от речевых оповещателей СОУЭ.

Оповещатели СОУЭ как сложные акустические приборы имеют большое количество характеристик (энергетических, частотных, пространственных) [5], которые, применительно к строительно-акустическим задачам, или избыточны, или не согласуются с традиционно используемыми параметрами источников звука, такими как коэффициент и фактор направленности, пространственный угол излучения и акустическая мощность. ГОСТ [5] определяет порядок измерения акустической мощности громкоговорителей, однако в технической документации на оповещатели СОУЭ эти значения указываются редко. Чаще всего приводятся значения уровня звукового давления L_{oc} по рабочей оси оповещателя на расстоянии $r_0 = 1$ м, показатель направленности $\Delta L = L_\theta - L_{oc}$, где L_θ – уровень звукового давления под углом θ к рабочей оси, амплитудно-частотную и другие характеристики, не имеющие отношения к расчёту звукового поля в помещении [6]. Значений L_{oc} и ΔL достаточно для расчёта прямого звука:

$$L = L_{oc} + \Delta L + 20 \lg \left(\frac{r_0}{r} \right). \quad (1)$$

Однако, при расчёте прямых и отражённых звуковых полей помещений используют другие характеристики источников звука, которые необходимо выразить через паспортные данные оповещателей L_{oc} и ΔL .

Для расчёта акустической мощности воспользуемся выражением

$$P = \int_S J \, dS = \int_\Omega J r_0^2 \, d\gamma = \int_\Omega \varepsilon c r_0^2 \, d\gamma, \quad (2)$$

где S – площадь поверхности, ограждающей источник звука;

Ω – пространственный угол излучения;

γ – элемент пространственного угла ($dS = r_0^2 d\gamma$);

r_0 – радиус-вектор ($r = 1$ м).

В выражении (2) использована связь интенсивности J и плотности энергии ε :

$$J = \varepsilon c, \quad (3)$$

где c – скорость звука в воздухе.

Плотность энергии прямого звука на расстоянии $r_0 = 1$ м, с учётом выражения (1) определяется по выражению

$$\varepsilon = \varepsilon_0 \times 10^{0,1(L_{oc} + \Delta L)}, \quad (4)$$

где ε_0 – пороговое значение плотности звуковой энергии.

После совместного решения (2) и (4) получим

$$P = P_0 \times 10^{0,1 \times L_{oc}} \int_\Omega 10^{0,1 \times \Delta L} \cdot d\gamma, \quad (5)$$

где $P_0 = \varepsilon_0 c r_0^2$ – пороговое значение акустической мощности при $r_0 = 1$ м.

Уровень акустической мощности рассчитывается как

$$L_p = 10 \lg P / P_0 = L_{oc} + 10 \lg \left(\int_\Omega 10^{0,1 \Delta L} \cdot d\gamma \right) / P_0. \quad (6)$$

Для ненаправленного источника звука $\Delta L = 0$.

$$L_p = L_{oc} + 10 \lg(\Omega). \quad (7)$$

В акустике помещений прямой звук часто рассчитывают по выражению

$$\varepsilon = \frac{P\Phi}{\Omega r^2 c}, \quad (8)$$

где r – расстояние от источника звука до расчётной точки.

Для пояснения физического смысла фактора направленности Φ запишем среднее значение плотности прямой энергии:

$$\varepsilon_{cp} = \frac{P}{\Omega r^2 c}. \quad (9)$$

Из сравнения (8) и (9) получим:

$$\Phi_\gamma = \frac{\varepsilon_\gamma}{\varepsilon_{cp}}, \quad (10)$$

то есть фактор направленности есть степень отклонения прямой энергии ε_γ в некотором направлении γ от среднего значения ε_{cp} на определенном расстоянии от источника.

Из выражений (4), (5) и (10) получим

$$\Phi = \frac{\Omega \times 10^{0,1 \times \Delta L}}{\int_{\Omega} 10^{0,1 \times \Delta L} \cdot d\gamma}. \quad (11)$$

Фактор Φ является нормированной величиной, так как

$$\frac{1}{\Omega} \int_{\Omega} \Phi \, d\gamma = 1. \quad (12)$$

При расчётах систем звукоусиления залов используют другое выражение для плотности прямого звука

$$\varepsilon = \frac{P\theta F^2}{4\pi r^2 c}, \quad (13)$$

где F – коэффициент направленности

$$F = \frac{\bar{P}}{P_{oc}} = 10^{\Delta L/20} \quad (14)$$

равен отношению звукового давления \bar{P} в направлении γ к звуковому давлению по оси динамика \bar{P}_{oc} на определённом расстоянии r_0 ;

θ – коэффициент осевой концентрации, рассчитываемый по выражению

$$\theta = \frac{4\pi \bar{P}_{oc}}{\int_{\Omega} P \, d\gamma} = \frac{4\pi}{\int_{\Omega} F^2 \, d\gamma} = \frac{4\pi}{\int_{\Omega} 10^{0,1 \Delta L} \, d\gamma}. \quad (15)$$

Между составляющими выражений (8) и (13) существует взаимосвязь

$$\frac{\Phi}{\Omega} = \frac{\theta F^2}{4\pi}. \quad (16)$$

В качестве примера выполнен расчёт энергетических параметров потолочного оповещателя SS-TF-218 для частоты $f = 2000$ Гц. Уровень звукового давления на расстоянии $r_0 = 1$ м по оси оповещателя равен $L_{oc} = 97$ дБ. Пространственный угол излучения $\Omega = 2\pi$. Показатель направленности ΔL изображен на рис. 1 и приведен в табл. 1.

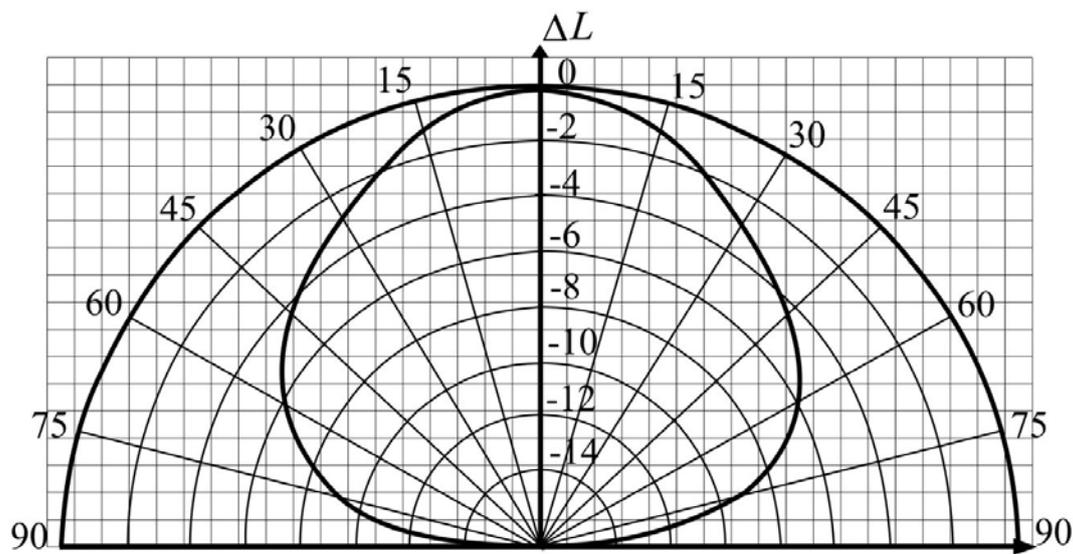


Рис.1. График показателя направленности излучения потолочного оповещателя на частоте $f = 2000$ Гц

Таблица 1

Результаты расчёта характеристик направленности оповещателя

| № п/п | Угол с осью оповещателя | Показатель направленности, ΔL , дБ | $F^2 = 10^{0,1\Delta L}$ | F | Φ |
|-------|-------------------------|--|--------------------------|-------|--------|
| 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 3,48 |
| 2 | 15 | -2 | 0,63 | 0,794 | 2,20 |
| 3 | 30 | -3 | 0,5 | 0,708 | 1,74 |
| 4 | 45 | -3,5 | 0,45 | 0,668 | 1,55 |
| 5 | 60 | -5 | 0,32 | 0,562 | 1,1 |
| 6 | 75 | -9 | 0,126 | 0,355 | 0,44 |
| 7 | 90 | -12 | 0,063 | 0,251 | 0,21 |

Величина интеграла составит

$$\int_{\Omega} 10^{0,1 \times \Delta L} d\gamma = 1,806. \quad (11)$$

Уровень акустической мощности равен

$$L_p = 97 + 10 \lg(1,806) = 99,6 \text{ дБ}.$$

Коэффициент осевой концентрации имеет значение

$$\theta = \frac{4\pi}{1,806} = 6,96. \quad (11)$$

Проведенные исследования позволят на основе паспортных данных речевых оповещателей, используемых в системах оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре, получить их акустические характеристики как источников прямого и отраженного звука и использовать их для детального расчёта параметров звуковых полей помещений, в том числе и разборчивости речевого сигнала сообщения СОУЭ.

Литература

1. **Федеральный закон** от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности". Новосибирск: Сиб. ун-т, 2008.
2. **СП** 3.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Требования пожарной безопасности. М.: ВНИИПО МЧС России, 2009.
3. **ГОСТ Р** 53325-2009. Технические средства пожарной автоматики. Общие технические требования. Методы испытаний. М.: Стандартинформ, 2009.
4. **СП** 133.13330.2012. Сети проводного радиовещания и оповещения в зданиях и сооружениях. Нормы проектирования. М.: Минрегион России, 2012.
5. **ГОСТ** 16122-87. Громкоговорители. Методы измерения электроакустических параметров. М.: Изд-во стандартов, 1988.
6. **Сапожков М.А.** Звукофикация помещений: Проектирование и расчёт. М.: Связь 1979. 144 с.