

# КРАТКИЙ ЭЛЕКТРОАКУСТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ГРОМКОГОВОРИТЕЛЕЙ

Смысл электроакустического расчета сводится к определению уровня звукового давления в расчетных точках – в местах постоянного или временного (вероятного) пребывания людей и сравнению данного уровня с рекомендованными (нормативными) значениями.

В озвучиваемом помещении присутствует различного рода шум. В зависимости от назначения и особенностей помещения, а также времени суток, уровень шума варьируется. Наиболее важным параметром при расчете, является величина среднестатистического шума. Шум можно измерить, но правильней и удобней взять его из готовых шум-таблиц:

**Таблица 1** примерные уровни звука постоянного шума

Назначение помещений	N, дБ
Медицинские кабинеты, палаты	35
Учебные заведения, классы, конференц-залы	40
Административные здания, офисы, холлы	50
Общепит, кафе, рестораны, тихая улица	55
Здание вокзала, спортивные залы, улица	60
Автостоянки, автостанции	70
Железнодорожная станция	80
Метрополитен	85
Промышленное предприятие	90

Для того чтобы услышать звуковую или речевую информацию, она должна быть громче шума на 3 дБ, т.е. в 2 раза. Величину 2 называют запасом звукового давления. В реальных условиях шум меняется, поэтому для отчетливого восприятия полезной информации на фоне шума, запас давления д.б не менее 6 дБ, по нормативам – 15 дБ.

Удовлетворение условий изложенных в пунктах 4.6, 4.7 свода правил, достигается организационными мероприятиями – правильной расстановкой громкоговорителей, предварительным расчетом:

- звукового давления громкоговорителя,
- звукового давления в расчетной точке,
- эффективной площади озвучиваемой одним громкоговорителем,
- общего количества громкоговорителей необходимого для озвучивания определенной территории.

Критерием правильности электроакустического расчета, является выполнение следующих условий:

1. Звуковое давление выбранного громкоговорителя д.б. “не менее 75 дБА на расстоянии 3 м от оповещателя”, что соответствует величине звукового давления громкоговорителя не ниже 85 дБ.
2. Звуковое давление в расчетной точке д.б. выше уровня среднестатистического шума в помещении на 15 дБ.
3. Для потолочных громкоговорителей необходимо учитывать высоту их установки (высоту потолков).
4. Если все 3 условия выполнены – электроакустический расчет выполнен, если нет, то возможны следующие варианты:
  - выбрать громкоговоритель с большей чувствительностью (звуковым давлением, дБ),
  - выбрать громкоговоритель с большей мощностью (Вт),
  - увеличить количество громкоговорителей,
  - изменить схему расстановки громкоговорителей.

## Входные параметры для расчета

Входные параметры для расчетов берутся из технического задания (ТЗ) (предоставляемого заказчиком) и технических характеристик на проектируемое оборудование. Список и количество параметров может варьироваться в зависимости от ситуации.

### Примерные входные данные:

Параметры громкоговорителей:

**SPL** – чувствительность громкоговорителя, дБ,

**P<sub>гр</sub>** – мощность громкоговорителя, Вт,

**ШДН** – Ширина диаграммы направленности, град.

Параметры помещения:

**N** – Уровень шума в помещении, дБ,

**H** – Высота потолков, м,

**a** – Длина помещения, м,

**b** – Ширина помещения, м,

**S<sub>п</sub>** – Площадь помещения, м<sup>2</sup>.

Дополнительные данные

**ЗД** – Запас звукового давления, дБ.

**r** – Расстояние от громкоговорителя до расчетной точки.



Площадь озвучиваемого помещения:

$$S_n = a * b$$

## Расчет звукового давления громкоговорителя

Зная номинальную мощность громкоговорителя ( $P_{вт}$ ) и его чувствительность SPL (SPL от англ. Sound Pressure Level – уровень звукового давления громкоговорителя измеренного на мощности 1 Вт, на расстоянии 1 м), можно рассчитать звуковое давление громкоговорителя, развиваемое на расстоянии 1 м от излучателя.

$$P_{дб} = SPL + 10 \lg(P_{вт}) \quad (1)$$

## Расчет звукового давления в расчетной точке

Для расчета звукового давления в расчетной точке, необходимо:

1. Выбрать расчетную точку.
2. Оценить расстояние от громкоговорителя до расчетной точки.
3. Рассчитать уровень звукового давления в расчетной точке.

В качестве расчетной точки выберем место возможного (вероятного) нахождения людей, наиболее критичное с точки зрения положения или удаления. Расстояние от громкоговорителя до расчетной точки ( $r$ ) можно рассчитать или измерить прибором (дальномером).

Рассчитаем зависимость звукового давления от расстояния:

$$P_{20} = 20 \lg(r) \quad (2)$$

Данная зависимость называется правилом “обратных квадратов” или правилом “шести децибел”. Физическая интерпретация данного правила – при каждом удвоении удаления от источника, уровень звука уменьшается на 6 дБ.

Данную зависимость можно изобразить таблично и графически, рис. 1:

$r$ (м)	1	2	4	8	16	32	64	128	256	512
$P$ (дБ)	0	6	12	18	24	30	36	42	48	54

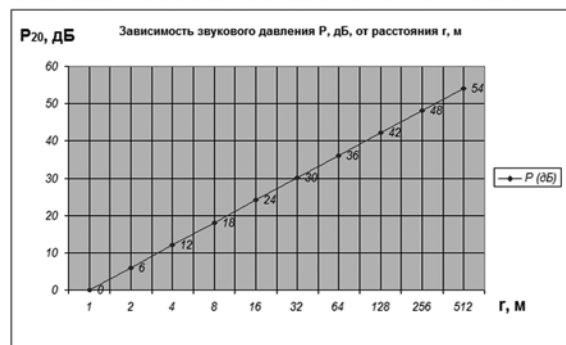


Рис. 1

## Уровень звукового давления в расчетной точке:

$$P = P_{дб} - P_{20} \quad (3)$$

Проверка правильности расчета:

$$P > N + 3Д \quad (4)$$

При  $3Д = 15$  дБ:

$$P > N + 15 \quad (5)$$

Если звуковое давление в расчетной точке выше уровня среднестатистического шума в помещении на 15 дБ – расчет выполнен правильно.

## Расчет эффективной дальности

Эффективная дальность звучания ( $L$ ) – расстояние от источника звука (громкоговорителя) до геометрического места расположения расчетных точек, находящихся в пределах ШДН, звуковое давление в которых остается в пределах ( $N + 15$  дБ). На техническом сленге – “расстояние, которое громкоговоритель пробивает”.

В англоязычной литературе эффективная дальность звучания (effective acoustical distance (EAD)) – расстояние, при котором сохраняется четкость и разборчивость речи (1).

Рассчитаем разность между звуковым давлением громкоговорителя, уровнем шума и запасом давления.

$$p = P_{дб} - (N + 3Д) \quad (6)$$

Эффективную дальность громкоговорителя можно получить (вывести) из обратной зависимости соотношения (ф-ла 2), взяв вместо  $P_{20}$  величину  $p$  из формулы (6):

$$L = 10^{p/20} \quad (7)$$

## Расчет площади, озвучиваемой одним громкоговорителем

Диаграмму направленности (излучения) громкоговорителя, можно представить в виде конуса (звукового поля сконцентрированного в конусе) с телесным углом в вершине конуса, равным ширине диаграммы направленности.

Площадь, озвучиваемая громкоговорителем – проекция звукового поля, ограниченного углом раскрыва на плоскость, проведенную параллельно полу на высоте 1,5 м. По аналогии с эффективной дальностью: Эффективная площадь, озвучиваемая громкоговорителем – площадь звукового давления в пределах которой не превышает значение  $N + 15$  дБ (ф-ла 5).

## ПРИМЕЧАНИЕ:

Громкоговоритель излучает во всех направлениях, но мы будем опираться на входные данные – уровни звукового давления в пределах диаграммы направленности. Правильность данного подхода подтверждается статистической теорией.

Разобьем громкоговорители на 3 класса (типа):

1. потолочные,
2. настенные,
3. рупорные.

Потолочные – класс громкоговорителей, характеризующихся способом излучения, в котором излучаемая звуковая энергия направлена перпендикулярно полу.

Настенные – класс громкоговорителей, характеризующихся способом излучения, в котором излучаемая звуковая энергия направлена параллельно полу.

Рупорные – класс громкоговорителей, характеризующихся способом излучения, в котором излучаемая звуковая энергия направлена под некоторым углом по направлению к полу.

Для каждой группы громкоговорителей эффективная озвучиваемая площадь, рассчитывается по разному. Для 1 группы она зависит от высоты установки (потолков), для групп 2 и 3 – от громкости, по сути от эффективной дальности (ф-ла 7).

Расчет проведем отдельно для каждой группы.

## ПРИМЕР:

Расчет эффективной площади, озвучиваемой потолочным громкоговорителем

Потолочные – класс громкоговорителей, характеризующихся способом излучения, в котором излучаемая звуковая энергия направлена перпендикулярно полу.

Эффективная площадь озвучиваемая громкоговорителем – круг, являющийся пересечением конуса (звукового поля сконцентрированного в конусе), с плоскостью проведенной параллельно полу на высоте 1,5м.

На рис.2 изображена элементарная геометрическая интерпретация данного представления.

Площадь, озвучиваемая потолочным громкоговорителем – площадь круга:

$$S = 3,14 R^2 \quad (8)$$

$$R = (H - 1,5) * \operatorname{tg} (\text{ШДН} / 2) \quad (9)$$

Для потолочного громкоговорителя, дополнительным критерием правильности электроакустического расчета, является проверка условия:

$$L > C \quad (10)$$

$$C = (H - 1,5) / \cos (\text{ШДН}/2) \quad (11)$$

Смысл данного условия: звук (звуковое поле) распространяющийся вдоль гипотенузы (вдоль образующей звукового конуса) должен достигать до плоскости, проведенной параллельно полу на высоте 1,5 м.

## Расчет количества громкоговорителей необходимого для озвучивания определенной территории

Рассчитав эффективную площадь, озвучиваемую одним громкоговорителем, зная общие размеры озвучиваемой территории, рассчитаем общее количество громкоговорителей:

$$K = \operatorname{int}(S_n / S_{гр}) \quad (12)$$

Где: Int – результат округления до целого значения.

## Используемая литература:

<http://www.escortpro.ru/page/training/tutorials.htm>

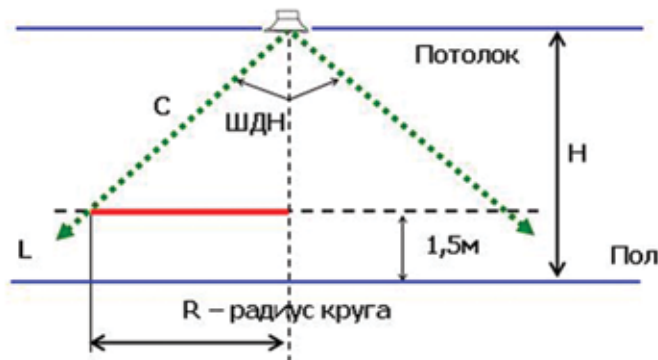


Рис. 2 Геометрическое представление диаграммы направленности потолочного громкоговорителя.