

# Что общего у метров и вольтов, или Децибелы в акустике

Алексей ОМЕЛЬЯНЧУК, эксперт

Продолжение ликбеза для тех, кто давно забыл, чему учили в школе. Когда я учился на курсах громкого оповещения на фабрике Philips в Eindhoven, я был еще недавно из института и нахально полагал, что уж банальной арифметикой с логарифмами меня не удивить, — вот туманная теория разборчивости речи и коэффициенты восприятия согласных мне были интересны. Каково же было мое удивление, когда на заключительном экзамене я ошибся почти в половине вопросов про децибелы.

Все, кто сталкивался со звуковой техникой (хотя бы сиреной), знает, что громкость звука измеряют в децибелах. На самом деле в децибелах измеряют что угодно, но не саму величину, а ее изменение. Если быть совсем точным, измеряют в единицах Бел, по имени того самого Белла, который изобрел телефон. Если мощность сигнала выросла на 1 Бел, значит, в 10 раз больше. Выросла мощность на 2 Бела — стала в 100 раз больше. На практике такие большие перепады встречаются редко, потому и применяется десятичная единица — децибел. То есть 10 дБ — это изменение мощности в 10 раз, 20 дБ — в 100 раз.

Очень ориентировочно (в стиле «оценки до 30%») можно запомнить, что 3 дБ — это рост мощности в 2 раза. Если забудете, легко вычислить: 3 раза по 3 децибела — это 9 дБ, т. е. почти 10 дБ. Двукратный рост три раза — это 2 в кубе — равно 8, тоже почти 10, так что все правильно: 3 дБ — это 2-кратный рост.

Почему телефонисты из компании Bell Lab придумали такую «логарифмическую» единицу измерения? Человеческое ухо с трудом может определить объективный реальный уровень громкости. Зато легко сравнивает два разных сигнала. Так вот, если человеку дать послушать звуки мощностью 1, 2 и 4 ватта, то он скажет, что два последних отличаются так же, как и два первых. То есть для уха важно, во сколько раз больше, а не на сколько ватт мощнее. В частности, раз уж я вспомнил про речевое оповещение, известно, что для восприятия объявления оно должно идти с громкостью на 6 дБ выше окружающего шума (т. е. мощность звука от громкоговорителя должна быть в 4 раза выше, чем от станков, трамваев или школьников на перемене). Неважно, находитесь вы ночью в лесу (тогда громкоговоритель 100 МВт будет слышен за сотню метров) или на перемене в школе (тогда 100 Вт можно разобрать за несколько метров).

Очень важный момент: речь об изменении именно мощности. Электрики привыкли измерять напряжение. Достал тестер из кармана, воткнул в линию, измерил: у вас 30-вольтная линия проводного вещания. А в другой линии — 100 В громкого оповещения. На самом деле, конечно, измерить тестером не очень просто — в паузах напряжения нет вообще, а когда играет музыка, оно то большое, то маленькое, речь идет о максимальном напряжении. Так вот, если один и тот же громкоговоритель подключить к первой линии и ко второй, он выдаст мощность не в 3, а в 10 раз большую. Ибо мощность — это  $U^2/R$ , мощность — квадрат напряжения. Потому в справочниках обычно приводят заумную формулу, дескать, децибелы — это  $20 \cdot \lg(U_2/U_1)$ .

Так вот, теперь открою секрет, что общего у расстояния и напряжения — с расстоянием от источника звука энергетическая мощность также падает квадратично (закон сохранения энергии — та же суммарная мощность проходит через квадратично растущую площадь сферы). Поэтому аналогично увеличили расстояние в 2 раза — громкость звука упала в 4 раза, т. е. на 6 дБ. И по напряжению на той же нагрузке — 2 раза дает 6 децибел, и по расстоянию от того же громкоговорителя — 2 раза дает 6 децибел.

Постойте, скажет человек, знакомый с акустическими нормами, но почему вы все время говорите об отношении мощности, ведь в нормативной документации, например, на сирены указывается, что сила звука должна быть просто 80 дБ, просто сила звука, а вовсе не какое-то там отношение мощностей. Ответу: да, силу звука меряют прямо в децибелах, есть такая манера. До-

тошные авторы пишут дБА — маленькая буква «а» на конце означает «децибелы акустические», указываются относительно условно принятого за порог слышимости уровня звукового давления (20 мкпаскаль, или, что то же самое, 1 пиковатт на квадратный метр).

Официально согласно ГОСТу требуется так и писать: «дБ (исх. 20 мкПа)». Для полноты ощущений упомяну, что дБА (если буква «А» большая) означает, что громкость звука измерена с взвешивающим фильтром, соответствующим частотной характеристике чувствительности человеческого уха. На частоте 1 кГц мощность считается одинаковой, что с фильтром, что без фильтра, а на других — с фильтром меньше. В среднем считается, что с фильтром прибор покажет на 10–15 дБ меньше.

Но не волнуйтесь, на практике при измерении громкости звука все имеют в виду одно и то же — со взвешивающим фильтром и относительно 20 мкПа, хотя почти всегда пишут вовсе без уточнений, без упоминания букв «а» или «А».

Немного практического применения. ГОСТ 53325 требует, чтобы пожарные сирены на расстоянии 1 м обеспечивали уровень звукового давления 85 дБ (обратите внимание, даже в ГОСТе не пишут уточнение, относительно чего и с каким фильтром, правда, исходя из требования применения шумомера для испытаний можно сделать вывод, что подразумевается стандартный фильтр А и относительно 20 мкПа). С другой стороны, в СПЗ требуется, чтобы звуковое давление было не менее 75 дБ на расстоянии 3 м от оповещателя. С одной стороны, вполне согласуется: на расстоянии в 3 раза больше мощность будет в 9 раз меньше, т. е.



примерно на 10 дБ меньше. С другой — у оповещателя есть диаграмма направленности — прямо перед ним звук громче, чем сбоку. ГОСТ требует измерять 85 дБ прямо по оси оповещателя. Свод Правил, очевидно, предлагает измерять не по оси, ведь если сирена установлена на потолке высотой 2,5 м, очевидно, что отойти на расстояние 3 м по оси не получится.

Немного поговорим о направленности. Направленность оповещателей не очень высока, для типичной частоты 3 кГц длина волны будет 10 см (помните, скорость звука — 300 м/с). При длине волны больше размера сирены даже строго вбок мощность звука будет всего раза в 2–3 меньше, чем по оси (т. е. на 3–4 дБ меньше). У больших колонок, предназначенных для создания направленного звука, все намного лучше — основной лепесток диаграммы направленности имеет угол, примерное значение которого составляет длину волны, деленную на размер громкоговорителя. То есть для метровой колонки получается примерно  $1/10$  радиана — 6 градусов. Очень приблизительно, все в жизни неидеально, но главное — типичные громкоговорители и сирены для систем оповещения имеют размеры не больше длины волны и, соответственно, очень невыраженную диаграмму направленности. Хуже того, все рассуждения про диаграмму направленности уместны только на открытом пространстве. В помещении звук никуда не уходит, энергия сохраняется. Точнее, звук уходит в поглощающие материалы — шторы, мягкую мебель, людей, хороший подвесной потолок. Для практических целей вовсе не нужно понимать, что такое время реверберации, как его вычисляют и при чем тут объем помещения. Достаточно здравого смысла и понимания закона сохранения энергии: вся мощность звуковой сирены, прошедшая через полусферу на расстоянии 1 м от нее (а это примерно 3 кв. м (3.1415926... если быть занудно точным)), уйдет в поглощающие поверхности, а от остальных отразится. Поэтому если поглощающих поверхностей тоже ровно 3 м, значит, везде в комнате будет громкость ровно такая же, как на расстоянии 1 м от сирены, — сколько пришло, столько и ушло. Если же поглощающих поверхностей 30 м<sup>2</sup>, то везде в комнате будет в 10 раз меньше (т. е. 75 дБ, если сирена, минимально соответствующая ГОСТу, имеет 85 дБ).

Обратите внимание, в первом приближении (если не считать затухание звука в воздухе) это совершенно не зависит от размера комнаты. В огромном спортзале, если в нем нет ни зрителей, ни спортивных матов, любая сирена обеспечит силу звука за 80 дБ. В то же время в маленькой комнате, увешанной коврами, мы будем иметь только прямой звук.

Итак, в целом требование СП о громкости 75 дБ на расстоянии 3 м от сирены довольно бессмысленно, оно дублирует требование ГОСТ о 85 дБ на расстоянии 1 м. С учетом минимальных отражений даже под углом к оси сирены 75 дБ, конечно, будет реализовано. Однако СПЗ имеет и второе требование — громкость должна на 15 дБ выше, чем уровень шума, но не менее 70 дБ. Оценим, какого размера комнату можно «озвучить» одной сиреной. Допустим, сирена не самая плохая, имеет 105 дБ на расстоянии 1 м

(большинство ныне выпускаемых имеют даже 110 дБ). Предположим, что уровень шума не превышает 65 дБ (в большинстве общественных зданий значительно меньше), значит, требуемая сила звука от сирены — 80 дБ. Запас — 25 дБ, т. е. площадь поглощения может быть в 300 раз больше, чем исходные 3 — 1000 м<sup>2</sup>. Вполне достаточно даже для торгового павильона более 500 м<sup>2</sup>, практически полностью уставленного вешалками с одеждой.

Теперь оценим, что будет, если у нас «система коридорная, на 28 комнаток всего одна»... нет, не то, что пел Высоцкий, всего одна сирена в коридоре. Коридор, понятно, бетонный, никакого особого поглощения звука, оценим в 300 м<sup>2</sup> поверхности с поглощением, скажем, 10%. То есть эффективная поверхность поглощения — 30 м<sup>2</sup>. Громкость в коридоре в любой точке от сирены 105 дБ будет примерно 95 дБ. За каждой дверью ослабление звука можно считать 20 дБ (реально от 10 для тонкой фанерной до 30 для стальной — точные данные вы вряд ли найдете, хотя есть ГОСТ по методике измерения этих параметров для элементов строительных конструкций), т. е. в каждой комнате источник звука — дверь, 2 м<sup>2</sup>, с громкостью 75 дБ. В кабинетах уровень шума не высок, значит, ориентируемся на обязательные 70 дБ — запас всего 5 дБ, это 3 x 2 = 6 м<sup>2</sup> поглощающих поверхностей — одно окно с занавеской, и уже на пределе. Что же делать? Можно поставить две сирены в коридоре, мощность звука увеличится вдвое (на 3 дБ). Да-да, для речевого оповещения такой фокус не пройдет, разборчивость звука от двух громкоговорителей резко упадет, а вот для сирены никакие проблемы сложения-вычитания звуковых волн не важны, мощность складывается — и это главное.

В заключение сделаю два замечания. Первое. Для речевого оповещения все значительно сложнее, хотя дБ все такие же, но главное — уже не громкость, а возможность разобрать, все ведь встречались с отвратительно спроектированными системами, особенно на вокзалах, когда вроде диктор что-то говорит и динамиком вокруг множество, слышно громко, но разобрать ничего нельзя, динамики мешают друг другу, а эхо вообще вносит невыносимую разногласию. Второе замечание для придирчивых и умных читателей: я сознательно в тексте вперемешку использовал термины «звуковое давление», «сила звука», «громкость», «мощность» — это вообще-то разные параметры и даже измеряются в разных единицах, но в практической акустике реально являются синонимами и измеряются в тех самых дБ, с тем самым фильтром типа «А». ☒

**Александр Грейам Белл** (англ. Alexander Graham Bell; 3 марта 1847, Эдинбург, Шотландия — 2 августа 1922, Баддек, провинция Новая Шотландия, Канада) — американский ученый, изобретатель и бизнесмен шотландского происхождения, один из основоположников телефонии, основатель компании Bell Labs (бывш. Bell Telephone Company), определившей всё дальнейшее развитие телекоммуникационной отрасли в США.

