

КОЧНОВ ОЛЕГ

Особенности проектирования СОУЭ в условиях развития электронных технологий

Целью данной статьи является ознакомление специалистов и всех заинтересованных лиц с основными принципами построения и проектирования систем оповещения и управления эвакуацией (СОУЭ).

Необходимость в написании этой статьи продиктована с одной стороны недостаточной разработкой данного материала в современных учебниках по проектированию систем безопасности, а с другой – требованием времени, быстро меняющимися условиями внутреннего и внешнего рынка, развитием электронных технологий, нарастающими темпами строительства новых объектов различного назначения, заменой в существующих зданиях и сооружениях устаревшего оборудования современными средствами безопасности и автоматизации.

Современные проектировщики и специалисты в области систем безопасности нуждаются в повышении своей квалификации и, как следствие, обязаны следить за техническими процессами, происходящими в современном обществе. При возникновении необходимости или в случае морального и физического устаревания техники, средств и технологий может потребоваться даже переквалификация. Современные специалисты, кроме обладания чисто техническими знаниями и навыками, должны уметь ориентироваться в огромном рынке электронных систем безопасности, уметь использовать и адаптировать импортное оборудование, интегрировать различные бренды. Не следует пренебрегать и инновационными решениями, эффективность которых оправдана истекшим десятилетием. И еще одна причина: импортное оборудование нуждается в адаптации и инновации в связи с тем, что отечественная нормативная база имеет свою специфику, отличающуюся от международной.

Настоящая статья основывается на многолетнем практическом опыте автора, включает большое количество примеров на базе существующего недорогого, активно применяемого сертифицированного оборудования. Безусловно, работа не претендует на полноту охвата всей проблематики в сфере СОУЭ, поскольку детальная разработка данной темы не представляется возможной в рамках небольшой публикации. В статье освещены некоторые трудности, возникающие при проектировании СОУЭ.

Юридическим основанием для применения СОУЭ на нашем рынке являются своды правил, нормативы, разработанные на основании федеральных законов. Однако фактически подобные системы строятся для того, чтобы попросту защитить людей при той или иной угрозе, своевременно предупредив их об опасности. Доведение до людей информации, касающейся их личной безопасности, является делом обязательным и наиважнейшим.

Рекомендации, предложенные в настоящей статье, опираются на действующие СНиПы, однако они могут рассматриваться также вне этой зависимости и легко адаптироваться под меняющиеся условия.

Основное внимание в работе уделено особенностям и основным принципам построения и проектирования СОУЭ 3-5 типов и в частности систем звукового оповещения (СЗО). Рассмотрены вопросы, касающиеся основных этапов проектирования СОУЭ, представлены ссылки на нормативные документы, приведены примеры решений некоторых наиболее важных задач на уровне структурных схем, включен минимальный теоретический материал для самостоятельных (электроакустических) расчетов, даны практические примеры, продемонстрированы результаты расчетов.

Некоторые особенности проектирования СОУЭ

В современных условиях, одним из важных аспектов на этапе проектирования является составление грамотного технического задания. На этом этапе осуществляется обратная связь между проектировщиком и поставщиком оборудования. Техническое задание (ТЗ) формирует

проектировщик, но оптимальное решение и всю необходимую документацию, предоставляет техническая служба поставщика или производителя проектируемой системы.

При выборе СОУЭ очень важно правильно оценить здание или сооружение, для которого она проектируется, и в котором СОУЭ будет устанавливаться и эксплуатироваться.

После того как произведена оценка здания, нужно рассчитать необходимое количество зон. Следует сказать несколько слов о делении по зонам. Для озвучивания больших территорий применяются так называемые распределенные (в отличие от локальных) системы. Такие системы работают по многозонному принципу. Деление по зонам имеет два преимущества:

- 1) с функциональной точки зрения, это удобство и гибкость управления;
- 2) с технической точки зрения, это создание однородного звукового поля или обеспечение равномерного звучания речевых оповещателей, а также минимизация паразитных обратных связей в системе.

Различные аспекты могут существенным образом повлиять и на окончательный выбор СОУЭ. В зависимости от специфики озвучиваемого объекта и существующих или проектируемых коммуникаций могут потребоваться, например, цифровые системы оповещения.

Дадим некоторые определения. Комплексные системы, в отличие от автономных, способны решать более широкий круг задач, а также интегрироваться с другими системами. Локальные СОУЭ представляют собой совокупность средств оповещения, которые при поступлении команды управления передают сигнал оповещения в заданные зоны. Централизованные системы отвечают за централизованный сбор информации, контроль и управление периферийными устройствами. Такие системы мы будем называть еще и распределенными, классифицируя их тем самым по способу построения и подразумевая под способом не только возможность деления по зонам, но и возможность размещения узлов системы на распределенных (больших) территориях. В распределенных системах громкоговорители распределяются по

всей территории или зоне расположения слушателей. При этом должна обеспечиваться однородность звукового поля, что в свою очередь приводит к хорошей разборчивости речи.

При расчете времени резервирования по питанию необходимо уметь рассчитывать время резервирования как в дежурном, так и в тревожном режиме. Дадим некоторые пояснения. Дежурный режим – это режим, при котором большинство блоков в отсутствие звуковой трансляции отключены. Примером являются трансляционные усилители как наиболее крупные потребители. При этом блоки системы должны находиться в режиме готовности, чтобы при подаче на них питания включиться в работу. Таким образом, можно сформулировать понятие “находиться в дежурном режиме”. Система, находясь в дежурном режиме, имеет минимальное потребление при отсутствии аварийной ситуации и оперативно включается для выполнения своей задачи при активации. При необходимости музыкальной трансляции усилители должны быть запитаны от 2-х вводов распределителя питания, отключаемом и неотключаемом. При этом резервировать следует только отключаемые вводы. В противном случае очень сложно обеспечить работу системы в течение 24 часов при отсутствии основного питания.

Под аварийным режимом будем понимать режим функционирования СОУЭ при поступлении на нее сигналов от ОПС. При пропадании питания СОУЭ должна функционировать в течение расчетного времени или времени, оговоренного в НПБ (например, 1 час). При пропадании питания СОУЭ запитывается от АКБ, подключение которых осуществляется автоматически. При инсталляции таких систем необходимо обеспечить двойное питание блоков от основного и аварийного ввода.

Для резервирования оборудования, имеющего питание 220В, используются источники бесперебойного питания ИБП (UPS). По сравнению с АКБ они имеют по крайней мере одно очень большое преимущество - простота в обслуживании.

На практике не все так просто. Дело в том, что на современном рынке присутствует большое разнообразие ИБП. Производители, выдвигая на передний план те или иные преимущества, обычно скрывают недостатки своих брендов, поэтому для применения в СОУЭ желательно использовать источники бесперебойного питания, которые прошли сертификацию в пожарных органах, т.е. тестировались на электромагнитную совместимость, на устойчивость работы при различных перебоях в сети, отключения, кратковременные пропадания и т.д.

Основное назначение ИБП в СОУЭ – это обеспечение длительной работы системы при пропадании питания. Поэтому для расчета необходимо знать параметры выбираемого ИБП, которые в свою очередь обеспечиваются либо встроенными АКБ, либо – для увеличения времени резервирования – дополнительными внешними. В любом случае необходимы точные данные от производителя.

В СОУЭ соединение звукоусилительной системы с громкоговорителями осуществляется линиями связи. Как и в любых линиях, в них возникают потери, что может заметно снизить качество и уровень передаваемого сигнала, поэтому немаловажной является задача расчета потерь на проводах.

Рассчитав суммарную нагрузку СОУЭ, можно приступить к расчету потерь на проводах при условии, что провод уже выбран. Но можно решать и обратную задачу, а именно выбирать минимально необходимое сечение кабеля в зависимости от допустимых потерь.

В звуковых системах для обеспечения приемлемого качества вещания величина допустимых потерь принимается равной 10%. Следовательно, задачу можно сформулировать таким образом: найти оптимальное сечение жилы кабеля (при заданных параметрах нагрузки), при котором потери не превысят 10%.

В реальных условиях нагрузка распределяется вдоль линии более или менее равномерно. В этом случае необходимое сечение жилы может быть уменьшено. Сечение жилы линейно зависит от длины провода – для большей

длины требуется большее сечение, следовательно, для равномерно распределенной нагрузки одинаковой мощности формулу для расчета сечения провода можно переписать в следующем виде:

$$S=K*r*L_{ж}/R_{л},$$

где K – коэффициент, учитывающий равномерность нагрузки; r – удельное сопротивление жилы; $L_{ж}$ – длина жилы провода; $R_{л}$ – длина линии.

Для равномерной нагрузки коэффициент K можно представить как среднее арифметическое значение между худшим при длине L и лучшим при длине L/N случаями:

$$K=(1+N)/2N,$$

где N – количество громкоговорителей в линии.

Приведенная выше формула справедлива как для одного громкоговорителя, т.е. для $N=1$, $K=1$, так и для большого количества, т.е. $N=100$, $K\sim 0,5$.

Система звукового оповещения как часть СОУЭ

СОУЭ является одной из важнейших составляющих системы безопасности. В существующих нормативах дается такое определение: СОУЭ – это комплекс организационных мероприятий и технических средств, предназначенный для своевременного сообщения людям информации о возникновении пожара и необходимых путях эвакуации. Следовательно, проектируемая СОУЭ должна отвечать основному предназначению, оптимальным образом решать поставленную задачу, удовлетворять всем

требованиям пожарной безопасности, быть надежной и, что немаловажно, доступной по своей цене. Для оптимального выбора соответствующей системы оповещения необходимо четко представлять решаемую задачу, разбираться в принципах и способах функционирования существующих систем, а также ориентироваться в существующем рынке.

Дадим некоторые определения. Речевая система оповещения – это комплекс технических средств, предназначенный для оповещения людей в одной или нескольких выделенных зонах с целью передать этим людям информацию, направленную на обеспечение их безопасности. В международных стандартах дается еще и такое определение: Звуковая система аварийного оповещения должна обеспечивать трансляцию понятной информации, направленной на защиту людей. Обратите внимание на ключевое слово – “понятной”. Понятность – это очень важная характеристика, предъявляющая ряд существенных требований к звуковым трактам СЗО.

Системы оповещения можно разделить по нескольким признакам:

По способу передачи информации: проводные и беспроводные. В беспроводных системах передача информации осуществляется по радиоканалам. Такие системы в нашей стране начали применяться сравнительно недавно и на сегодняшний день активно развиваются. Но наиболее распространенными на сегодняшний день являются проводные системы. Информация в таких системах передается по проводам. Они отличаются повышенной надежностью и удобством в обслуживании.

По конструктивному исполнению системы можно разделить на настольные и стоечные.

Настольные системы. Это недорогие системы, совмещающие в себе несколько функций. В таких системах в одном конструктиве может присутствовать несколько блоков. Такими системами можно управлять дистанционно при помощи микрофонных консолей. Настольные системы имеют ряд ограничений, не позволяющих применять их в качестве полноценных систем.

Стоечные или рэковые системы лишены практически всех недостатков, свойственных настольным системам. Под стоечными будем понимать системы, выполненные в жестком металлическом корпусе, предназначенные для монтажа в специализированные электротехнические шкафы, или кратко, стойки. Следовательно, такие системы мы будем иногда называть стоечными. Данные системы строятся, как правило, из отдельных блоков. Блоки подбираются в связи с конкретной решаемой задачей и монтируются в электротехнический шкаф. Электротехнический шкаф защищает систему от несанкционированного доступа, обеспечивает необходимое охлаждение и сохранность, увеличивая тем самым срок эксплуатации оборудования.

Системы также отличаются по своим возможностям. В связи с неуклонным расширением строительства и реконструкцией многих предприятий возникает задача построения систем распределенного звучания. Такие системы соответствуют 5 типу. Задачи, соответствующие данному типу, оптимальнее всего решаются на базе систем, использующих цифровые технологии. В таких системах основные исполнительные блоки, иногда называемые терминальными, могут выноситься на большие расстояния. Управление такими системами осуществляется централизованно, при помощи процессора, сервера и т.д. В таких реализациях организуются посты управления, необходимые для сбора информации и ее анализа, разрабатывается комплекс мероприятий и соответствующая документация для принятия оптимальных решений. Высокая функциональность и удобство управления такими системами достигается за счет широкого использования программного обеспечения. Программное обеспечение позволяет гибко подстраиваться под решение как текущих, так и возникающих задач.

В цифровых системах звукового оповещения (СЗО) используются такие универсальные протоколы, как RS-122/232/422/485. Современные цифровые методы преобразования позволяют передавать информацию по оптоволоконным локальным вычислительным сетям и осуществлять интеграцию с другими системами. В этой связи важно напомнить, что в рамках

применяемых технологий должны неукоснительно соблюдаться нормы пожарной безопасности.

Одной из актуальных на сегодняшний день задач является стыковка систем оповещения с сигналами гражданской обороны. Данная задача решается на основании 2-х требований. Первое – правовое, это выполнение НПБ-104-03, пп 3.2. При проектировании СОУЭ должна предусматриваться возможность ее сопряжения с системой оповещения гражданской обороны. Второе – требование практического характера. На сегодняшний день в рамках гражданской обороны проводится довольно обширная система мероприятий, направленных на передачу информации о чрезвычайных ситуациях по различным, в том числе цифровым, каналам связи. Так вот как раз это разнообразие в способах передачи информации и создает ряд некоторых трудностей при стыковке ГОЧС с СОУЭ.

При стыковке сигналов ГОЧС, переданных по радио каналам, с системами оповещения возникают некоторые сложности, одной из которых является детектирование. Если по аварийному каналу (например, на какой либо частоте) передается только аварийная информация, то для СОУЭ достаточно иметь только дополнительный приоритетный аудио вход. Но если по одному каналу передается и служебная, и аварийная информация, при этом аварийная информация отделяется, например, словами: “Внимание всем”, то такое детектирование как раз и требуется. В этом варианте удобней всего реализуется полуавтоматический режим. В любом случае в СОУЭ должен быть предусмотрен дополнительный канал или приоритет.

В связи с растущими темпами строительства все более актуальными становятся задачи, решить которые позволят СОУЭ 4 и 5 типов. По существующим нормам в этих типах должна быть реализована обратная связь зон пожарного оповещения с помещением пожарного поста-диспетчерской. К такой системе связи предъявляются повышенные требования. Система обратной связи должна быть надежной, двусторонней, вандалозащищенной, функционировать в экстренных условиях (например, при повышенном шуме),

удовлетворять существующим нормам (например таким, как обеспечение бесперебойного питания или контроль шлейфов). Немногие производители могут предложить полноценное решение, удовлетворяющее всем критериям.

Одним из требований для СОУЭ 4 и 5 типов является возможность организации нескольких вариантов эвакуации из каждой зоны оповещения. Задача может звучать так: реализовать СОУЭ с возможностью организации сложного алгоритма оповещения.

Задача сложного алгоритма – обеспечить последовательное оповещение с целью предотвращения паники. Такие задачи на сегодняшний день проще всего решаются программными средствами.

Для СОУЭ 5 типа характерно понятие интеграции. Под интеграцией следует понимать возможность совместного функционирования нескольких систем для решения некоторого класса задач, а также возможность осуществлять координированное управление из одного пожарного поста-диспетчерской всеми системами здания, связанными с обеспечением безопасности людей при пожаре. Другими словами, СОУЭ должна иметь возможность централизованного управления и интеграции с другими системами. На сегодняшний день данная задача наиболее оптимально решается на базе цифровых систем.

Цифровая обработка звуковых вещательных сигналов не самоцель, а средство оптимизации и унификации. Цифровая передача данных имеет известный ряд преимуществ: высокое качество звука, возможность передачи информации на большие расстояния, помехоустойчивость. Под интеграцией будем понимать возможность объединения нескольких независимых систем, предназначенных для решения различного класса задач, в единую систему. В основе каждой из таких систем должны быть заложены унифицированные принципы и методы обработки данных. В более простом смысле интеграция – это оптимальное согласование нескольких систем.

Система оповещения и управления эвакуацией – это комплекс организационных мероприятий и технических средств, предназначенный для

своевременного сообщения людям информации о возникновении пожара и необходимых путях эвакуации. Следовательно, СОУЭ не может ограничиваться только системами звукового вещания. Ввиду некоторой специфики и ограниченного объема статьи мы рассмотрели далеко не полный перечень средств и особенностей, касающихся построения СОУЭ, как например: средства управления движением людей, включения указателей направления, световых табло и многое другое. При реализации технических аспектов не следует забывать и об организационных мероприятиях. Многие вопросы, которые не поддаются однозначному техническому разрешению, следует оговаривать в дополнительных инструкциях по управлению СОУЭ. Указания по техническому обслуживанию могут способствовать повышению как уровня безопасности, так и уровня надежности СОУЭ.

Громкоговорители для построения СОУЭ

Громкоговорители являются представителями более широкого класса, имеющего название пожарные оповещатели. Пожарный оповещатель – это исполнительное устройство, предназначенное для окончательного формирования и воспроизведения служебной или экстренной информации, характер которой определяется типом СОУЭ. В зависимости от характера формируемых сигналов оповещатели подразделяются на: световые, звуковые, речевые, комбинированные.

Большинство оповещателей, являются звуковыми устройствами. К ним применяются общие требования норм пожарной безопасности, которые в общем случае можно сформулировать следующим образом. Количество оповещателей звуковых и речевых сигналов, их расстановка и мощность должны обеспечить необходимую слышимость во всех местах пребывания людей в помещениях. Оповещатели подключаются к сети без разъемных устройств и не должны иметь регуляторы громкости. Уровень звука оповещения должен быть выше постоянно действующего шума

контролируемого помещения на 15 дБ, при этом уровень звука речевой информации не должен превышать 95 дБ, а уровень звуковых сигналов не более 120 дБ.

В проектах СОУЭ необходимо рассчитывать суммарный эквивалент уровня звука, учитывающий уровень шума контролируемого помещения и уровни звука акустических устройств оповещения при эвакуации.

В системе оповещения о пожаре громкоговоритель является конечным исполнительным элементом, и его параметры оказывают решающее влияние на качество передачи аудиоинформации, а в конечном итоге и на жизни людей.

В применении к СОУЭ громкоговоритель это устройство, на выходе которого должно быть обеспечено необходимое звуковое давление, минимальная неравномерность звукового поля в допустимых частотном и динамическом диапазонах.

Трансформаторные громкоговорители имеют очень широкое применение. Они применяются в трансляционных сетях, основным исполнительным элементом которых являются трансляционные усилители, также содержащие трансформатор. В трансформаторных линиях обеспечивается оптимальное согласование по нагрузке, минимизация потерь на проводах, отсутствие паразитных обратных связей и т. д.

Многие производители указывают такую характеристику трансформаторных громкоговорителей как импеданс. Под импедансом следует понимать реактивное сопротивление первичной обмотки трансформатора, измеренное на частоте 1кГц. Один и тот же трансформаторный громкоговоритель, работая в трансляционных сетях с различным напряжением, будет развивать разную мощность.

Зависимость мощности громкоговорителя от напряжения в линии и импеданса:

$$P_{гр} = U_{л}^2 / Z$$

Где, $P_{гр}$ (Вт) – мощность громкоговорителя, $U_{л}$ (В) – напряжении в линии, Z (Ом) – импеданс громкоговорителя.

Громкоговоритель должен обладать характеристиками, обеспечивающими необходимое звуковое давление, и при этом хорошую разборчивость. Характеристики громкоговорителя необходимы для электроакустического расчета, в котором и обосновывается их выбор.

В большинстве случаев характеристики являются следствием, а не причиной выбора громкоговорителя. Выбор громкоговорителя по конструктивному признаку основывается на специфике его применения: характере объекта, типе помещений, месту установки, способу крепления, классу защиты и т.д. Конструктивное исполнение также влияет на характеристики громкоговорителя.

Варьируя количеством громкоговорителей и углом наклона, можно получить различные величины вертикальной и горизонтальной диаграмм направленностей. Подобное варьирование позволяет адаптировать звуковые колонны к помещениям различной конфигурации, выравнить звуковое поле озвучиваемой территории, управлять спектром излучения, минимизировать паразитные обратные связи.

Введение в электроакустический расчет

Количество и мощность громкоговорителей рассчитывается исходя из геометрических параметров помещения. При этом, как правило, учитывается только площадь той части помещения, где находятся слушатели.

В закрытых помещениях рекомендуется устанавливать потолочные или настенные громкоговорители, поскольку они позволяют добиться наиболее равномерного распределения звука. При озвучивании галерей, коридоров и открытых площадей используются рупорные громкоговорители или

прожекторы, так как они обеспечивают высокую степень направленности звука и обладают высоким КПД.

В коридорах, галереях и других протяженных помещениях рекомендуется устанавливать двунаправленные звуковые прожекторы. Такой прожектор устанавливается в середине коридора и излучает в обе стороны. За счет узкоконцентрированной звуковой энергии дальность звучания таких прожекторов может составлять несколько десятков метров.

Зная характеристики выбранных громкоговорителей, следует приступить к электроакустическому расчету. Одной из задач электроакустического расчета является проверка того, что в каждой точке озвучиваемого помещения (потенциального нахождения людей) должен быть обеспечен необходимый уровень звукового давления аварийного звукового сигнала. Положительные результаты расчетов являются критерием правильности выбора громкоговорителя и, следовательно, после этого можно приступить к расчету необходимого количества громкоговорителей для озвучивания той или иной зоны.

Прежде чем приступить к обсуждению особенностей электроакустического расчета, следует прояснить наиболее важные моменты, базирующиеся на трех постулатах:

1. До момента излучения звуковой энергии (звука). Мы рассматриваем акустическую систему не как некоторый независимый резонатор, а как часть электроакустической системы. Поэтому мы должны учитывать параметры всего звукового тракта.

2. После излучения звука. Мы будем пользоваться наиболее простой и, как следствие, распространенной геометрической (лучевой) теорией. В основе этой теории лежат физические принципы, разработанные в оптике.

3. Для простоты расчета мы ограничимся не более чем одним отражением звукового сигнала от пола или от стены, что, с одной стороны, дает возможность существенно упростить расчетную часть, а с другой – получить вполне удовлетворительные результаты для среднестатистических объектов.

Для объектов сложной архитектуры, театров, концертных залов и т.п. следует использовать другие методы.

Еще раз напомним очень важный момент: гарантией того, что электроакустический расчет выполнен правильно, является нормировка всего звукового тракта. Например, в СОУЭ для полуавтоматического оповещения используется микрофон, целью которого является передача речевого сообщения. При работе с микрофоном следует соблюдать правила эксплуатации. Основной целью СОУЭ является донесение информации, направленной на обеспечение безопасности людей. Конечной информацией в звуковых системах является акустический сигнал. Для того, чтобы на выходе громкоговорителя сигнал имел необходимые (паспортные) значения, весь звуковой тракт должен быть нормирован, то есть на входах и выходах звукоусилительных устройств должны быть необходимые уровни. Микрофон является частью звукового тракта, следовательно, эти правила должны быть применены и к нему. В работе с микрофоном присутствует человеческий фактор. При объявлении через микрофон расстояние от губ диктора до головки микрофона должно быть также нормированным (30-50 см). Все подобного рода моменты необходимо отражать в документации по обслуживанию СОУЭ.

Акустика как наука является чрезвычайно сложной и активно развивающейся отраслью. Профессор МТУСИ А. П. Ефимов выделяет 3 теории, активно применяемые для акустических расчетов. Для нашей методики мы выбрали наиболее практичную теорию:

Геометрическая (лучевая) теория акустических процессов в помещениях основана на законах геометрической оптики, в которой движение звуковых волн рассматривают подобно движению световых лучей. В соответствии с законами геометрической оптики при отражении от зеркальных поверхностей угол отражения равен углу падения, а падающий и отраженный лучи лежат в одной плоскости. Это справедливо, если размеры отражающих поверхностей много больше длины волны, а размеры неровностей поверхностей много меньше длины волны.

При проектировании звуковых систем недостаточно только методик. Необходимы дополнительные знания о звуке, о характере его распространения, об отражениях, а также знания об устройстве слухового аппарата человека. Приведем например, в закрытых помещениях обязательно присутствует реверберация. Реверберация — это процесс постепенного уменьшения интенсивности звука при его многократных отражениях. В самом простом случае реверберация – это время, в течение которого звук уменьшится на 60дБ. Считается, что наиболее комфортное звучание присутствует в помещениях с реверберацией в диапазоне 20-80мс. Зная скорость распространения звука в воздухе, можно видеть, что критическими расстояниями (в смысле возникающей реверберации) между громкоговорителями является расстояние больше 27м. Эту цифру можно запомнить и опираться на нее как при оценках, так и на ранних этапах проектирования.

Громкоговоритель характеризуется электрической мощностью. Для перехода к зависимости уровня звука от подводимой мощности следует обратиться к теории. Мгновенное значение звукового давления в точке среды изменяется как со временем, так и при переходе к другим точкам среды, поэтому практический интерес представляет среднеквадратичное значение данной величины, связанное с интенсивностью звука:

Интенсивность – это поток энергии в какой-либо точке среды в единицу времени, прошедший через единицу поверхности (1м^2), нормальной к направлению распространения звуковой волны, измеряется в $\text{Вт}/\text{м}^2$. По-другому интенсивность (I) называют силой звука.

$$I=10 \lg (J/J_0)$$

Где I – уровень интенсивности звука в дБ, $J_0=10^{-12}$ ($\text{Вт}/\text{м}^2$), J – интенсивность исследуемого звука в Вт, которую необходимо пересчитать в дБ.

Слуховой аппарат человека и многие измерительные приборы чувствительны не к самой интенсивности звука, а к среднему квадрату звукового давления, поэтому на практике более распространен термин звуковое

давление. Давление громкоговорителя, выраженное в дБ, зависит от мощности громкоговорителя, выраженной в Вт, логарифмически.

Наибольший интерес представляет следующая практическая зависимость:

$$SPL=10 \text{ Lg} (P/P_0)$$

Где, SPL – уровень звукового давления (дБ), P – мощность громкоговорителя в Вт, P₀ на практике принимается равным 1Вт.

В электроакустическом расчете решаются задачи, направленные на обоснование выбора громкоговорителей, правильность и оптимальность их установки и как правило выделяются несколько направлений. Разобьем громкоговорители на два класса: потолочные и настенные. Потолочные – это громкоговорители, у которых максимум звуковой энергии направлен перпендикулярно полу, остальные громкоговорители отнесем к настенным. Для каждого класса предлагается своя методика:

1. Методика расчета настенных громкоговорителей;
2. Расстановка настенных громкоговорителей;
3. Методика расчета потолочных громкоговорителей;
4. Расстановка потолочных громкоговорителей;
5. Учет отражений при расчете громкоговорителей;

Далее мы увидим, что для этих классов используется один и тот же подход.

Обозначим наиболее важные моменты, касающиеся расчета количества настенных громкоговорителей. Наиболее распространенными являются 2 взгляда на распределение звукового поля громкоговорителя. Для громкоговорителей с круговой диаграммой направленности (ДН) звуковое поле представляет собой сферическую волну, ограниченную конусом с телесным углом, соответствующим ДН. На практике решается задача нахождения площади, образуемой пересечением данного конуса с плоскостью, проведенной параллельно полу на высоте 1,5м. Как известно из геометрии, результатом пересечения плоскости и конуса будут разные эллиптические поверхности. В зависимости от угла наклона образуются: эллипс, гипербола или парабола. При

угле наклона равном 90° результатом такого пересечения будет окружность, что как раз и характерно для потолочного громкоговорителя. Следовательно, методика расчета потолочного громкоговорителя может являться частным случаем общей методики.

Второй подход актуален для громкоговорителей с узкой ДН. Для них результирующая площадь будет получаться пересечением плоскости, проведенной параллельно полу на высоте 1,5м, и эллипсоидом вращения.

Нетрудно заметить, что все получаемы фигуры, это фигуры второго порядка, получаемые пересечением плоскости с конусом. Наиболее распространенным является результат, в котором плоскость пересекается с образующей конуса. Результатом такого пересечения является гипербола. На практике такая гипербола, ограниченная окружностью, отождествляется с сектором. На простом примере покажем, что отождествление фигуры 2-го порядка с сектором имеет место. Сравним площадь круга с площадью сектора с углом равным ДН:

$$S_{\text{сект}} = \pi L^2 * \text{ДН} / 360; \quad S_{\text{кр}} = \pi L^2 / 4$$

В данных соотношениях L это эффективная дальность звучания громкоговорителя.

При ДН= 90° :

$$S_{\text{сект}} = S_{\text{кр}} = \pi L^2 / 4$$

Следовательно, для несложных случаев мы можем рассматривать площадь, озвучиваемую настенным громкоговорителем, как площадь сектора.

Эффективная дальность звучания зависит от уровня звукового давления:

$$L = 10^{(P/20)}$$

Где: P – разность между звуковым давлением громкоговорителя и уровнем шума, в дБ.

Рассчитав площадь, озвучиваемую одним громкоговорителем, можно оценить общее количество громкоговорителей:

$$K = \text{int}(S_{\text{п}} / S_{\text{гр}}) + 1$$

Где: $S_{\text{п}}$ – площадь помещения, $S_{\text{гр}}$ – площадь, озвучиваемая одним громкоговорителем, int – операция округления до целого значения, $+1$ – корректировка результата округления в большую сторону.

Мы рассмотрели простые модели, очень удобные для применения на практике, особенно для быстрой оценки или при недостаточности данных от заказчика.

В завершение хотелось бы упомянуть об одном моменте: мы очень часто “отцеживаем комара и поглощаем верблюда”, например, гораздо большая погрешность в электроакустическом расчете, получается при неправильном учете уровня шумов в помещении. Например, при увеличении уровня шума с 60дБ до 65дБ, эффективная дальность звучания громкоговорителя с $\text{SPL}=90\text{дБ}$, уменьшается в 2 раза. С другой стороны, при низких шумах может возникнуть реверберация. При большом коэффициенте отражения от стен реверберация возможна уже при уровне шума в 50дБ (тихое помещение). В более сложных задачах необходимо пользоваться специальными программами расчета, но, пожалуй, самым достоверным все же нужно считать результат, подтвержденный практическими измерениями.

Выводы

Бурно развивающиеся электронные технологии оказывают всестороннее влияние на различные процессы в обществе. Активное использование электронных технологий в системах жизнедеятельности накладывает повышенные требования к проектировщикам и инсталляторам подобных систем, от которых требуется постоянное повышение квалификации, более строгое осмысление целевых задач, привлечение все более широкого спектра средств, для их оптимального решения. Проектировщику необходимо осуществлять постоянную обратную связь с поставщиками и разработчиками. Выбор того или иного оборудования должен осуществляться с учетом как перспектив, так и возможности интеграции с другими инженерными системами. Выбор той или иной системы должен быть обоснован и подтвержден дополнительными расчетами, опирающимися на современные методики, в

которых должны быть отражены и учтены как дополнительные, ранее не учитываемые факторы (например, психофизические), так и эмпирические результаты. Подобные методики могли бы использоваться в качестве практичных, компактных учебных пособий всеми заинтересованными лицами.

Ноябрь 2009 года