

Авангардспецмонтаж

**СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ОПОВЕЩЕНИЕМ
И ЭВАКУАЦИЕЙ
(СОУЭ)**

Руководство по проектированию

СОДЕРЖАНИЕ

Наименование раздела	Стр.
1. ВВЕДЕНИЕ	3
2. КЛАССИФИКАЦИЯ СИСТЕМ И ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПРИБОРАМ УПРАВЛЕНИЯ	3
3. ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И ОПОВЕЩЕНИЯ ЭВАКУАЦИЕЙ (СОУЭ)	5
4. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОЗВУЧИВАНИЮ ПОМЕЩЕНИЙ	6
<i>4.1. Общие положения</i>	6
<i>4.2. Выбор схемы озвучивания</i>	7
<i>4.3. Расчет геометрических параметров системы</i>	10
<i>4.4. Расчет акустических параметров звуковоспроизводящих устройств</i>	13
5. ПРИБОРЫ УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМАМИ ОПОВЕЩЕНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ ЭВАКУАЦИЕЙ СЕРИИ «ТАНГО»	23
<i>5.1 Прибор управления системами оповещения типа СО1 - СО2 «Танго-ПУ»</i>	23
<i>5.2 Прибор управления системами оповещения типа СО3 «Танго-ПУ/БП-2»</i>	26
<i>5.3. Прибор управления системами оповещения и управления типа СО3-СО «Танго-ПУ/БП-8» - «Танго-ПУ/БП-32»</i>	33
6. СПЕЦИФИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПРОЕКТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ	41
7. СООТВЕТСТВИЕ ПРИБОРОВ КОМПЛЕКТА И СИСТЕМЫ НА ИХ ОСНОВЕ ОСНОВНЫМ ТРЕБОВАНИЯМ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ	43
8. РАСЧЕТ ЦЕПЕЙ ПИТАНИЯ	45
9. ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ ЛИНИЙ СВЯЗИ	49
10. РАСЧЕТ ТОКА ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ	50
11. РАСЧЕТ АККУМУЛЯТОРОВ РЕЗЕРВА	51

1. ВВЕДЕНИЕ

Системы управления оповещением и эвакуацией – относительно новое направление в области пожарной безопасности. Общие требования к таким системам и их параметрам отражены в соответствующих НПБ, однако способы их технической реализации и особенности построения для объектов различного уровня сложности и функционального назначения проработаны в меньшей степени. Предлагаемое руководство должно оказать помощь в решении конкретных технических проблем проектирования и в необходимых расчетах.

2. КЛАССИФИКАЦИЯ СИСТЕМ И ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПРИБОРАМ УПРАВЛЕНИЯ

Основные характеристики и требования к техническим средствам оповещения и управления эвакуацией (ОЭ) изложены в НПБ57-2002, и они в большинстве случаев, соответствуют нормативным документам Российской Федерации НПБ77-98, НПБ104-95.

С точки зрения этих документов управление эвакуацией и оповещением должно предполагать выполнение следующих задач:

- ❖ включение эвакуационного оповещения;
- ❖ передачу по системе оповещения специально разработанных текстов, направленных на предотвращение паники и других явлений, усложняющих процесс эвакуации;
- ❖ трансляцию текстов, содержащих информацию о необходимом направлении движения;
- ❖ включение световых указателей направления эвакуации;
- ❖ дистанционное открывание дверей дополнительных эвакуационных выходов;
- ❖ включение аварийного освещения.

Классификация по степени сложности и назначению предусмотрена в СНБ 2.02.02 и предполагает распределение систем оповещения и управления эвакуацией на 5 групп:

1-я группа – способы оповещения: звуковые, световые (световой мигающий сигнал, световые указатели «Выход»);

- ❖ очередность оповещения: одна линия оповещения (с включением всех оповещателей в линию оповещения одновременно).

2-я группа – способы оповещения: звуковые, световые (световой мигающий сигнал), световые указатели «Выход», световые указатели направления движения;

- ❖ очередность оповещения: две и более линий оповещения (независимое включение каждой линии для обеспечения заданной очередности оповещения);

3-я группа – способы оповещения: звуковые, речевые, световые (световые указатели «Выход», световые указатели направления движения);

- ❖ очередность оповещения: две и более линий оповещения (независимое включение каждой линии для обеспечения заданной очередности оповещения);

4-я группа – способы оповещения: звуковые, речевые, световые (световые указатели «Выход», световые указатели направления движения);

- ❖ очередность оповещения: две и более линий оповещения (независимое включение каждой линии для обеспечения заданной очередности оповещения);

- ❖ связь зоны оповещения с диспетчерской;

5-я группа – способы оповещения: звуковые, речевые, световые (световые указатели «Выход», световые указатели направления движения);

- ❖ очередность оповещения: две и более линий оповещения (независимое включение каждой линии для обеспечения заданной очередности оповещения);

- ❖ связь зоны оповещения с диспетчерской;

- ❖ полная автоматизация управления систем оповещения и возможность реализации множества вариантов эвакуации из каждой зоны оповещения.

Выбор оборудования для решения поставленных задач является наиболее важным этапом в проектировании системы, он определяет ее концепцию, возможности, стоимость. Чтобы упростить дальнейшее рассмотрение целесообразно осуществить классификацию систем с точки зрения их организации и возможностей.

При классификации систем *по структуре построения*, в качестве критерия проще всего взять источник хранения записанной речевой информации. С этой точки зрения системы можно условно определить как централизованные и децентрализованные. В централизованных системах запись и хранение речевой информации, а так же все управление осуществляется посредством аппаратуры, находящейся в помещении дежурного персонала. В децентрализованных системах, хранение записанной информации осуществляется в аппаратуре, установленной непосредственно в

защищаемом помещении (объектовые приборы оповещения) или вблизи него, управление же может осуществляться как от местных устройств управления, приборов пожарной сигнализации, так и из помещения дежурного персонала.

Следует обратить внимание, что приборы управления оповещением и эвакуацией и приборы оповещения это разные технические средства, они отличаются по степени сложности и полноте решаемых задач. Как отмечалось ранее, кроме функций оповещения, приборы управления оповещением и эвакуацией предполагают возможность оповещения по зонам, включение аварийного освещения, разблокировку аварийных выходов, указание путей эвакуации и т.п. С этой точки зрения оборудование можно классифицировать по количеству зон оповещения, возможностям реализации различных алгоритмов управления, наличию или отсутствию определенных функций.

Для правильной оценки и выбора оборудования имеет смысл рассмотреть назначение и степень значимости тех или иных функций и параметров управляющего оборудования.

Количество зон оповещения. Под этим параметром понимается число помещений или групп помещений, для каждой из которых может быть организовано независимое оповещение. Он характеризует возможность использования системы на объектах различного уровня сложности. Оценка системы по этому параметру необходима при построении системы класса СОЗ и выше.

Количество линий управления. Под линиями управления понимаются независимые выходы, предназначенные для подключения оборудования управляющего процессом эвакуации: речевые и светозвуковые оповещатели, указатели эвакуационных выходов, устройства разблокировки замков эвакуационных выходов, лампы аварийного освещения, и т.п. При выборе оборудования следует учитывать наличие таких линий управления.

Возможность организации автоматической системы управления. Функция определяет наличие связи прибора ОЭ с приборами пожарной сигнализации и, соответственно, получения от него управляющих команд на включение оповещения и управления эвакуацией. В подавляющем большинстве случаев наличие такой связи является обязательным

Возможность контроля цепей исполнительных устройств. Достаточно существенная функция, особенно, учитывая естественное желание наших людей стянуть, что плохо лежит или висит. Несанкционированное удаление отдельных объектовых устройств оповещения или повреждение линий управления способно заблокировать работу всей системы, причем обнаружиться это может только при чрезвычайной ситуации.

Возможность реализации различных алгоритмов управления и их корректировки. Достаточно существенный параметр, определяющий гибкость и универсальность системы. Под алгоритмами чаще всего понимаются различные комбинации перекрестного управления между зонами оповещения. Например, при пожаре на четвертом этаже включается основное и предварительное оповещение на четвертом и третьем, предварительное - на пятом этаже и т.п. Корректировка, например, может предполагать замену предварительно оповещения на пятом этаже, на предварительное оповещение на втором этаже (в случае ремонта).

Возможность оперативной смены алгоритма управления. Существенный параметр для больших и средних объектов. К сожалению, под этим параметром часто понимается возможность оперативной смены речевой информации (как правило, путем трансляции команд через микрофон), хотя трактовать его, следует гораздо шире: например, если в случае пожара путь эвакуации в одном из направлений оказался заблокированным, диспетчер должен оперативно отключить указатели путей эвакуации этого направления и включить указатели в сторону безопасного направления. Используется для систем СОЗ и выше.

Возможность трансляции сообщений через микрофон. Учет этого параметра наиболее важен для больших и средних объектов, фактически он является составной частью предыдущего параметра. Используется для систем СОЗ и выше.

Возможность организации нескольких линий оповещения в пределах одной зоны. Данный параметр определяет возможность реализовать предварительное и основное оповещение в зоне с задержкой по времени между ними. Например, в торговом помещении вначале оповещается обслуживающий персонал, а затем спустя необходимое время, посетители. Используется для систем СОЗ и выше.

Возможность разного содержания оповещения для персонала и посетителей. Функция не оговорена в НПБ, однако является немаловажной для грамотной организации системы. Смысл состоит в том, что сообщение для персонала должно содержать информацию о порядке действия персонала при эвакуационных мероприятиях.

Наличие связи зоны оповещения с диспетчерской.

Функция используемая для систем СО4 и СО5. этим параметром она отличается от СО3. Довольно часто рекомендуется использовать для этих целей стандартную аппаратуру: домофоны, интеркомы и т.п. Считаем возможным предостеречь разработчиков от применения таких устройств по следующим причинам:

- домофон предполагает наличие одной вызывной панели и трубок в квартирах. В данном случае ситуация обратная – необходимо обеспечить вызов диспетчерской из любой зоны оповещения.
- интеркомы (интерфоны) – системы внутренней громкой связи. Реальная связь не является громкой, речь практически не разборчива при повышенном шуме в помещении, устройства требуют большого числа проводных соединений, незащищены от несанкционированного доступа и т.п.

Возможность трансляции радио программ, передачи произвольной речевой информации, музыкального сопровождения. Как правило, возникает в случае, когда система оповещения имеет многоцелевое назначение и кроме оповещения о пожаре применяется в целях гражданской обороны, а так же в информационных и развлекательных целях. Использование систем оповещения о пожаре для иных целей представляется мало оправданным. В системах с возможностью передачи произвольной информации может возникнуть ситуация, когда несанкционированное использование магнитофона, усилителей или иных устройств, приведут к потере речевой информации или отказу, и в нужный момент предусмотренные функции будут не выполнены.

Объем хранимой речевой информации. Вряд ли этот параметр можно считать существенным. Маловероятно, что в условиях чрезвычайной ситуации длительные речевые сообщения будут дослушиваться до конца, т.е. информация должна быть по возможности краткой и содержательной.

3. ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И ОПОВЕЩЕНИЯ ЭВАКУАЦИЕЙ (СОУЭ)

Большинство материала этого раздела основано на рекомендациях, изложенных в [3], а так же основных положений СНБ 2.02.02.

Разработка структуры и расчет основных параметров СОУЭ осуществляется при проведении предпроектных исследований после определения типа СО в соответствии с СНБ2.02.02. Обоснование и разработку детальной структуры системы осуществляют для типов СО3-СО5.

Последовательность определения структуры СОУЭ в наиболее общем случае имеет вид:

❖ Анализируются наиболее вероятные и неблагоприятные случаи возникновения пожара в здании, определяются пути распространения опасных факторов пожара (ОФП) (температура, задымленность, загазованность, возможность обрушения конструкций и т.п.) и маршруты движения людских потоков.

❖ Определяется предполагаемое время блокирования ОФП возможных путей эвакуации и находится допустимое время эвакуации людей из зоны действия ОФП;

❖ Определяются основные и резервные варианты эвакуации.

❖ Защищаемые помещения подразделяются на зоны оповещения. Как отдельные зоны рекомендуется выделять [3]:

- этажи здания (каждый этаж), если на этаже может находиться более 100 человек;
- группы по 2,3 этажа;
- группы служебных помещений;
- группы помещений для посетителей;
- подвальную, стилобатную и высотную части зданий;
- помещения с массовым пребыванием людей;
- складские помещения;
- помещения вспомогательных производств;
- вычислительные центры;
- помещения со специфическим режимом функционирования (операционные, хранилища, кассы и т.п.).

В любом случае при выделении зон оповещения необходимо придерживаться следующей логики:

к отдельным зонам с предварительным оповещением целесообразно относить:

- помещения, где имеется персонал, способный принять меры к организованной эвакуации и осведомленный о расположении этих путей (охрана, дежурные, преподаватели, медперсонал и т.п.);

- помещения, где персоналу требуется время для завершения дел (процедурные, операционные, расчетные центры и т.п.).

в остальных случаях при разделении на зоны целесообразно выделять:

- помещения, где необходимо проводить мероприятия, способные привести к ложной сработке, что соответственно требует временного отключения в этих помещениях системы оповещения (например, фойе гостиницы, где находится ресторан, и где в случае курения могут сработать дымовые пожарные извещатели);
- помещения в зданиях, где ограничена пропускная способность путей эвакуации и соответственно требуется очередность оповещения во избежание паники и давки.

В любом случае, если возникают сомнения в количестве зон оповещения, следует выбирать вариант с большим числом зон, в данном случае «запас беды не чинит».

❖ Разрабатывается алгоритм управления эвакуацией, т.е. порядок и очередность включения оповещения и управления в зонах, последовательность управления резервными путями эвакуации и т.п.

Особо следует отметить организацию СОУЭ в зданиях высотой в 9 и более этажей. В [3] говорится: «в зданиях высотой более 9 этажей, при эвакуации из которых, на лестницах образуются людские потоки плотностью бчел/кв.м. и более, оповещаются люди на этаже, где возник пожар, на следующем (вышележащем) этаже и на двух последних этажах здания, после этого - в остальных помещениях выше этажа пожара, затем - в помещениях ниже этажа пожара. Интервал задержки оповещения должен составлять 30-40с, но не менее половины времени эвакуации с этажа, на котором возник пожар (чтобы люди смогли покинуть коридор этого этажа до образования плотных людских потоков на лестницах)».

Для СОЗ, СО4 рекомендуется предусматривать возможность отдельного включения указателей путей эвакуации для каждой зоны (выделять для указателей отдельную зону) с тем, что бы можно было управлять движением людей как минимум в двух направлениях на каждом участке путей эвакуации горизонтальных эвакуационных путей. Причем, для СО4 «схема включения световых указателей должна позволять управлять эвакуацией в случае блокирования пожаром одной из лестниц в здании» [3]. Та же сказано для СО5: «функциональная структура и комплекс технических средств СОУЭ должны обеспечивать возможность реализации множества вариантов организации эвакуации из каждой зоны оповещения. Идентификация варианта производится автоматически в зависимости от места возникновения пожара».

❖ После определения общей структуры СОУЭ выбирается комплекс технических средств для ее реализации, производится определения мест расположения указателей и оповещателей, выполняются необходимые расчеты (типов и электрической мощности речевых оповещателей, источников питания и цепей и т.п.).

4. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОЗВУЧИВАНИЮ ПОМЕЩЕНИЙ

4.1. Общие положения

Озвучивание помещений относится к одной из наиболее сложных в практическом плане задач. Качество озвучивания определяется громкостью и разборчивостью речи. Громкость зависит от степени превышения уровня полезного звукового сигнала над уровнем действующего фонового шума, разборчивость речи зависит от многих факторов, включая качество звуковоспроизводящей аппаратуры, акустические свойства помещения, расположение звуковоспроизводящих устройств и многое другое.

Громкость и разборчивость связаны между собой в силу следующих обстоятельств: звуковое поле в помещении складывается из двух составляющих - звука, излученного звуковоспроизводящей аппаратурой (прямой звук) и отраженного от ограждающих поверхностей (диффузный звук). Отношение диффузного звука к прямому, называют акустическим отношением помещения. Для нормальной разборчивости акустическое отношение должно иметь некоторое оптимальное значение: при низком акустическом отношении, когда величина прямого звука превышает уровень диффузного, речь приобретает отрывистый характер, при высоком – речь или музыка становятся неразборчивыми, превращаясь в какофонию. Таким образом, для каждого помещения существует своя оптимальная мощность и схема расположения звуковоспроизводящих устройств.

Трудность проектирования состоит в том, что при детальном расчете требуется учитывать геометрические характеристики помещения и всех ограждающих поверхностей, шумопоглощающие свойства строительных материалов и деталей интерьера, действующий уровень фонового шума и многое другое. Если геометрические характеристики помещения известны и могут быть учтены, то

остальные параметры должны определяться детальными исследованиями на каждом конкретном объекте причем, профессиональными специалистами в области акустики. Принимая во внимание, что речь не идет о высококачественном озвучивании концертных залов, имеет смысл определять чисто прикидочные данные, обеспечивающие более или менее приемлемый результат.

Проектирование системы звукофикации состоит из следующих этапов:

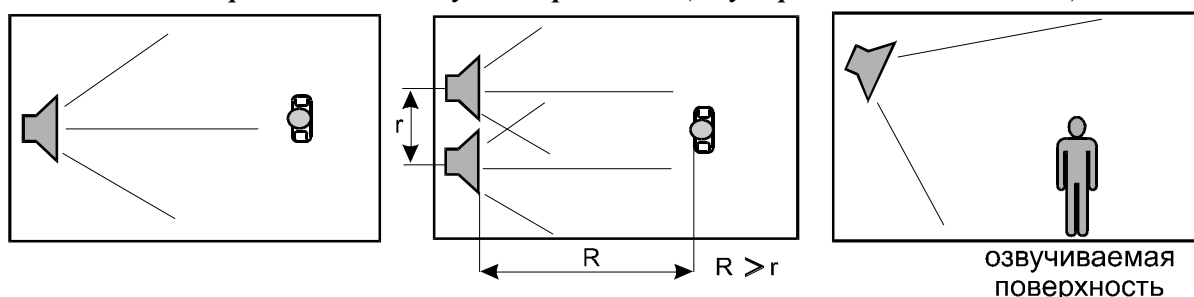
- ❖ Выбор схемы озвучивания;
- ❖ Расчет геометрических параметров системы;
- ❖ Расчет акустических параметров звуковоспроизводящих устройств.

4.2. Выбор схемы озвучивания

Выбор схемы озвучивания предполагает определение одного из следующих вариантов расположения звуковоспроизводящих устройств в плане помещения (Рис.4.1):

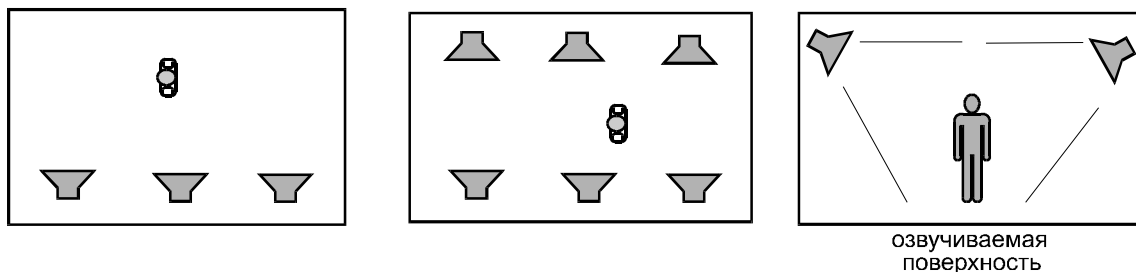
- ✓ сосредоточенная система;
- ✓ распределенная система типа «одна настенная цепочка»;
- ✓ распределенная система типа «двойная настенная цепочка»;
- ✓ распределенная система типа «потолочная цепочка»;
- ✓ распределенная система типа «потолочная решетка».

Схемы расположения звуковоспроизводящих устройств в плане помещения

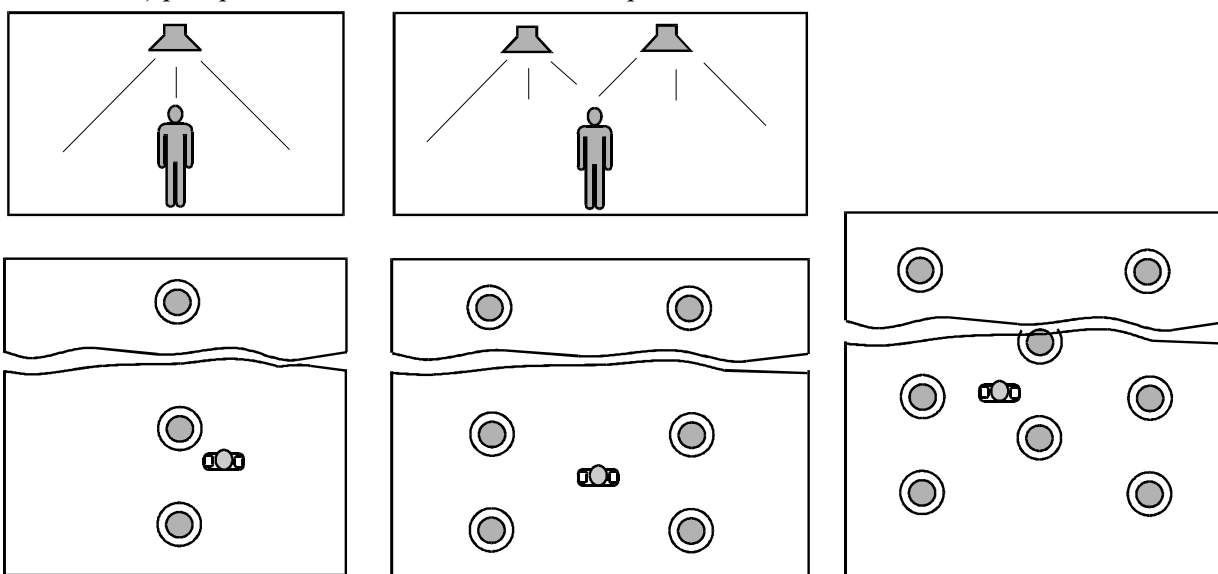


На схеме R – расстояние до слушателей, r – расстояние между громкоговорителями

а) сосредоточенная система с одним и двумя громкоговорителями



б) распределенная система типа «одинарная» и «двойная настенная цепочка»



в) распределенная система типа «одинарная», «двойная потолочная цепочка» и «потолочная решетка»

Рис.4.1

Примечание: система потолочная цепочка отличается от потолочной решетки тем, что в потолочной решетке громкоговорители равномерно распределены по площади потолка.

Оптимальная схема озвучивания предполагает такое расположение звуковоспроизводящих устройств в плане помещения, при котором обеспечивается акустическое отношение и неравномерность озвучивания, обеспечивающие приемлемую разборчивость речи. В случаях, когда невозможно применить наиболее оптимальную из рассмотренных схем приходится исходить из допустимой, пренебрегая некоторым снижением разборчивости.

Наиболее общие практические рекомендации по выбору схемы озвучивания:

- сосредоточенная система рекомендуется, если для помещения выполняется условие:

$$\frac{\text{ширина}}{\text{длина}} \geq 0.5$$

- для помещений площадью до 100-140м² с уровнем фоновых шумов менее 75дБ, как правило, достаточно сосредоточенной системы (за исключением коридоров);
- одну настенную цепочку применяют, если ширина помещения не превосходит 8м;
- при ширине помещения от 8 до 16 м целесообразно применять две настенные цепочки либо потолочную систему;
- при ширине помещения более 16м, необходимо применять потолочные системы или направленные громкоговорители
- для озвучивания открытых пространств, а так же залов, стадионов, фойе и т.п. наиболее оптимальными являются направленные громкоговорители;
- при низком потолке предпочтение следует отдавать потолочным схемам расположения;

Для упрощения выбора системы озвучивания можно воспользоваться алгоритмом, блок схема которого, приведена на рисунке 4.2.

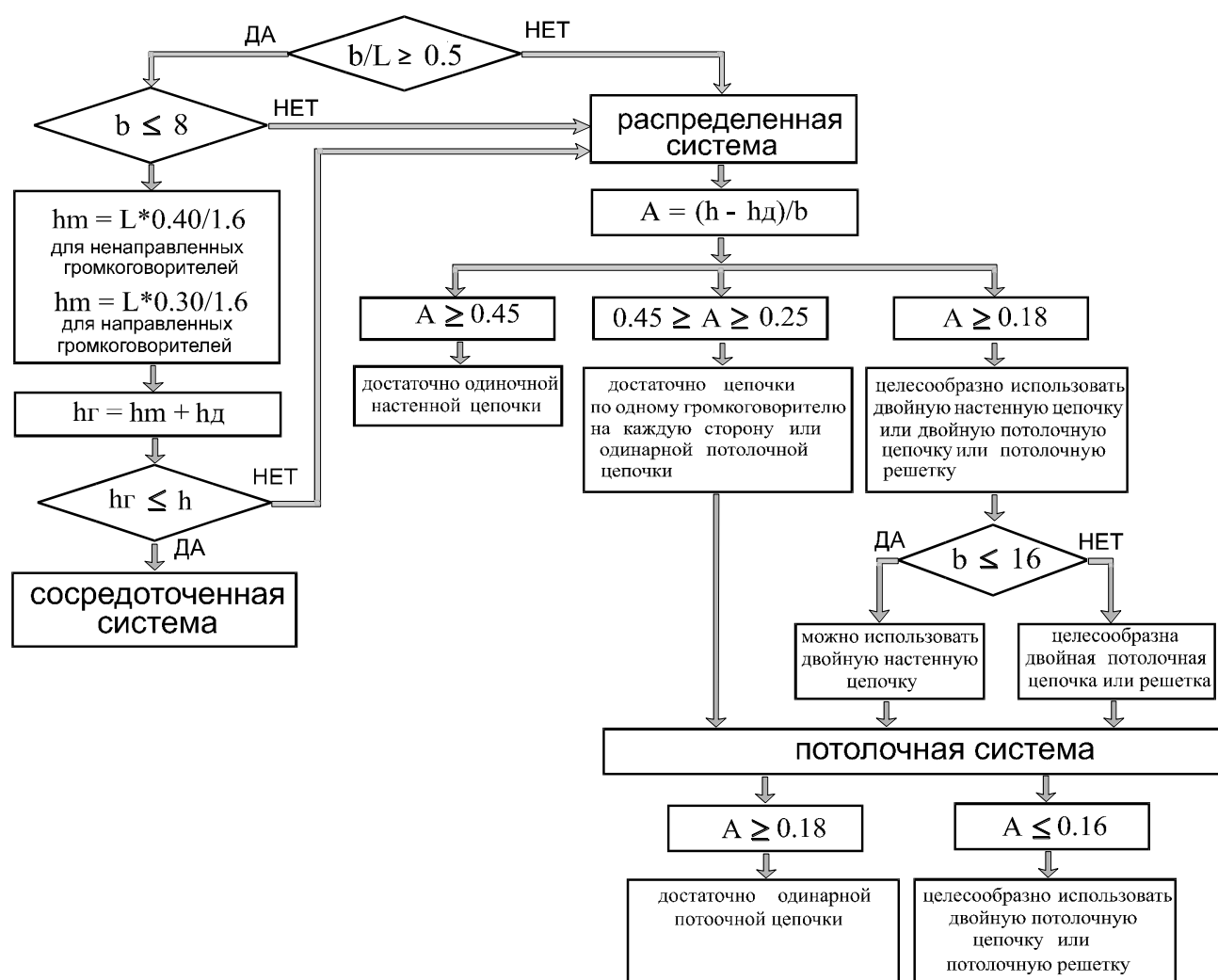


Рис.4.2

В числе исходных данных присутствует термин «добавочная высота». Этот параметр зависит от назначения помещения. Если в помещении люди находятся преимущественно стоя, добавочная высота принимается - 1.5м, в помещениях, где люди большей частью сидят, добавочная высота равна 1м.

Примечание: При компромиссных результатах расчетов, т.е. приближающихся к указанным значениям с той или другой стороны могут быть применены различные схемы озвучивания. Окончательный выбор схемы осуществляется после расчета числа громкоговорителей и их мощности. Еще раз напоминаем, что приведенная блок схема носит ориентировочный характер, и служит только для приблизительной оценки схемы озвучивания.

Особенности озвучивания помещений специальной формы.

К помещениям подобного типа относятся коридоры, помещения, имеющие сложную форму: балконные части, ярусы, ответвления и т.п., а так же открытые пространства и большие объемы замкнутых пространств.

- из опыта можно рекомендовать применение для озвучивания коридоров: при длине коридора менее 20 – 25м - одного громкоговорителя, размещенного на торце, при длине до 50м - двух громкоговорителей размещенных на торцевых стенах. При большей длине следует предусматривать дополнительные громкоговорители, размещенные на боковых стенах. Необходимо учитывать, что громкоговорители, размещенные на боковых стенах имеют меньшую «длину» озвучивания чем те, которые расположены на торцевых стенах, ориентировочно можно считать, что каждый такой громкоговоритель озвучивает 10 – 15м коридора.

- при наличии в коридоре ответвлений, тупиков, а также в помещениях сложной формы отдельные части эти части помещений (ниши, ответвления, ярусы и т.п.), озвучиваются своими громкоговорителями. Примерная схема озвучивания коридора показана на рисунке 4.3

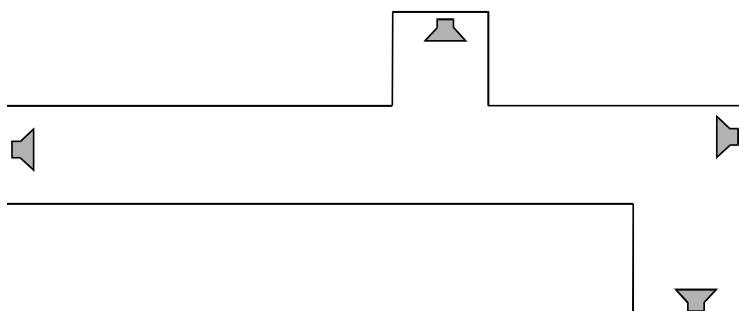
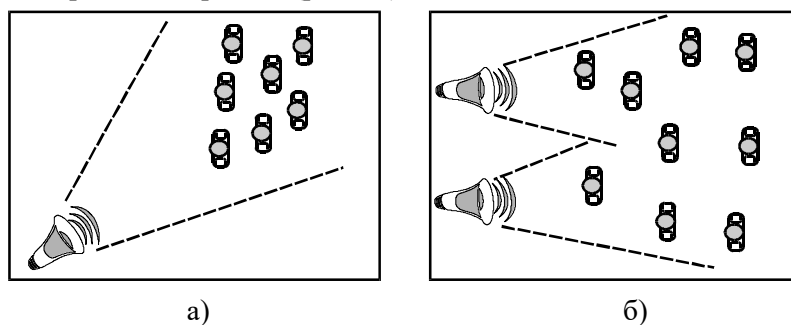


рис.4.3

- при озвучивании открытых пространств и больших объемов замкнутых пространств с помощью направленных громкоговорителей, приходится учитывать их узкую диаграмму направленности. Как правило, один направленный громкоговоритель используют тогда, когда люди концентрируются в достаточно небольшой и заранее определенной области. В остальных случаях применяют два и более громкоговорителя (рис 4.4).



- а)- озвучивание одним направленным громкоговорителем;
б) – озвучивание двумя и более громкоговорителями

Рис.4.4

Для пояснения блок схемы можно рассмотреть несколько примеров:

Операционный зал банка: длина помещения: L - 18м, ширина: b - 7.5м, высота: h - 4.5м, персонал занят сидячей работой – добавочная высота: h_d - 1м.

Рассчитываем отношение $b/L = 7.5/18 = 0.44$.

Несмотря на то, что расчетное соотношение $b/L < 0.5$ и соответствует распределенной схеме оно достаточно близко к рекомендуемому для сосредоточенных схем. Учитывая, что площадь помещения меньше 140м² можно применить сосредоточенную систему

Торговый зал магазина: длина помещения: L - 60м, ширина: b - 18м, высота: h - 5м, люди преимущественно стоят – добавочная высота: h_d - 1.5м.

Рассчитываем отношение $b/L = 18/60 = 0.3$.

Требуется распределенная система.

- $A = (h - h_d)/b = (5 - 1.5)/18 = 0.19$. Полученное значение близко к двойной настенной или одинарной потолочной цепочке или потолочной решетке. Учитывая, что ширина помещения больше 16м и относительно низкие потолки целесообразно применить потолочную систему.

- если потолочную систему применить нельзя в силу строительных особенностей помещения, можно использовать двойную настенную цепочку.

4.3. Расчет геометрических параметров системы

Расчет геометрических параметров системы предполагает определение высоты подвеса громкоговорителей, количества громкоговорителей и их расположение в плане помещения.

Во всех расчетах приведена минимальная высота подвеса. При установке громкоговорителя ниже минимальной, снижается разборчивость речи, выше – увеличивается необходимая мощность. Целесообразно устанавливать громкоговорители выше минимальной, поскольку увеличение мощности будет несущественным. В помещениях, где требуемый уровень звука невелик, можно устанавливать громкоговорители как выше, так и ниже минимальной высоты подвеса.

➤ Сосредоточенная схема.

Минимальная высота подвеса для ненаправленных громкоговорителей может быть определена по формуле:

$$H_{\Gamma} = \frac{L * 0.45}{1.6} + h_d, \text{ где } L - \text{длина помещения, } h_d - \text{добавочная высота;}$$

Минимальная высота для направленных (рупорных) громкоговорителей:

$$H_{\Gamma} = \frac{L * 0.35}{1.6} + h_d, \text{ где } L - \text{расстояние от громкоговорителя до дальней точки озвучивания.}$$

Расположение громкоговорителя выбирают из удобства размещения, на короткой стороне помещения. При использовании в сосредоточенной системе нескольких громкоговорителей их следует располагать в виде цепочки, наиболее предпочтительно на расстоянии $b/4$ от стен (b – ширина помещения).

➤ Распределенная система из одной настенной цепочки

Минимальная, рекомендуемая высота подвеса громкоговорителей над полом:

$$H_{\Gamma} = 0.45b + h_d, \text{ где } b - \text{ширина помещения, } h_d - \text{добавочная высота;}$$

Расстояние между громкоговорителями в цепочке следует выбирать из соотношения:

$D \leq 2.6 H_{\Gamma\Phi}$, где $H_{\Gamma\Phi} = H_{\Phi} - h_d$, H_{Φ} - фактическая высота подвеса громкоговорителей над полом.

Расстояние от громкоговорителей до боковой стены следует выбирать из соотношения:

$$Rc \leq (1.1 - 1.3) H_{\Gamma\Phi}.$$

Ориентировочное количество громкоговорителей: $N = 1 + (L - 2.6 H_{\Gamma\Phi}) / 2.6 H_{\Gamma\Phi}$, полученный результат округляется. При уровне фонового шума меньше 75дБ допускается округление результата в меньшую сторону.

Для простоты использования можно воспользоваться рассчитанными результатами, приведенными в таблице 1.

➤ Распределенная система из двух настенных цепочек

Минимальная, рекомендуемая высота подвеса громкоговорителей над полом:

$$H_{\Gamma} \equiv 0.18b + h_o, \text{ где } b - \text{ ширина помещения, } h_o - \text{ добавочная высота.}$$

Расстояние между громкоговорителями в цепочке следует выбирать из соотношения:

$$D \leq 2.6 H_{\Gamma\Phi}, \text{ где } H_{\Gamma\Phi} = H_{\Phi} - h_o, H_{\Phi} - \text{ фактическая высота подвеса громкоговорителей над}$$

полом.

Расстояние от громкоговорителей до боковой стены следует выбирать из соотношения:

$$Rc \leq (1.1 - 1.3) H_{\Gamma\Phi}.$$

Ориентировочное количество громкоговорителей:

вдоль одной стены - $n_1 = 1 + (L - 2.6H_{\Gamma\Phi}) / 2.6H_{\Gamma\Phi}$, полученный результат округляется. При уровне фонового шума меньше 75дБ допускается округление результата в меньшую сторону.

$$\text{общее число } N = 2n_1.$$

Распределенная система из громкоговорителей, расположенных по одному на каждой стороне (в шахматном порядке).

Минимальная, рекомендуемая высота подвеса громкоговорителей над полом:

$$H_{\Gamma} \equiv 0.30b + h_o, \text{ где } b - \text{ ширина помещения, } h_o - \text{ добавочная высота;}$$

Расстояние между громкоговорителями в цепочке следует выбирать из соотношения:

$$D \leq 2.6 H_{\Gamma\Phi}, \text{ где } H_{\Gamma\Phi} = H_{\Phi} - h_o, H_{\Phi} - \text{ фактическая высота подвеса громкоговорителей над}$$

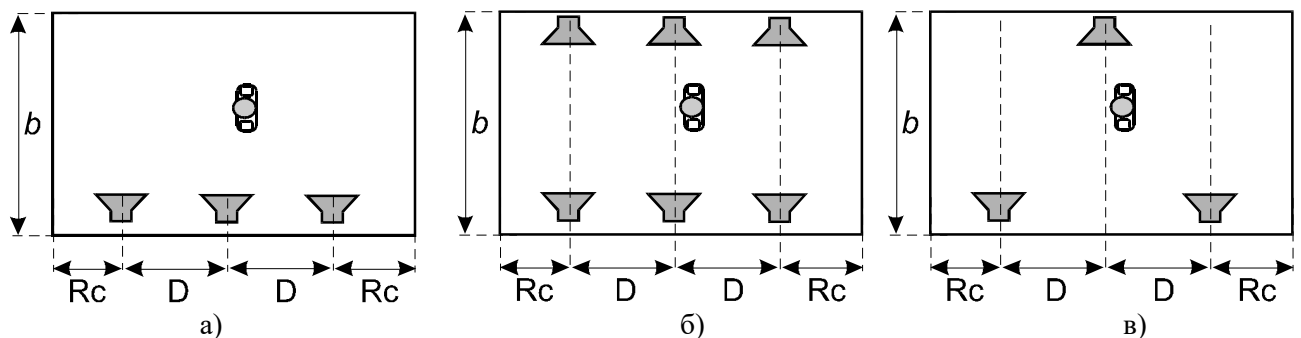
полом.

Расстояние от громкоговорителей до боковой стены следует выбирать из соотношения:

$$Rc \leq (1.1 - 1.3) H_{\Gamma\Phi}.$$

Ориентировочное количество громкоговорителей: $N = 1 + (L - 2.6H_{\Gamma\Phi}) / 2.6H_{\Gamma\Phi}$, полученный результат округляется. При уровне фонового шума меньше 75дБ допускается округление результата в меньшую сторону.

На рисунке 6 показаны геометрические параметры различных схем озвучивания:



а) - одна настенная цепочка;

б) - двойная настенная цепочка;

в) - цепочка из громкоговорителей, расположенных в шахматном порядке.

Рис. 4.5

Распределенная система из одинарной и двойной потолочной цепочки, потолочной решетки

Расстояние между громкоговорителями в цепочке (шаг решетки) следует выбирать из соотношения:

$$D \leq 2.6 H_{\Gamma\Phi}, \text{ где } H_{\Gamma\Phi} = H_{\Phi} - h_o, H_{\Phi} - \text{ фактическая высота подвеса громкоговорителей над полом, } h_o - \text{ добавочная высота;}$$

Одну потолочную цепочку располагают на средней линии помещения, две - на расстоянии $b/2$ друг относительно друга.

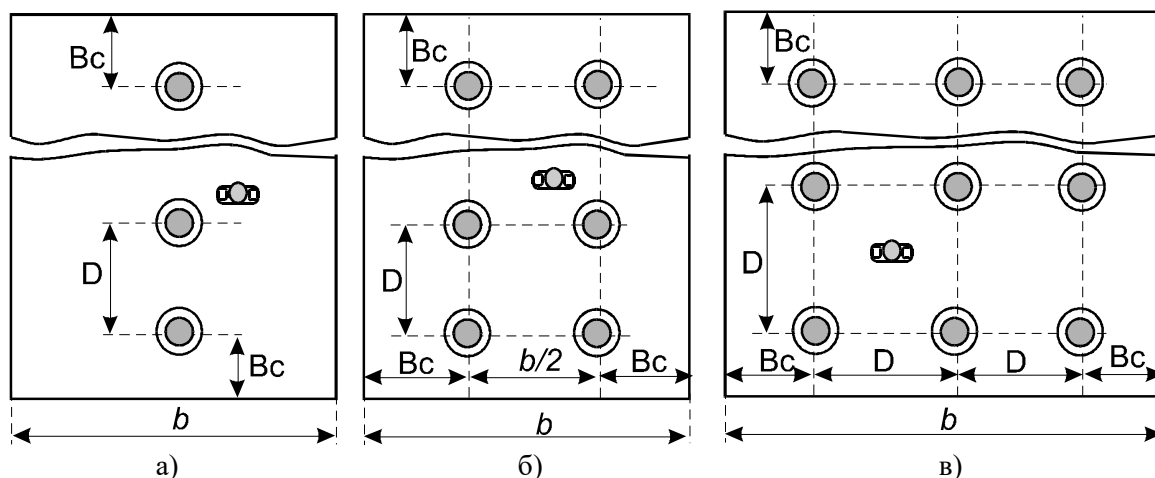
Расстояние от боковых стен выбирают из соотношения:

$$Bc \leq 1.7 H_{\Gamma\Phi},$$

Ориентировочное количество громкоговорителей:

- для одинарной потолочной цепочки: $N = 1 + (L - 3.4H_{ГФ}) / 2.6H_{ГФ}$, полученный результат округляется;
- для двойной потолочной цепочки:
 количество динамиков в одной цепочке $n_1 = 1 + (L - 3.4H_{ГФ}) / 2.6H_{ГФ}$,
 полученный результат округляется
 общее число $N = 2n_1$
- для потолочной решетки:
 количество динамиков в одном ряду: $n_1 = 1 + (L - 3.4H_{ГФ}) / 2.6H_{ГФ}$,
 полученный результат округляется.
 число рядов $m = (b - 3.4H_{ГФ}) / 2.6H_{ГФ}$, полученный результат округляется.
 общее число: $N = mn_1$.

На рисунке 4.6 показаны геометрические параметры различных потолочных схем озвучивания:



- а) - одна потолочная цепочка;
 б) - двойная потолочная цепочка;
 в) - потолочная решетка.

Рис. 4.6

Пример:

Операционный зал банка: длина помещения: L - 18м, ширина: b - 7.5м, высота: h - 4.5м, персонал занят сидячей работой - добавочная высота: h_0 - 1м. Используется распределенная система из громкоговорителей расположенных в шахматном порядке (по одному на каждую сторону).

Минимальная, рекомендуемая высота подвеса громкоговорителей над полом:

$$H_r = 0.35b + h_0 = 0.30 \cdot 7.5 + 1 = 3.25 \text{ м};$$

Допустим, их конструктивных сооружений принята высота подвеса $H_\phi = 3.5 \text{ м}$.

Расстояние между громкоговорителями в цепочке рекомендуется выбирать из соотношения:

$$D < 2.6 H_{ГФ}, \text{ где } H_{ГФ} = H_\phi - h_0 = 3.5 - 1 = 2.5 \text{ м}. D \approx 6.5 \text{ м}.$$

Расстояние от громкоговорителей до каждой из боковых стен рекомендуется выбирать из соотношения: $Rc \leq (1.1-1.3) H_{ГФ}$. $Rc \leq 1.3 \cdot 2.5 = 3.25 \text{ м}$.

Ориентировочное число громкоговорителей: $N = 1 + (L - 2.6H_{ГФ}) / 2.6H_{ГФ} = 1 + (18 - 6.5) / 6.5 = 2.7$ шт. Полученное значение округлим в большую сторону, распределив громкоговорители с несколько меньшими интервалами, чем рассчитано. Схема расположения показана на рисунке 4.7

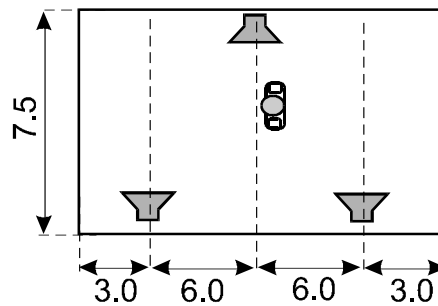


Рис.4.7

Торговый зал магазина: длина помещения: L - 25м, ширина: b - 18м, высота: h - 5м, люди преимущественно стоят – добавочная высота: h_0 - 1.5м. Используется двойная настенная цепочка.

Минимальная высота подвеса - $H_{\Gamma} = 0.18 + h_0 = 0.18 \cdot 18 + 1.5 = 4.7\text{м}$;

Допустим, из конструктивных сооружений принята высота подвеса $H_{\phi} = 5\text{м}$.

Рекомендуемое расстояние между громкоговорителями в цепочке:

$D < 2.6 H_{\Gamma\phi}$, где $H_{\Gamma\phi} = H_{\phi} - h_0 = 5 - 1.5 = 3.5\text{м}$, $D = 2.6 \cdot 3.5 = 9.1\text{м}$;

Расстояние от громкоговорителей до боковой стены $Rc \leq (1.1 - 1.3) H_{\Gamma\phi} = 1.3 \cdot 3.5 = 4.5\text{м}$.

Ориентировочное число громкоговорителей:

вдоль одной стены - $n_1 = 1 + (L - 2.6 H_{\Gamma\phi}) / 2.6 H_{\Gamma\phi} = 1 + (25 - 2.6 \cdot 3.5) / 2.6 \cdot 3.5 = 2.7\text{шт}$,

округляем результат до 3шт, общее число 6шт.

Распределим громкоговорители с меньшим шагом, чем рассчитанный. Схема расположения показана на рисунке 4.8.

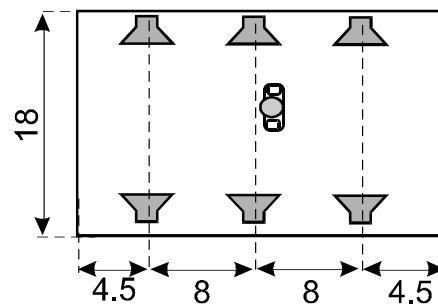


Рис.4.8

4.4. Расчет акустических параметров звуковоспроизводящих устройств

Общие положения.

Расчет акустических параметров звуковоспроизводящих устройств 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 10-15дБ превышать уровень фонового шума в наиболее удаленной точке помещения.

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

Т.е. требуемый уровень звукового давления:

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

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

где L_a - действующий уровень фонового шума в помещении

Для сравнения можно привести характерные уровни звуковых шумов для помещений различного назначения:

- нормальная тишина в помещении – 45 – 55дБ;
- приглушенные разговоры в помещении – 55дБ;

- разговоры учащихся во время занятий - 60дБ;
- шумы в среднем магазине – 63дБ;
- шумы на переменах в помещениях учебных заведений, в крупных магазинах - 65 – 70дБ;
- шумы в залах ожиданий вокзалов, очень крупных магазинов и т.п. помещений с большим числом разговаривающих людей - 70 - 75дБ;
- шумы в аппаратных залах и т.п. помещениях с большим числом работающих людей и механизмов – 75 - 80дБ;
- шумы в цехах металло- и деревообрабатывающих предприятий, на крупных фабриках - 85 – 90дБ.

Характеристики громкоговорителей.

К основным характеристикам громкоговорителей относятся их направленность, диапазон частот и уровень звукового давления, развиваемого на одном метре от излучателя.

Ненаправленными громкоговорителями считают динамики, потолочные громкоговорители, а так же всевозможные звуковые колонки (хотя, если считать более строго, колонки занимают промежуточное положение между направленными и ненаправленными системами). 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 т.н. «колокольчики». В рупорных громкоговорителях 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 плохо подходят 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 200Гц – 5кГц, 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 100Гц – 10кГц.

Необходимый уровень звукового давления является единственной характеристикой громкоговорителя, которая определяется по результатам расчетов. Именно с этой характеристикой возникает наибольшее число проблем и 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 к.п.д. конкретного громкоговорителя. Большинство производителей акустических систем приводят или звуковое давление в Паскалях (Па), или уровень звукового давления в дБ на расстоянии 1м от излучателя. Если приведено звуковое давление в Па, а требуется получить уровень звукового давления в дБ, перевод одной величины в другую осуществляется по формуле:

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

Для типичного ненаправленного громкоговорителя можно принять, что 1Вт электрической мощности соответствует уровню звукового давления примерно 95дБ. Каждое увеличение (уменьшение) мощности вдвое, приводит к увеличению (уменьшению) уровня звукового давления на 3дБ. Т.е. 2Вт – 98дБ, 4Вт – 101дБ, 0.5Вт – 92дБ, 0.25Вт – 89дБ и т.п. Существуют громкоговорители, имеющий звуковое давление на 1Вт мощности менее 95дБ и громкоговорители, обеспечивающие на 1Вт 97 и даже 100дБ, при этом одноваттный громкоговоритель с уровнем звукового давления 100дБ заменяет громкоговоритель мощностью 4 Вт с уровнем 95дБ/Вт (95дБ – 1Вт, 98дБ – 2Вт, 101дБ – 4Вт), 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 громкоговоритель 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 12-16Па (115-118дБ) и более имея, тем самым, 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 - 95дБ/Вт.

Расчет мощности громкоговорителей для сосредоточенных систем.

Расчет мощности громкоговорителей для сосредоточенных систем осуществляется в следующем порядке:

1) определяется необходимый уровень звука в удаленной точке озвучиваемого помещения:

$L_{\max} = L_a + 10$, дБ, где L_a - действующий уровень фонового шума в помещении, 10 – превышение требуемого уровня звукового давления над фоном.

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

$$p_{\max} = 10^{0.05(L_{\max} - 94)}, \text{ Па}$$

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

$$p_1 = p_{\max} L, \text{ где } L - \text{расстояние от громкоговорителя до крайней точки.}$$

Если в сосредоточенной системе используется несколько громкоговорителей, то

$$p_1 = p_{\max} L / \sqrt{n}, \text{ где } n - \text{число громкоговорителей в сосредоточенной системе.}$$

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

$$L_{cp} = 20 \lg \frac{p_1}{2 \cdot 10^{-5}}$$

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

Пример:

Рассчитать мощность громкоговорителя в сосредоточенной системе с одним громкоговорителем.

Исходные данные: расстояние от громкоговорителя до удаленной точки- L - 15м;

уровень фонового шума в помещении - L_a - 65дБ.

Требуемый уровень звука в удаленной точке - $L_{\max} = L_a + 10 = 65 + 10 = 75$ дБ;

Требуемое звуковое давление в удаленной точке:

$$p_{\max} = 10^{0.05(L_{\max} - 94)} = p_{\max} = 10^{0.05(75 - 94)} = 0.112 \text{ Па;}$$

Необходимое звуковое давление на расстоянии 1м от громкоговорителя:

$$p_1 = p_{\max} L = 0.112 \cdot 15 = 1.68 \text{ Па;}$$

Уровень звукового давления, которое должен развивать громкоговоритель на расстоянии 1м:

$$L_{cp} = 20 \lg \frac{p_1}{2 \cdot 10^{-5}} = 20 \lg \frac{1.68}{2 \cdot 10^{-5}} = 98.5 \text{ дБ.}$$

Типовой громкоговоритель мощностью 1Вт обеспечивает уровень звукового давления примерно 95дБ, мощностью 2Вт – 98дБ. Требуемый расчетный уровень звукового давления 98.5дБ чуть больше 2Вт, следовательно можно применить двух ваттный громкоговоритель.

Рассчитать мощность громкоговорителя в сосредоточенной системе с двумя громкоговорителями.

Исходные данные: расстояние от громкоговорителя до удаленной точки L - 15м;

уровень фонового шума в помещении - L_a - 75дБ.

Требуемый уровень звука в удаленной точке - $L_{\max} = L_a + 10 = 75 + 10 = 85$ дБ;

Требуемое звуковое давление в удаленной точке:

$$p_{\max} = 10^{0.05(L_{\max} - 94)} = p_{\max} = 10^{0.05(85 - 94)} = 0.35 \text{ Па;}$$

Необходимое звуковое давление на расстоянии 1м от громкоговорителя:

$$p_1 = p_{\max} L / \sqrt{n} = 0.35 * 15 / \sqrt{2} = 3.6 \text{ Па};$$

Уровень звукового давления, которое должен развивать громкоговоритель на расстоянии 1м:

$$L_{cp} = 20 \lg \frac{p_1}{2 \cdot 10^{-5}} = 20 \lg \frac{3.6}{2 \cdot 10^{-5}} = 105 \text{ дБ}.$$

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

Рассчитать мощность громкоговорителя в сосредоточенной системе с направленным громкоговорителем.

Исходные данные: расстояние от громкоговорителя до удаленной точки L - 80м;

уровень фонового шума - L_a - 70дБ.

Требуемый уровень звука в удаленной точке - $L_{\max} = L_a + 10 = 70 + 10 = 80 \text{ дБ}$;

Требуемое звуковое давление в удаленной точке:

$$p_{\max} = 10^{0.05(L_{\max} - 94)} = p_{\max} = 10^{0.05(80 - 94)} = 0.19 \text{ Па};$$

Необходимое звуковое давление на расстоянии 1м от громкоговорителя:

$$p_1 = p_{\max} L = 0.19 * 80 = 15.96 \text{ Па};$$

Уровень звукового давления, которое должен развивать громкоговоритель на расстоянии 1м:

$$L_{cp} = 20 \lg \frac{p_1}{2 \cdot 10^{-5}} = 20 \lg \frac{15.2}{2 \cdot 10^{-5}} = 117.6 \text{ дБ}.$$

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

6) Для упрощения расчетов мощности типовых громкоговорителей для небольших помещений (как правило, с сосредоточенной системой) можно воспользоваться графиками, приведенными ниже (Рис.4.9). Графики получены для помещений, из расчета соотношения ширины к длине (b/L) = 0.5 и потолками высотой 3 - 4.5м. Использована зависимость несколько больше типовой - 97дБ/Вт. Над каждой кривой приведен уровень фонового шума и в скобках, необходимый уровень звукового давления. Например, помещение площадью 80м.кв., уровень фонового шума 72дБ, требуемый уровень звукового давления 82 дБ, по графику - необходимая электрическая мощность типового громкоговорителя - 4 Вт.

Расчет мощности громкоговорителей для распределенных систем

Расчет мощности громкоговорителей для одинарной и двойной настенной цепочки:

1) определяется необходимый уровень звука в помещении:

$$L_{\max} = L_a + 10, \text{ дБ, где } L_a - \text{действующий уровень фонового шума в помещении.}$$

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

$$p_{\max} = 10^{0.05(L_{\max} - 94)}, \text{ Па}$$

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

для одиночной цепочки или цепочки, расположенной в шахматном порядке

$$p_1 = p_{\max} \sqrt{\frac{bD}{3}}, \text{ Па,}$$

для двойной цепочки:

$$p_1 = p_{\max} \sqrt{\frac{0.5bD}{3}}, \text{ Па}$$

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:

$$L_{\text{зп}} = 20 \lg \frac{P_1}{2 \cdot 10^{-5}}$$

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

График зависимости мощности громкоговорителя от площади помещения

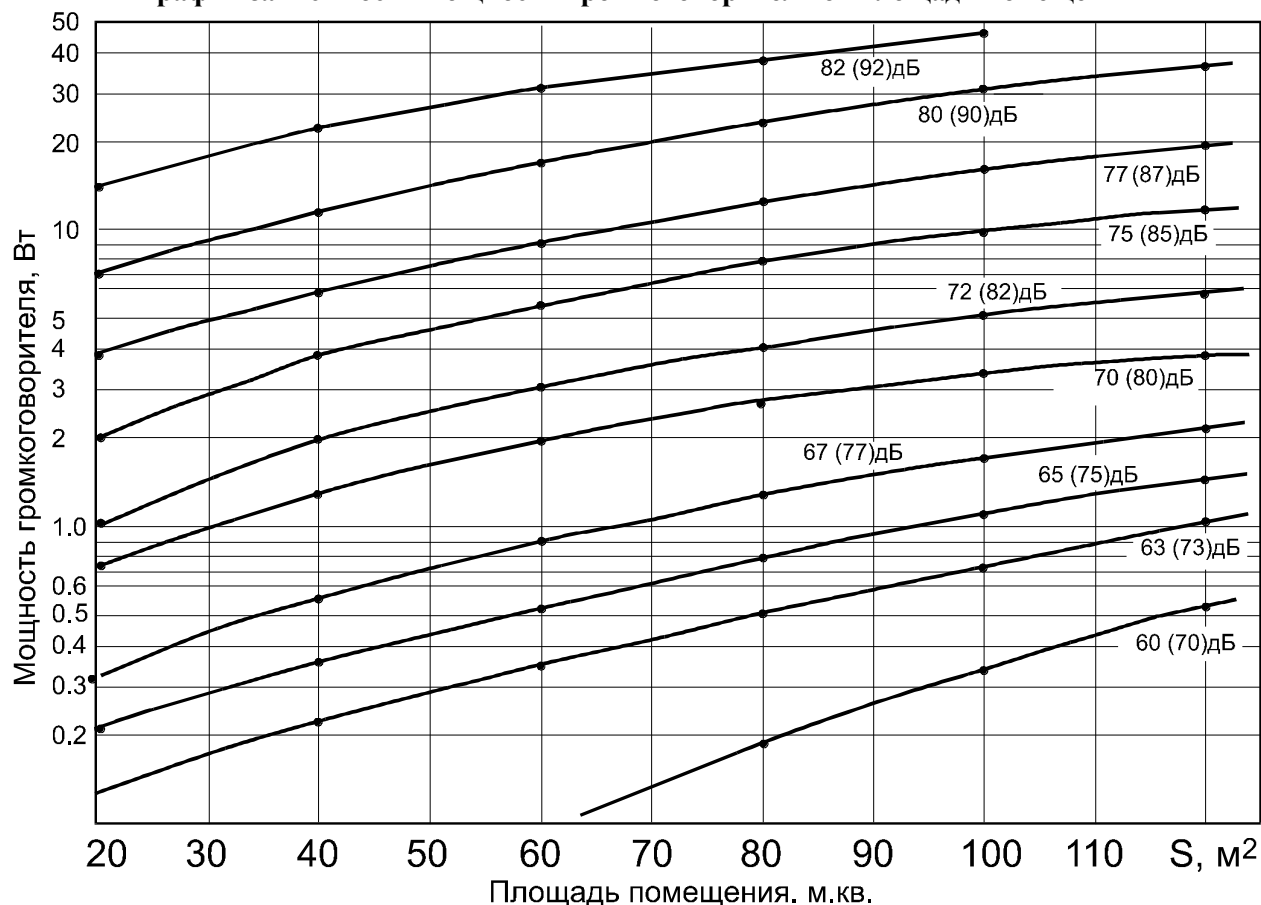


Рис.4.9

Пример:

Операционный зал банка: длина помещения 18м, ширина 7.5м, высота 4.5м. Рекомендуется использовать два громкоговорителя по одному на каждую сторону. Шаг громкоговорителей: $D = 6\text{м}$.

По назначению помещения ожидаемый уровень фонового шума 60-63дБ.

необходимый уровень звука в помещении: $L_{\text{max}} = L_a + 10 = 63 + 10 = 73\text{дБ}$,

звуковое давление, которое должны развивать громкоговорители: $p_{\text{max}} = 10^{0.05(L_{\text{max}} - 94)} = 10^{0.05(73 - 94)} = 0.09\text{Па}$

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

$$P_1 = p_{\text{max}} \sqrt{\frac{bD}{3}} = 0.09 \sqrt{\frac{7.5 \cdot 6}{3}} = 0.35\text{Па};$$

уровень звукового давления громкоговорителя:

$$L_{\text{зп}} = 20 \lg \frac{P_1}{2 \cdot 10^{-5}} = 20 \lg \frac{0.35}{2 \cdot 10^{-5}} = 85\text{дБ}.$$

Такой уровень звукового давления соответствует типовым громкоговорителям с мощностью наименьшей 0.5Вт.

Поскольку площадь озвучивания невелика, можно ориентировочно определить по графику (рис.4.9) необходимую мощность громкоговорителя для сосредоточенной системы с одним громкоговорителем: $S = 18 \cdot 7.5 = 135\text{м}^2$, для кривой 63(73)дБ это составит около 1.5Вт. Применение

сосредоточенной системы ухудшит разборчивость речи, но так как уровень шумов относительно небольшой, такой вариант вполне может устроить.

Торговый зал магазина: длина помещения: L - 25м, ширина: b - 18м, высота: h - 5м, люди преимущественно стоят – добавочная высота: h_d - 1.5м. Рекомендуется двойная настенная цепочка, по три громкоговорителя на каждую сторону, шаг цепочки D – 8м.

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

необходимый уровень звука в помещении: $L_{\max} = L_a + 10 = 70 + 10 = 80 \text{ дБ}$;

звуковое давление, которое должны развивать громкоговорители: $p_{\max} = 10^{0.05(L_{\max} - 94)} = 10^{0.05(80 - 94)} = 0.2 \text{ Па}$;

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

$$p_1 = p_{\max} \sqrt{\frac{0.5bD}{3}} = 0.2 \sqrt{\frac{0.5 \cdot 18 \cdot 8}{3}} = 0.97 \text{ Па};$$

уровень звукового давления громкоговорителя:

$$L_{\text{гп}} = 20 \lg \frac{p_1}{2 \cdot 10^{-5}} = 20 \lg \frac{0.97}{2 \cdot 10^{-5}} = 94 \text{ дБ}.$$

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

Расчет мощности громкоговорителей для одиночной и двойной потолочной цепочки и потолочной решетки:

1) определяется необходимый уровень звука в помещении:

$L_{\max} = L_a + 10$, дБ, где L_a - действующий уровень фонового шума в помещении.

(При уровне фонового шума более 75дБ - $L_{\max} = L_a + 7$, дБ);

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

$$p_{\max} = 10^{0.05(L_{\max} - 94)}, \text{ Па}$$

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

для одиночной цепочки расположенной по средней линии помещения:

$$p_1 = p_{\max} \sqrt{\frac{0.5bD}{3}}, \text{ Па},$$

для двойной цепочки:

$$p_1 = p_{\max} \sqrt{\frac{0.25bD}{3}}, \text{ Па}$$

для потолочной решетки:

$$p_1 = \frac{p_{\max} \cdot D}{3}, \text{ Па}$$

где b – ширина помещения, D - расстояние между громкоговорителями в цепочке.

определяется уровень звукового давления, которое должен обеспечивать каждый громкоговоритель:

$$L_{\text{гп}} = 20 \lg \frac{p_1}{2 \cdot 10^{-5}}$$

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

В заключение приведем пример расчета озвучивания этажа административно-производственного здания

- производственный, сборочный участок: площадь 200м^2 , длина $L = 20\text{м}$, ширина $b=10\text{м}$, высота $h=4.5\text{м}$, люди преимущественно сидят, добавочная высота $h_a=1\text{м}$, уровень фонового шума $L_a = 70\text{дБ}$.

Отношение $b/L = 10/20 = 0.5$. Рекомендуется применить сосредоточенную систему.

$h_m = L * 0.40/1.6 = 20*0.40/1.6 = 5\text{м}$, $h_r = h_m + h_o = 5+1 = 6\text{м}$; Т.к. $h_r > h$ ($h = 4.5\text{м}$), то с точки зрения высоты подвеса сосредоточенную систему применять нежелательно.

$A = (h - h_o) / b = (4.5 - 1)/10 = 0.35$. Можно применить цепочку с громкоговорителями, расположенными в шахматном порядке.

$H_r = 0.30b + h_o = 0.30*10 + 1 = 4.0\text{м}$. Целесообразно устанавливать громкоговорители под потолком. Пусть из конструктивных соображений громкоговорители удобно установить на высоте 3.5м .

Расстояние между громкоговорителями:

$$D \leq 2.6 H_{r\phi}, H_{r\phi} = H_\phi - h_o, = 3.5 - 1 = 2.5\text{м}, D = 2.6*2.5 = 6.5\text{м}$$

Ориентировочное количество громкоговорителей: $N = 1 + (L - 2.6H_{r\phi}) / 2.6H_{r\phi} = 1 + (20 - 6.5)/6.5 = 1 + 2.0 = 3.0$. Применим 3 громкоговорителя.

Распределим громкоговорители с шагом 6м , расстояние от стен будет 4.0м , что немного меньше рекомендуемого.

$$L_{\max} = L_a + 10 = 70 + 10 = 80\text{дБ}. p_{\max} = 10^{0.05(L_{\max} - 94)} = 0.2\text{Па};$$

$$p_1 = p_{\max} \sqrt{\frac{bD}{3}} = 0.2 \sqrt{\frac{10 \cdot 6}{3}} = 0.9\text{Па}, L_{rp} = 20 \lg \frac{p_1}{2 \cdot 10^{-5}} = 20 \lg \frac{0.9}{2 \cdot 10^{-5}} = 93\text{дБ}. \text{Каждый}$$

громкоговоритель должен обеспечивать звуковое давление 93дБ . Для типового громкоговорителя с характеристикой 95дБ/Вт это соответствует мощности чуть меньше 1Вт . Применим громкоговорители мощностью 1Вт каждый.

- Бухгалтерия, маркетинг: площадь 120м^2 , длина $L = 12\text{м}$, ширина $b=10\text{м}$, высота $h=4.5\text{м}$, люди преимущественно сидят, добавочная высота $h_o=1\text{м}$, уровень фонового шума $L_a = 65\text{дБ}$.

Т.к. отношение $b/L = 10/20 = 0.8$ площадь небольшая и уровень фонового шума невелик, применим сосредоточенную систему.

По графику для площади 120м^2 и уровня фонового шума 65дБ достаточна мощность громкоговорителя 1.5Вт .

Рекомендуемая высота подвеса громкоговорителя:

$$H_r = \frac{L * 0.45}{1.6} + h_o = \frac{12 * 0.45}{1.6} + 1 = 4.3\text{м}.$$

Установим громкоговоритель на этой высоте.

- Комната мастеров: площадь 70м^2 , длина $L = 10\text{м}$, ширина $b=7\text{м}$, высота $h=4.5\text{м}$, люди преимущественно сидят, добавочная высота $h_o=1\text{м}$, уровень фонового шума $L_a = 60\text{дБ}$.

Т.к. отношение $b/L = 7/10 = 0.7$ площадь небольшая и уровень фонового шума невелик, применим сосредоточенную систему.

По графику для площади 70м^2 и уровня фонового шума 60дБ достаточна мощность громкоговорителя меньше 0.2Вт . Для унификации громкоговорителей применим громкоговоритель мощностью 0.5Вт .

Рекомендуемая высота подвеса громкоговорителя:

$$H_r = \frac{L * 0.45}{1.6} + h_o = \frac{10 * 0.45}{1.6} + 1 = 4\text{м}.$$

Установим громкоговоритель на этой высоте или выше.

- Конструкторское бюро: площадь 150м^2 , длина $L = 15\text{м}$, ширина $b=10\text{м}$, высота $h=4.5\text{м}$, люди преимущественно сидят, добавочная высота $h_o=1\text{м}$, уровень фонового шума $L_a = 60\text{дБ}$.

Отношение $b/L = 10/15 = 0.6$. Рекомендуется применить сосредоточенную систему.

$h_m = L * 0.45/1.6 = 15*0.45/1.6 = 4.2$, $h_r = h_m + h_o = 4.2+1.0 = 5.2\text{м}$; Т.к. $h_r > h$ ($h = 4.5\text{м}$), то с точки зрения высоты подвеса сосредоточенную систему применять нежелательно, однако, учитывая

незначительное превышение полученного результата над рекомендуемым, для сосредоточенных систем и низкий уровень фонового шума применим сосредоточенную систему с одним громкоговорителем.

$$\text{Высота подвеса должна быть } H_r = \frac{L * 0.45}{1.6} + h_o = \frac{15 * 0.45}{1.6} + 1 = 5.2\text{м, однако, учитывая}$$

высоту потолка 4.5м, установим громкоговоритель на предельно возможной высоте 4.3м.

$$\text{Требуемый уровень звука в удаленной точке - } L_{\max} = L_a + 10 = 60 + 10 = 70\text{дБ;}$$

Требуемое звуковое давление в удаленной точке:

$$p_{\max} = 10^{0.05(L_{\max} - 94)} = p_{\max} = 10^{0.05(70 - 94)} = 0.06\text{Па;}$$

Необходимое звуковое давление на расстоянии 1м от громкоговорителя:

$$p_1 = p_{\max} L = 0.06 * 15 = 0.95\text{Па;}$$

Уровень звукового давления, которое должен развивать громкоговоритель на расстоянии 1м:

$$L_{cp} = 20\lg \frac{p_1}{2 \cdot 10^{-5}} = 20\lg \frac{0.95}{2 \cdot 10^{-5}} = 94\text{дБ}$$

Полученное давление соответствует мощности типового громкоговорителя примерно 1Вт.

- Складское помещение: площадь 112м², длина $L = 14\text{м}$, ширина $b = 8\text{м}$, высота $h = 4.5\text{м}$, люди преимущественно сидят, добавочная высота $h_o = 1\text{м}$, уровень фонового шума $L_a = 55\text{дБ}$.

Т.к. отношение $b/L = 8/14 = 0.57$, площадь небольшая и уровень фонового шума невелик, применим сосредоточенную систему

$$\text{Высота подвеса должна быть } H_r = \frac{L * 0.45}{1.6} + h_o = \frac{14 * 0.45}{1.6} + 1 = 4.9\text{м, однако, учитывая}$$

высоту потолка 4.5м, установим громкоговоритель на предельно возможной высоте 4.3м.

$$\text{Требуемый уровень звука в удаленной точке - } L_{\max} = L_a + 10 = 55 + 10 = 65\text{дБ;}$$

Требуемое звуковое давление в удаленной точке:

$$p_{\max} = 10^{0.05(L_{\max} - 94)} = p_{\max} = 10^{0.05(65 - 94)} = 0.035\text{Па;}$$

Необходимое звуковое давление на расстоянии 1м от громкоговорителя:

$$p_1 = p_{\max} L = 0.035 * 14 = 0.5\text{Па;}$$

Уровень звукового давления, которое должен развивать громкоговоритель на расстоянии 1м:

$$L_{cp} = 20\lg \frac{p_1}{2 \cdot 10^{-5}} = 20\lg \frac{0.5}{2 \cdot 10^{-5}} = 88\text{дБ}$$

Полученное давление соответствует мощности типового громкоговорителя примерно 0.25Вт.

Для унификации громкоговорителей применим типовой громкоговоритель мощностью 0.5Вт.

- производственный, заготовительный участок: площадь 560м², длина $L = 40\text{м}$, ширина $b = 14\text{м}$, высота $h = 4.5\text{м}$, люди преимущественно сидят, добавочная высота $h_o = 1\text{м}$, уровень фонового шума $L_a = 85\text{дБ}$ (металлообрабатывающие, швейные, предприятия, вырубные цеха и т.п.).

Отношение $b/L = 14/40 = 0.35$. Рекомендуется применить распределенную систему.

$A = (h - h_o) / b = (4.5 - 1) / 14 = 0.25$. Рекомендуется применять двойную настенную или потолочную цепочку. Применим двойную настенную цепочку.

Минимальная, рекомендуемая высота подвеса громкоговорителей над полом:

$$H_r = 0.2b + h_o = 0.2 * 14 + 1 = 3.8\text{м, установим громкоговорители на высоте 4м;}$$

Расстояние между громкоговорителями в цепочке:

$$D \leq 2.6 H_{r\phi}, \text{ где } H_{r\phi} = H_r - h_o = 4 - 1 = 3\text{м, } D = 2.6 * 3 = 7.8\text{м;}$$

Ориентировочное количество громкоговорителей:

$$\text{вдоль одной стены - } n_1 = 1 + (L - 2.6 H_{r\phi}) / 2.6 H_{r\phi} = 1 + (40 - 2.6 * 3) / 2.6 * 3 = 5.1.$$

Общее число громкоговорителей $N = 2n_1 = 2 * 5 = 10$.

Установим громкоговорители с шагом 8м. Расстояние от громкоговорителей до боковой стены 4м

$L_{\max} = L_a + 10 = 85 + 10 = 95 \text{ дБ}$, звуковое давление, которое должен развивать громкоговоритель в удаленной точке: $p_{\max} = 10^{0.05(L_{\max} - 94)} = 10^{0.05(95 - 94)} = 1.1 \text{ Па}$;

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

$$p_1 = p_{\max} \sqrt{\frac{0.5bD}{3}} = 1.1 \sqrt{\frac{0.5 \cdot 14 \cdot 8}{3}} = 4.7 \text{ Па};$$

уровень звукового давления, которое должен обеспечивать каждый громкоговоритель:

$L_{cp} = 20 \lg \frac{p_1}{2 \cdot 10^{-5}} = 20 \lg \frac{4.4}{2 \cdot 10^{-5}} = 107 \text{ дБ}$. Полученное звуковое давление соответствует мощности громкоговорителя примерно 16Вт.

Из-за необходимости применения громкоговорителей с большими мощностями данный вариант не совсем оптимальный, используем рупорные громкоговорители, расположив их на коротких стенах по углам. Данная система может рассматриваться как распределенная с громкоговорителями, расположенными в шахматном порядке, в качестве ширины помещения будет выступать его длина. Расположим громкоговорители на расстоянии двух метров от стен. Расстояние между громкоговорителями будет 10м.

$$p_1 = p_{\max} \sqrt{\frac{bD}{3}} = 1.1 \sqrt{\frac{40 \cdot 10}{3}} = 12.7 \text{ Па}.$$

$$L_{cp} = 20 \lg \frac{p_1}{2 \cdot 10^{-5}} = 116 \text{ дБ}.$$

Рупорный громкоговоритель 10РГД-5 мощностью 10Вт обеспечивает звуковое давление 116дБ, т.о. нужно использовать два рупорных громкоговорителя.

По торцевым стенам коридора поставим громкоговорители мощностью по 1.5Вт каждый.

Общая схема этажа здания показана на рисунке 4.10.

Схема озвучивания этажа административно-производственного здания

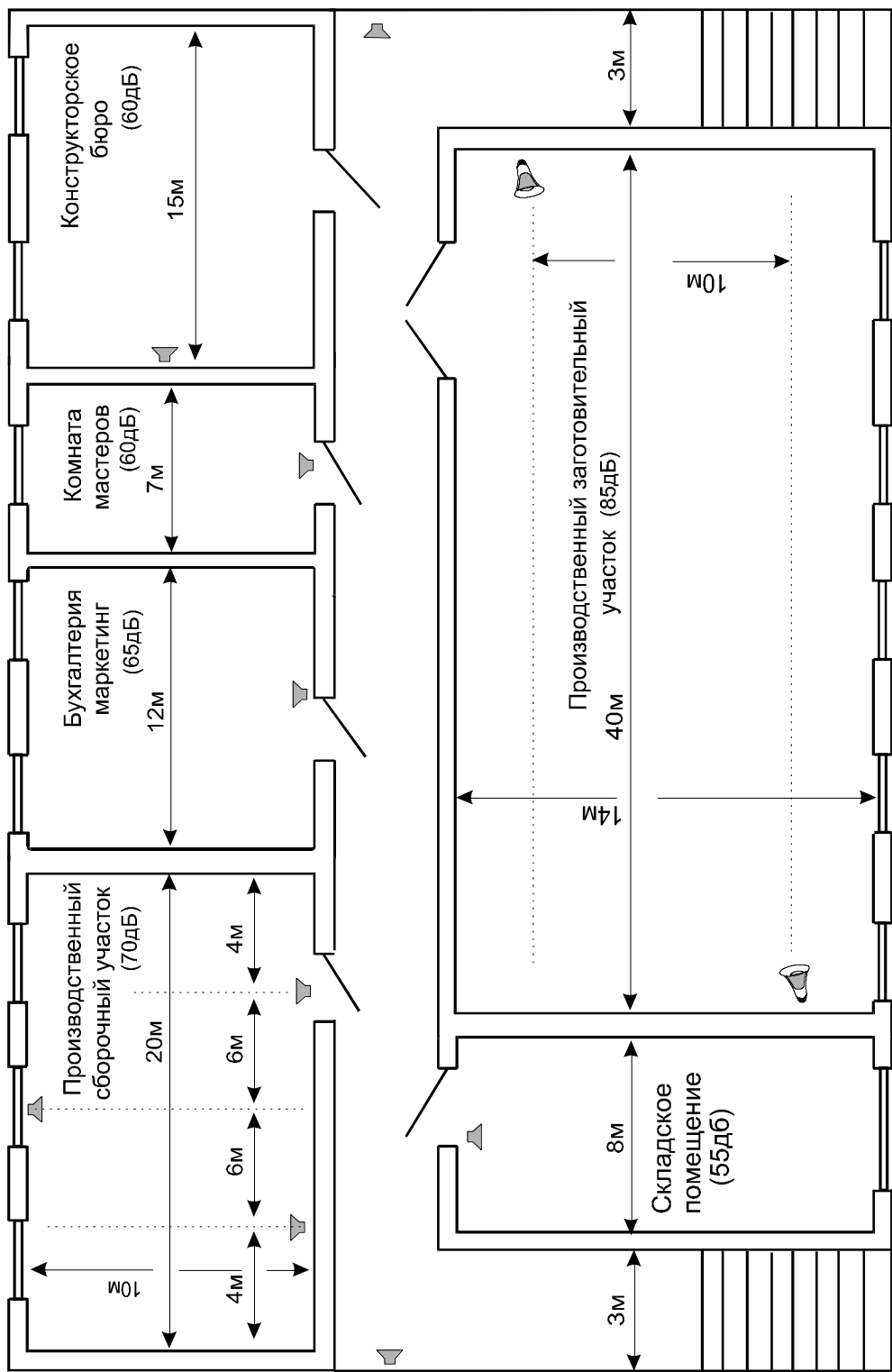


Рис.4.10