



О.В. КОЧНОВ

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ ОПОВЕЩЕНИЯ



УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

О.В. Кочнов

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ ОПОВЕЩЕНИЯ

Учебное пособие

Муром
2012

УДК 681.84
ББК 32.87
К 75

К 75 Кочнов, О.В. Особенности проектирования систем оповещения:
учебное пособие / О.В. Кочнов, Издательство «Стерх», ИП Коськин А.М.,
2012.– 154 с. Библ.: 14 назв.

ISBN 978-5-94951-021-6

Пособие предназначено для широкого круга специалистов занимающихся проектированием, инсталляцией и эксплуатацией систем звукового обеспечения (СЗО) различного назначения, в том числе систем оповещения и управления эвакуацией людей (СОУЭ). Особое внимание уделено вопросам классификации, расчета и выбора технических средств СОУЭ.

УДК 681.84
ББК 32.87

ISBN 978-5-94951-021-6

© О Кочнов, 2012
© Издательство ИП Коськин А.М.,
оформление, 2012.

КРАТКАЯ АННОТАЦИЯ

Пособие предназначено для широкого круга специалистов занимающихся проектированием, инсталляцией и эксплуатацией систем звукового обеспечения (СЗО) различного назначения, в том числе систем оповещения и управления эвакуацией людей (СОУЭ). Особое внимание уделено вопросам классификации, расчета и выбора технических средств СОУЭ.

Теоретические материалы и требования нормативной документации приведены в объемах достаточных для решения задач рассмотренных в пособии.

Даны описания приборов, блоков, устройств из которых можно создать СЗО с заданными параметрами.

Приведены практические примеры построения СЗО.

Расположение материала по главам:

- выбор типа СОУЭ, определение количества зон – Глава 1;
- электроакустический расчет – Глава 2;
- выбор типа громкоговорителей – Глава 3;
- расстановка громкоговорителей, определение их количества – Глава 4;
- расчет нагрузки в линиях – Глава 1.
- определение варианта построения СЗО, выбор технических средств – Глава 5;
- расчет потребляемой мощности – Глава 1;
- расчет времени резервирования, выбор технических средств – Глава 6;
- расчет потерь на проводах линии и выбор их сечения – Глава 7.

ВВЕДЕНИЕ

Целью данного пособия является ознакомление специалистов и всех заинтересованных лиц с основными принципами построения и особенностями проектирования систем звукового обеспечения (СЗО), которые в определенных условиях, при удовлетворении норм пожарной безопасности могут выполнять функции систем оповещения и управления эвакуацией (СОУЭ 3-5 типов). Далее подобные системы мы будем называть системами оповещения.

Необходимость написания пособия продиктована дефицитом подобных публикаций в нашей стране. Нехватка подобного рода ознакомительных и доступных публикаций вызвана быстро меняющимися условиями внутреннего и внешнего рынка, развитием (сменой) технологий, нарастающими темпами строительства новых объектов различного назначения.

За рубежом подобных публикаций достаточно много, издаются они под типовым названием “Проектирование (дизайн) звуковых систем” (Sound system design), но зачастую применительно только к конкретной системе (заточены под конкретный бренд).

Материалы статьи обобщают многолетний практический опыт и содержат большое количество примеров построения систем оповещения на базе существующего сертифицированного оборудования. В примеры включено оборудование самого широкого применения средней и низкой ценовой категории.

Для удобства восприятия пособие разбито на 7 глав.

В первой главе рассмотрены основные этапы проектирования систем оповещения (систем оповещения и управления эвакуацией СОУЭ 3-5 типов).

Во второй главе рассмотрены особенности электроакустического расчета, определение звукового давления в расчетных точках, включен теоретический материал, даны рисунки и алгоритмы расчета.

Третья глава посвящена звуковым оповещателям (громкоговорителям), их конструктивным особенностям, способам подключения, даны определения характеристик.

В четвертой главе рассмотрены вопросы, связанные с выбором и установкой громкоговорителей, оценкой эффективной площади озвучиваемой настенными и потолочными громкоговорителями, расчету их количества, даны рисунки, примеры и алгоритмы расчета.

В пятой главе рассмотрены особенности построения систем оповещения, приведены примеры, структурные схемы и способы решения наиболее актуальных задач.

В шестой главе уделено внимание вопросам обеспечения бесперебойного питания, расчетам времени резервирования СОУЭ, способам организации дежурного режима.

В седьмой главе дан материал для самостоятельного расчета сечения токопроводящей жилы и определения потерь в линиях.

1.

ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СОУЭ

1.1. Основные термины и определения, нормативные требования

Термины и определения

Система оповещения и управления эвакуацией людей (СОУЭ): Комплекс организационных мероприятий и технических средств, предназначенный для своевременного сообщения людям информации о возникновении пожара, необходимости эвакуироваться, путях и очередности эвакуации.

1. Автоматическое управление: приведение в действие системы оповещения и управления эвакуацией людей командным сигналом от автоматических установок пожарной сигнализации или пожаротушения.

2. Вариант организации эвакуации из каждой зоны пожарного оповещения: один из возможных сценариев движения людей к эвакуационным выходам, зависящий от места возникновения пожара, схемы распространения опасных факторов пожара, объемно-планировочных и конструктивных решений здания.

3. Зона пожарного оповещения: часть здания, где проводится одновременное и одинаковое по способу оповещение людей о пожаре.

4. Полуавтоматическое управление: приведение в действие системы оповещения и управления эвакуацией людей диспетчером (оператором) при получении командного сигнала от автоматических установок пожарной сигнализации или пожаротушения.

6. Соединительные линии: проводные и непроводные линии связи, обеспечивающие соединение между средствами пожарной автоматики.

7. Эвакуационные знаки пожарной безопасности: знаки пожарной безопасности, предназначенные для регулирования поведения людей при пожаре в целях обеспечения их безопасной эвакуации, в том числе световые пожарные оповещатели.

Нормативные требования

1. СОУЭ должна проектироваться в целях обеспечения безопасной эвакуации людей при пожаре.

2. Информация, передаваемая системами оповещения людей о пожаре и управления эвакуацией людей, должна соответствовать информации, содержащейся в разработанных и размещенных на каждом этаже зданий планах эвакуации людей.

3. СОУЭ должна включаться автоматически от командного сигнала, формируемого автоматической установкой пожарной сигнализации или пожаротушения, за исключением случаев, приведенных ниже.

Дистанционное, ручное и местное включение СОУЭ допускается использовать, если в соответствии с нормативными документами по пожарной безопасности для данного вида зданий не требуется оснащение автоматическими установками пожаротушения и (или) автоматической пожарной сигнализацией. При этом пусковые элементы должны быть выполнены и размещены в соответствии с требованиями, предъявляемыми к ручным пожарным извещателям.

В СОУЭ 3-5-го типов полуавтоматическое управление, а также ручное, дистанционное и местное включение допускается использовать только в отдельных зонах оповещения.

Выбор вида управления определяется проектировщиком в зависимости от функционального назначения, конструктивных и объемно-планировочных решений здания и исходя из условия обеспечения безопасной эвакуации людей при пожаре.

4. Кабели, провода СОУЭ и способы их прокладки должны обеспечивать работоспособность соединительных линий в условиях пожара в течение времени, необходимого для полной эвакуации людей в безопасную зону.

Радиоканальные соединительные линии, а также соединительные линии в СОУЭ с речевым оповещением должны быть обеспечены, кроме того, системой автоматического контроля их работоспособности.

5. Управление СОУЭ должно осуществляться из помещения пожарного поста, диспетчерской или другого специального помещения, отвечающего требованиям пожарной безопасности, предъявляемым к указанным помещениям.

1.2. Основные этапы проектирования систем оповещения

Основные этапы проектирования систем оповещения, представлены на рис. 1.1.

Оценка здания

В соответствии с нормативными документами, основными критериями для выбора типа СОУЭ (системы оповещения), являются: функциональное назначение защищаемого здания, количество постоянно или временно находящихся людей, категории по взрывопожарной и пожарной

опасности, конструктивные и объемно-планировочные решения – количество и площадь помещений, тип здания (секционного или коридорного, закрытого или открытого), количество этажей, особенности размещения помещений, дополнительные условия.

Подробные классификационные таблицы приводятся в нормативной документации.

Типы СОУЭ

В зависимости от способа оповещения, деления здания на зоны оповещения и других характеристик СОУЭ подразделяется на 5 типов приведенных в нормативной документации.

Отличительными признаками является способ формирования сигналов оповещения, структура формирования зон оповещения, наличие обратной связи зон с помещением пожарного поста, возможности управления эвакуацией.

Основные характеристики СОУЭ 3-5 типов:

1) В СОУЭ 3-5-го типов в отдельных зонах оповещения допускается использовать полуавтоматическое, ручное, дистанционное и местное включение и управление.

2) СОУЭ должна включаться автоматически от командного сигнала, формируемого автоматической установкой пожарной сигнализации или пожаротушения, блокируя при этом менее важные функции, система должна быть приоритетной.

3) СОУЭ должна быть многозонной.

4) В СОУЭ должна быть обеспечена обратная связь зон пожарного оповещения с помещением пожарного поста-диспетчерской.

5) СОУЭ должна иметь возможность реализации нескольких вариантов организации эвакуации из каждой зоны оповещения.

6) Управление СОУЭ должно осуществляться из помещения пожарного поста, диспетчерской или другого специального помещения, отвечающего требованиям пожарной безопасности, предъявляемым к указанным помещениям.

Обязательными для выполнения являются:

- Для III типа – пп. 1,2,3.
- Для IV типа – пп. 1,2,3,4,5.
- Для V типа – пп. 1,2,3,4,5,6.

При окончательном определении типа СОУЭ, не следует исключать и перспектив, при которых может понадобиться реализация более высокого типа.

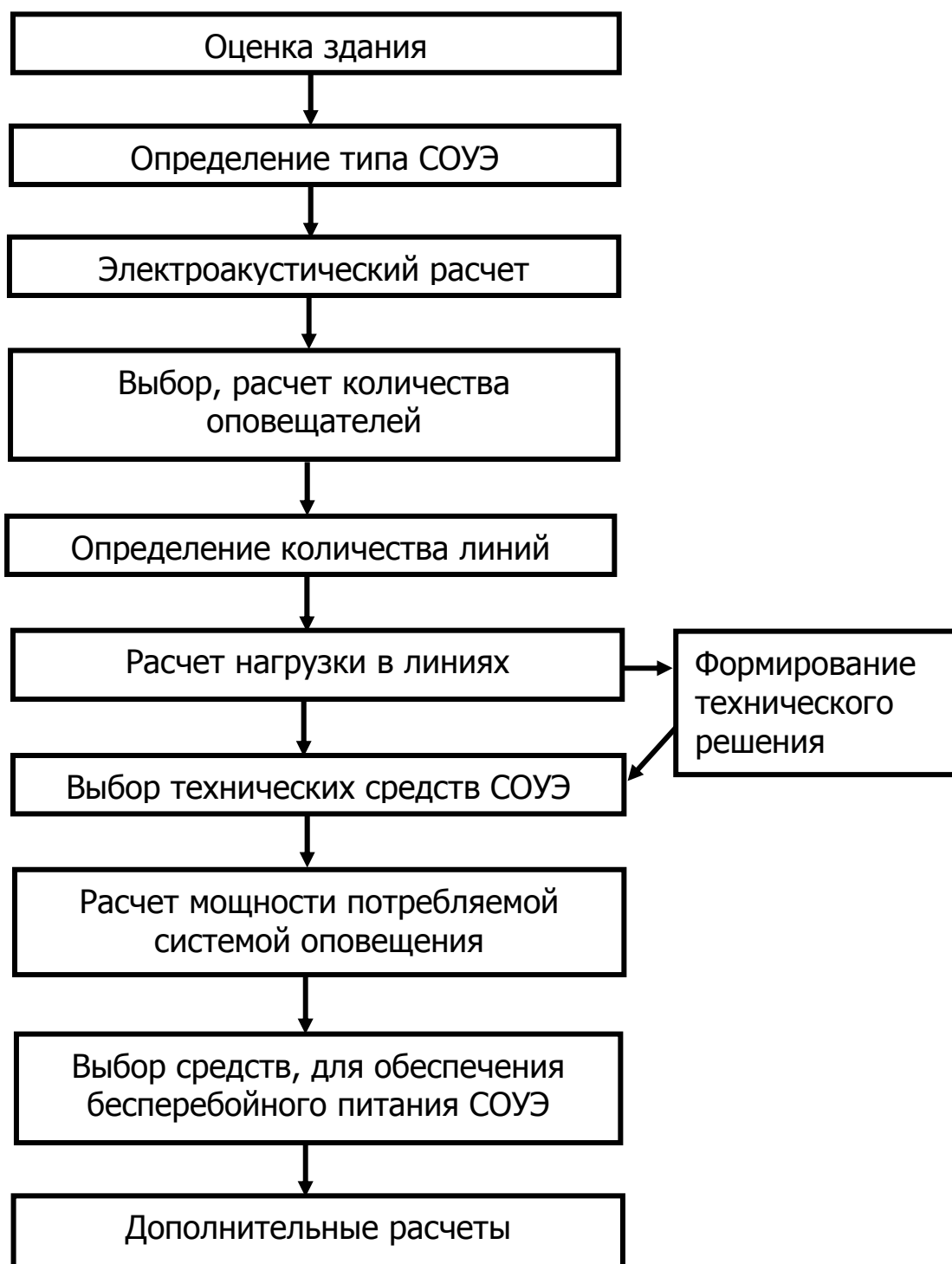


Рис. 1.1 Основные этапы проектирования систем оповещения

Электроакустический расчет

Электроакустический расчет позволяет определить необходимый уровень звука в расчетных точках, оценить эффективную площадь озвучиваемую речевыми оповещателями (громкоговорителями), рассчитать их количество, осуществить выбор и расстановку.

Требования пожарной безопасности к звуковому и речевому оповещению и управлению эвакуацией людей

1. Звуковые сигналы СОУЭ должны обеспечивать общий уровень звука (уровень звука постоянного шума вместе со всеми сигналами, производимыми оповещателями) не менее 75 дБА на расстоянии 3 м от оповещателя, но не более 120 дБА в любой точке защищаемого помещения.

2. Звуковые сигналы СОУЭ должны обеспечивать уровень звука не менее чем на 15 дБА выше допустимого уровня звука постоянного шума в защищаемом помещении. Измерение уровня звука должно проводиться на расстоянии 1,5 м от уровня пола.

3. В спальнях помещениях звуковые сигналы СОУЭ должны иметь уровень звука не менее чем на 15 дБА выше уровня звука постоянного шума в защищаемом помещении, но не менее 70 дБА. Измерения должны проводиться на уровне головы спящего человека.

4. Настенные звуковые и речевые оповещатели должны располагаться таким образом, чтобы их верхняя часть была на расстоянии не менее 2,3 м от уровня пола, но расстояние от потолка до верхней части оповещателя должно быть не менее 150 мм.

5. В защищаемых помещениях, где люди находятся в шумозащитном снаряжении, а также в защищаемых помещениях с уровнем звука шума более 95 дБА, звуковые оповещатели должны комбинироваться со световыми оповещателями. Допускается использование световых мигающих оповещателей.

6. Речевые оповещатели должны воспроизводить нормально слышимые частоты в диапазоне от 200 до 5000 Гц. Уровень звука информации от речевых оповещателей должен соответствовать нормам настоящего свода правил применительно к звуковым пожарным оповещателям.

7. Установка громкоговорителей и других речевых оповещателей в защищаемых помещениях должна исключать концентрацию и неравномерное распределение отраженного звука.

8. Количество звуковых и речевых пожарных оповещателей, их расстановка и мощность должны обеспечивать уровень звука во всех местах постоянного или временного пребывания людей в соответствии с нормами настоящего свода правил.

Особенности электроакустического расчета, выбора и расстановки оповещателей, будут рассмотрены в следующей главе.

Расчет нагрузки в линиях

Мощность нагрузки линии ($P_{ли}$), складывается из электрических мощностей всех оповещателей включенных в данную линию:

$$P_{ли} = \sum_i P_{опi} \quad (1.1)$$

где $P_{опi}$ – мощность i -го оповещателя в линии ($ли$), Вт;

i – пробегает значение от 1 до n , где n – количество оповещателей.

Суммарная мощность всех линий ($P_{сум}$), складывается из мощностей каждой отдельной линии ($P_{ли}$):

$$P_{сум} = \sum_i P_{ли} \quad (1.2)$$

где $P_{ли}$ – суммарная (ожидаемая) мощность нагрузки i -й линии, Вт;

i – пробегает значение от 1 до n , где n количество линий.

ПРИМЕЧАНИЕ: Для повышения надежности системы оповещения, усилители должны иметь запас по выходной мощности не менее 20...30%, а коммутаторы, селекторы, релейные модули соответствующий запас по коммутируемой мощности.

Формирование технического решения для выбора технических средств СОУЭ

В условиях современного рынка, при большом разнообразии систем и необходимости решения различных (порой нестандартных) задач, подбор и оптимизацию системы оповещения целесообразно проводить совместно с техническими службами поставщика оборудования. На этом этапе необходимо максимально учесть требования Технического Задания Заказчика. Важно, не выходя за рамки нормативно технических требований, предусмотреть перспективы развития объекта, налагающие дополнительные требования к проектируемой системе.

1.3 Общие сведения о СОУЭ

Система оповещения и управления эвакуацией людей (СОУЭ): Комплекс организационных мероприятий и технических средств, предназначенный для своевременного сообщения людям информации о возникновении пожара, необходимости эвакуироваться, путях и очередности эвакуации.

Фрагмент классификации СОУЭ

На рис. 1.2 изображен фрагмент возможной классификации СОУЭ. В данном фрагменте представлены элементы, наиболее важные для дальнейшего изложения.

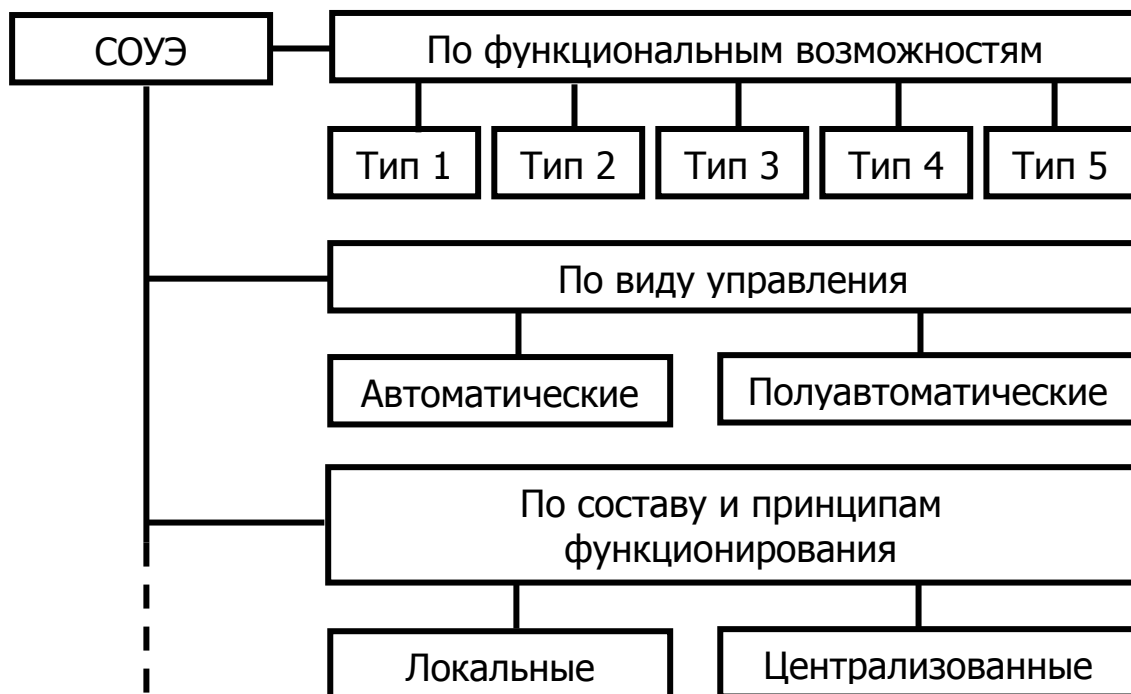


Рис. 1.2 Фрагмент классификации СОУЭ

В зависимости от способа оповещения, деления здания на зоны оповещения и других характеристик СОУЭ подразделяется на 5 типов, описание которых приводится в нормативной документации.

В зависимости от вида управления, различают СОУЭ с автоматическим и полуавтоматическим управлением.

Автоматическое управление подразумевает приведение в действие СОУЭ командным импульсом от автоматических установок пожарной сигнализации или пожаротушения.

Полуавтоматическое управление осуществляется диспетчером при получении информации от указанных установок.

Полуавтоматическое управление, а также ручное, дистанционное и местное включение допускается использовать только в отдельных зонах оповещения.

Выбор вида управления определяется проектировщиком в зависимости от функционального назначения, конструктивных и объемно-планировочных решений здания и исходя из условия обеспечения безопасной эвакуации людей при пожаре, что позволяет оперативно управлять эвакуацией.

По составу и принципу функционирования СОУЭ подразделяют на локальные и централизованные. Локальные СОУЭ представляют собой совокупность средств оповещения, которые при поступлении команды управления передают сигналы оповещения в заданные зоны, в автоматическом режиме. Централизованные системы оповещения, имеют центральный блок управления и могут работать как в автоматическом, так и в полуавтоматическом режиме (для СОУЭ 3-5-го типов).

Кроме того, СОУЭ иногда классифицируют по максимальному количеству зон, по способу реализации (аналоговые, цифровые) и управлению.

В последнее время прижился такой термин как распределенные СОУЭ. Под распределенными СОУЭ понимаются системы, которые по способу функционирования являются централизованными, но отличаются возможностями размещения узлов системы (периферийные блоки). Эти системы эффективно работают на больших (распределенных) территориях. Примеры таких реализаций будут рассматриваться в 4 главе.

Классификация технических средств СОУЭ

Технические средства можно классифицировать (рис. 1.3) по назначению и по области применения. По назначению средства делятся на основные и дополнительные. К основным средствам относятся:

Оповещатели – исполнительные устройства, предназначенные для окончательного формирования и воспроизведения служебной или экстренной информации, характер которой определяется типом СОУЭ (рассматриваются в 3 главе).

Блоки управления – технические устройства, служащие для гарантированного обеспечения передачи сигналов оповещения.

Эвакуационные знаки пожарной безопасности – знаки пожарной безопасности, предназначенные для регулирования поведения людей при по-

жаре в целях обеспечения их безопасной эвакуации, в том числе световые пожарные оповещатели.

К дополнительным средствам относятся: блоки питания, источники сигнала, усилители (рассматриваются в следующих главах) и др.

По области и условиям применения различают средства оповещения устанавливаемые: на улице, в помещениях отапливаемых и не отапливаемых, взрывоопасных, с повышенной влажностью и температурой, запыленных.



Рис. 1.3 Классификация технических средств СОУЭ

1.4 Расчет мощности потребляемой системой оповещения

Расчет суммарной мощности потребляемой системой оповещения, осуществляется после утверждения спецификации и необходим для определения электрических параметров (мощностей блоков питания), расчета времени резервирования и параметров аккумуляторных батарей (АКБ), выбора дополнительного оборудования.

Для расчета мощности потребляемой системой оповещения, необходимо привести данные по потреблению каждого блока входящего в состав системы (отвечающего за реализацию дежурного и тревожного режима) к единой системе измерений.

В этом случае мощность, потребляемая системой оповещения, складывается из мощностей, потребляемых каждым блоком:

$$P_{\text{потр}} = \sum_i P_i \quad (1.3)$$

где P_i – мощность потребления i -го блока, Вт;

i – пробегает значение от 1 до n , где n – количество блоков.

Для приборов, питающихся от 24 В, в качестве параметров может указываться как ток потребления, так и мощность, поэтому для правильного выбора аккумуляторов необходимо привести данные по потреблению каждого блока к единой системе измерений. Зная потребление по мощности, можно получить значение потребления прибора по току:

$$J_{\text{потр } i} = \sum_i P_i / 24 \quad (1.4)$$

где $J_{\text{потр } i}$ – ток потребления i -го блока, Вт,

P_i – мощность потребления i -го блока, Вт.

В этом случае суммарный ток, потребляемый системой, складывается из токов, потребляемых каждым блоком:

$$J_{\text{потр}} = \sum_i J_{\text{потр } i} \quad (1.5)$$

1.5. Электропитание технических средств СОУЭ

По степени надежности электропитания СОУЭ относится к потребителям первой категории, обеспечивается электроэнергией от двух независимых источников по двум линиям, проложенным по разным трассам, с устройством автоматического ввода резерва (АВР). Независимо от наличия АВР, СОУЭ нуждается в дополнительном резервировании (блоке бесперебойного питания). При наличии АВР питание резервируется на время ввода второго источника (срабатывания АВР), при отсутствии АВР на время указанное в нормативной документации, которое и нужно уметь рассчитывать.

Нормативные требования

1. Резервное электропитание технических средств оповещения должно осуществляться:

- от второго независимого ввода сети переменного тока;
- от источника питания постоянного тока;
- автономным электроагрегатом переменного тока.

Примечание. В качестве резервного источника постоянного тока могут быть использованы сухие гальванические элементы или аккумуляторные батареи.

2. Время работы технических средств оповещения от резервного источника постоянного тока в дежурном режиме должно быть не менее 24 часов.

3. Время работы технических средств оповещения от резервного источника постоянного тока в тревожном режиме должно быть не менее 1 часа (допускается 1,3 Т эвакуации).

Не всегда имеется возможность обеспечить независимый ввод сети переменного тока. На этот случай приведем более подробные рекомендации.

4. При невозможности по местным условиям осуществлять питание СОУЭ от двух независимых источников допускается организовать питание от одного источника: от разных трансформаторов, двухтрансформаторной или двух однострансформаторных подстанций, подключенных к разным питающим линиям, проложенным по разным трассам, с устройством АВР на стороне низкого напряжения.

5. При отсутствии в системе электроснабжения здания источников питания, оговоренных в пунктах 1...3, для резервного питания СОУЭ используются аккумуляторные батареи на напряжение, указанное в технических условиях. При этом устройства СОУЭ в нормальном режиме подключаются через понижающие трансформаторы соответствующего напряжения.

Аккумуляторные батареи находятся на постоянной подзарядке от основного ввода питания.

2.

**ОСОБЕННОСТИ
ЭЛЕКТРО-
АКУСТИЧЕСКОГО
РАСЧЕТА**

2.1. Основные термины и определения

Система оповещения и управления эвакуацией (СОУЭ) – комплекс организационных мероприятий и технических средств, предназначенный для своевременного сообщения людям информации о возникновении пожара, необходимости эвакуироваться, путях и очередности эвакуации.

Оповещатель пожарный – техническое средство, предназначенное для оповещения людей о пожаре посредством подачи светового, звукового или речевого сигнала.

Звуковые оповещатели – представители более широкого класса устройств, имеющего название пожарные оповещатели, служат для преобразования электрического звукового сигнала на входе, в акустический звуковой сигнал на выходе.

Громкоговоритель – звуковой оповещатель. Данный термин чаще используется на практике, характерен для систем звукового обеспечения СЗО (далее мы будем использовать термин громкоговоритель).

Звук – разновидность кинетической энергии, которая называется «акустической» и представляет собой пульсацию давления, возникающую в физической среде при прохождении звуковой волны.

Интенсивность звука – сила звука, средняя по времени энергия, переносимая звуковой волной через единичную площадку, перпендикулярную к направлению распространения волны в единицу времени.

Громкость звука – величина слухового ощущения, зависящая от интенсивности звука и его частоты. При неизменной частоте громкость звука растет с увеличением интенсивности. При одинаковой интенсивности наибольшей громкостью обладают звуки в диапазоне частот 700-6000 Гц. Нулевой уровень громкости звука соответствует звуковому давлению 20 мкПа и силе звука 10^{-12} Вт/м² при частоте 1 кГц.

Звуковое давление – звуковая энергия, которая попадает на единицу площади, расположенную в заданном направлении от источника звука и удаленную от него на определенное расстояние (как правило, на 1 м). Звуковое давление измеряется в паскалях (Па).

Децибел – логарифмическая единица уровней, затуханий и усилений, безразмерная относительная характеристика, позволяющая сравнивать между собой нужные величины:

Величина в децибелах = 10 lg (Вычисляемое величина / Опорная (базисная) величина)

Децибелы используются в качестве характеристики, определяющей уровень звукового давления, чаще применяются на практике из-за большего удобства. Считается, что человек слышит в диапазоне 0 – 120дБ ($20 - 20 \times 10^6$ мкПа).

Уровень звукового давления (англ. *SPL*, Sound Pressure Level) — значение звукового давления, измеренное по относительной шкале, отнесённое к опорному давлению $P_{spl} = 20$ мкПа, соответствующему порогу слышимости синусоидальной звуковой волны частотой 1 кГц: *SPL* — измеряется в децибелах, дБ.

Чувствительность громкоговорителя — звуковое давление, громкоговорителя измеренное при номинальной мощности 1Вт, на расстоянии 1м (в дБ).

Динамический диапазон — разность между минимальными и максимальными величинами.

Ширина диаграммы направленности громкоговорителя (*ШДН*, Град.) — значение угла раскрыва, при котором сохраняются основные характеристики громкоговорителя.

Реверберация — процесс постепенного уменьшения интенсивности звука при его многократных отражениях.

Время реверберации — это время, необходимое для уменьшения звука на 60 дБ, начиная с момента, в который звуковой источник прерывает излучение первоначального звука.

2.2. Общие положения

Этапы электроакустического преобразования

На рис. 2.1 изображены основные этапы электроакустического преобразования и передачи энергии от получателя к потребителю.

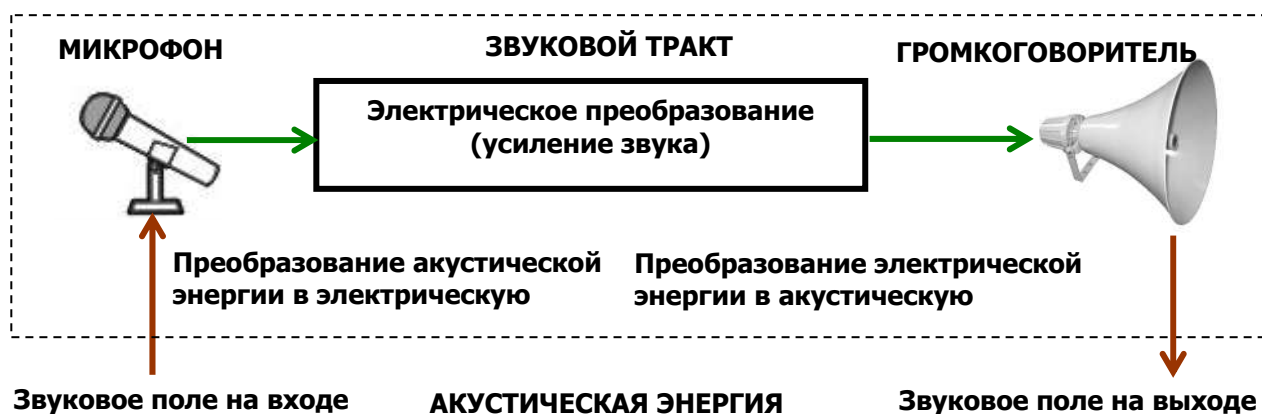


Рис. 2.1 Этапы электроакустического преобразования.

Звук, проходя от источника (микрофона) до получателя (громкоговорителя), претерпевает 3 вида преобразований:

- 1) Акустико-электрическое преобразование;
- 2) Электрическое преобразование (усиление);
- 3) Электроакустическое преобразование.

Входными данными для электроакустического расчета является результат всего преобразования – величина акустической энергии на выходе громкоговорителя (громкость звука).

Более подробно элементы данной цепи, будут рассматриваться в следующих главах.

Элементарные сведения о звуке

В звуке можно выделить следующие определяющие элементы: высота (высокий / низкий), интенсивность (слабый / сильный), тембр (мягкий, ясный и т.д.). Тембр, определяемый гармониками, формирует слуховые ощущения, то есть, позволяет отличать один музыкальный инструмент или голос от другого. Скорость, с которой распространяется звук, строго связана с характером (природой) упругих сред. Далее мы будем рассматривать прохождение звука только через воздух. Скорость звука в воздухе составляет примерно 340 м/с и меняется с изменением температуры. Для расчета скорости звука при различных температурах, используется следующая формула:

$$V = 20,06 \sqrt{273 + t} \text{ м/с}$$

где V – скорость звука в м/с;

t – температура воздуха в градусах Цельсия.

Если частота звуковых колебаний находится между 20 и 20000 раз в секунду (Гц), то данные вибрации производят у человека слуховое ощущение. Считается, что человек слышит звуки в диапазоне частот от 16 Гц до 20 кГц, но практически слышимый диапазон находится в пределах от 100 Гц до 10 кГц (низкий мужской голос 400Гц, женское сопрано 9 кГц).

Отношение скорости звука к его частоте есть расстояние, пройденное звуковой волной за один период, по другому называется длиной звуковой волны:

$$\lambda = V / f \tag{2.1}$$

где λ - длина волны, м;

V – скорость звука, м/с;

f – частота, Гц.

На рис. 2.2 дано графическое представление волнового колебательно-го процесса.

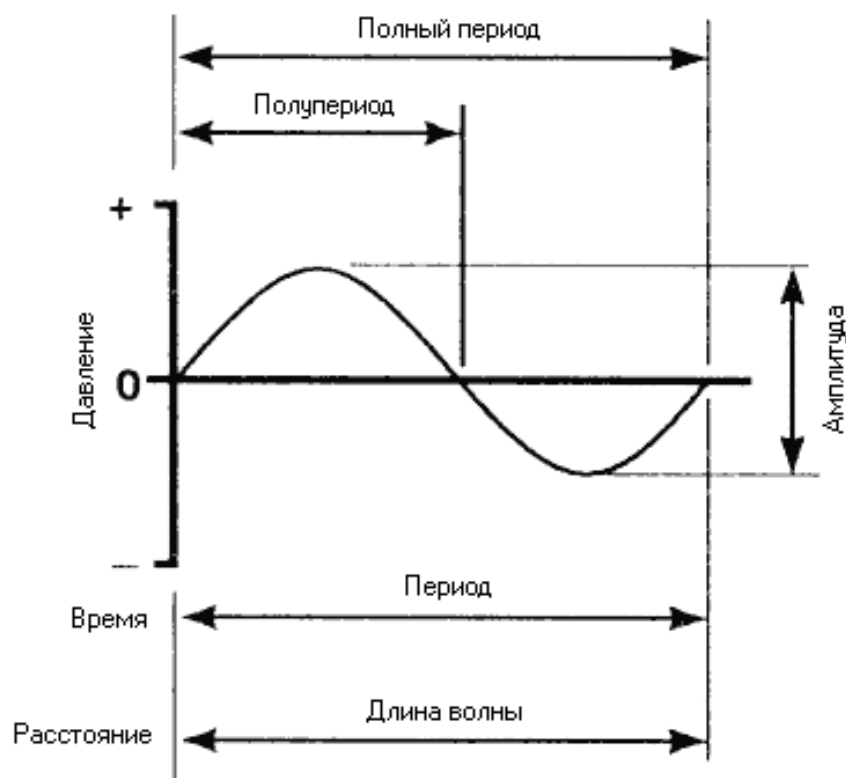


Рис. 2.2 Графическое представление волнового колебательно-го процесса

Полный период колебания волны (звукового давления) состоит из полупериода сжатия (повышения давления) и последующего полупериода разрежения молекул воздуха (понижения давления). Звуки с большей амплитудой (громкие) вызывают более сильное сжатие и разрежение молекул воздуха, чем звуки с меньшей амплитудой (тихие).

В зависимости от контекста существует множество различных определений звука:

Звук – это упругие волны, продольно распространяющиеся в среде и создающие в ней механические колебания.

Чтобы понять, как распространяются данные волны, дополним это определение:

Звук – это процесс последовательной передачи колебательного состояния в упругой среде.

В современной физике утвердился взгляд, при котором многие процессы отождествляют с энергией.

Звук – это разновидность кинетической энергии, которая называется «акустической» и представляет собой пульсацию давления, возникающую в физической среде при прохождении звуковой волны.

Звук распространяется по волновым законам, следовательно, к нему применимы такие общие физические понятия, как интерференция и дифракция. Результатом интерференции может быть как усиление, так и уменьшение уровня звука, например, при сложении одного и того же сигнала, но с различной фазировкой.

При расчете параметров звукового поля на открытых пространствах следует учитывать множество различных факторов, например, влажность, ветер, температуру, например, при высокой температуре звук распространяется вверх, а при низкой температуре – вниз.

Частотный и динамический диапазоны

На рис. 2.3 приведены частотные и динамические диапазоны различных звуковых источников. Из рисунка видно, что динамический диапазон человеческой речи лежит в пределах от 30 до 100 дБ. Уровень 30 дБ соответствует тихому разговору, 100 дБ сильному крику.

Под порогом слышимости будем понимать минимальные значения звукового давления, при которых звук еще воспринимается человеком. Считается, что человек слышит сигналы от 1 до 130 дБ. Уровень 1 дБ называется порогом слышимости *AUX* (от англ. auxiliary). 130 дБ – это болевой порог.

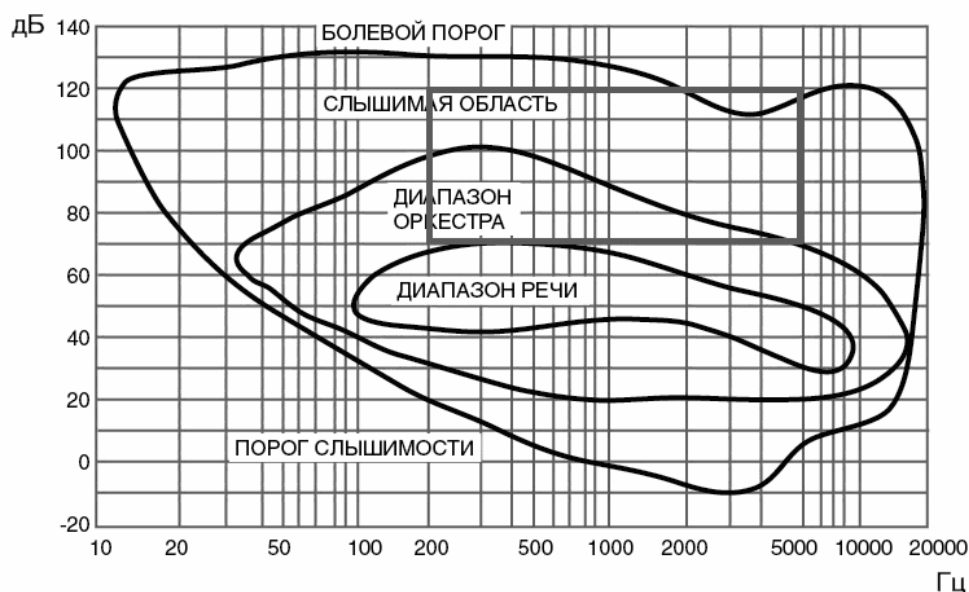


Рис. 2.3 Частотный и динамический диапазоны различных звуковых источников

Согласно нормативам громкоговорители должны воспроизводить нормально слышимые частоты в диапазоне от 200 до 5000 Гц.

Звуковые сигналы СОУЭ должны обеспечивать общий уровень звука (уровень звука постоянного шума вместе со всеми сигналами, производимыми оповещателями) не менее 75 дБА на расстоянии 3 м от оповещателя, но не более 120 дБА в любой точке защищаемого помещения.

Выбранная ширина динамического диапазона имеет обоснование. Она определена особенностями человеческого восприятия (данные вопросы изучаются в акустике). Нижний порог громкости (~75дБ), обеспечивает необходимую разборчивость на фоне среднестатистического уровня шума, верхний порог (120дБ) – очень громкий, дискомфортный звук, превышение которого может привести к болевым ощущениям и провоцированию паники.

Уровень шума

Одним из наиболее важных параметров при расчете уровня звукового давления является уровень шума. Установлено, что человек способен (слышать) улавливать звуки с уровнем 1дБ (20мкПа, 10-12 Вт/м²), который называется порогом слышимости *AUX*. Но это возможно только при хорошем слухе и в отсутствии шума. Так как в реальных условиях, шум всегда присутствует, то различить полезную (звуковую) информацию на фоне шума можно при условии, что уровень звука превышает уровень шума, как минимум на 3 дБ (в 2 раза). Для хорошей разборчивости данная разница должна составлять минимум 6дБ (в 4 раза). В нормативной же документации данный запас составляет 15дБ.

Звуковые сигналы СОУЭ должны обеспечивать уровень звука не менее чем на 15 дБА выше допустимого уровня звука постоянного шума в защищаемом помещении. Измерение уровня звука должно проводиться на расстоянии 1,5 м от уровня пола.

Для простых случаев уровень шума определяется из таблиц или диаграмм рис. 2.4. Для точных расчетов (при проектировании) используются регламентированные значения шумов (см. Приложение 1). В наиболее сложных случаях, следует пользоваться измерительным прибором (шумомером).

Не следует забывать, что уровень шума (например, в супермаркете), может существенно зависеть от времени суток. Для расчетов следует использовать усредненное значение.

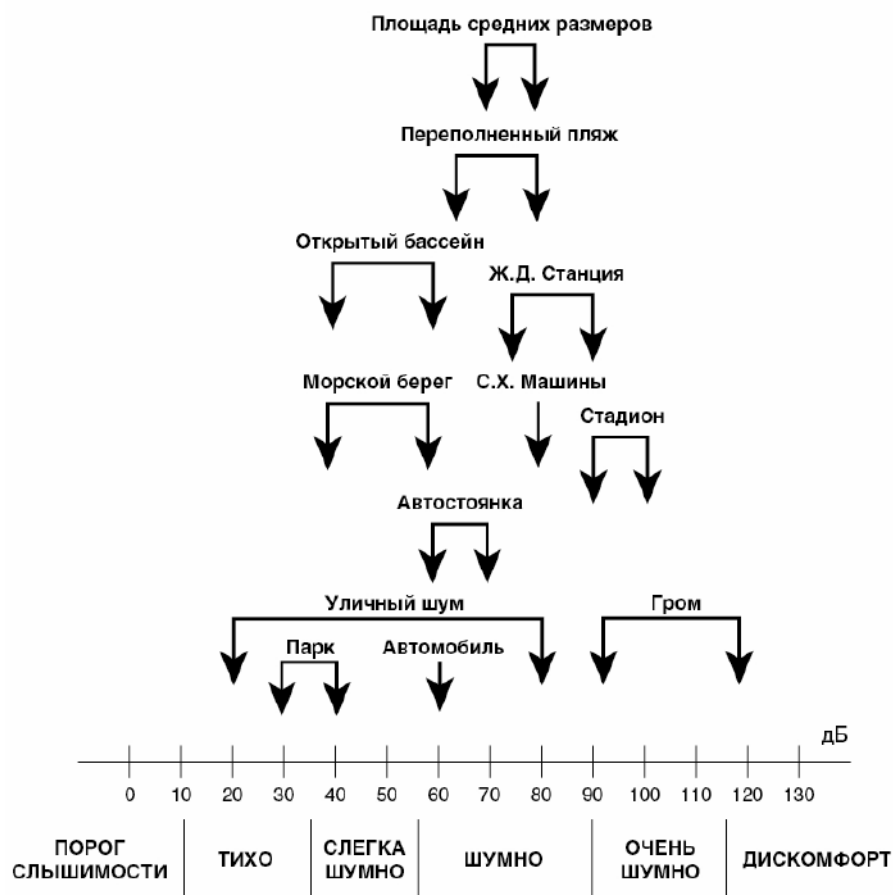


Рис. 2.4 Уровни шума для различных пространств.

Эквивалентный (по энергии) уровень звука, дБ, непостоянного шума - уровень звука постоянного широкополосного шума, который имеет такое же среднеквадратичное звуковое давление, что и данный непостоянный шум в течение определенного интервала времени.

Анализ окружающей среды

Окружающая среда, в которой функционирует СОУЭ, должна рассматриваться как компонент системы. Тщательный анализ этой среды, является определяющим фактором в выборе элементов формируемой цепи. Для анализа окружающей среды наиболее часто используются два инструмента: измеритель уровня звука, которым оценивается окружающий уровень шума, и измеритель нелинейности, который показывает уровень искажения и деградации, которой подвергнут звуковой сигнал. Последний имеет передатчик и приемник, работающие с шифрованными сигналами (RASTI метод) для обеспечения величины разборчивости за несколько секунд с учетом реверберации окружающей среды. Данная величина характеризуется "индексом раз-

борчивости" (между 0 и 1). Для объектов, специфика которых не критична с точки зрения акустики (торговые центры, офисы, дома) необходимость в применении более сложных измерителях отсутствует.

2.3 Реверберация

В акустике присутствует множество различных факторов, которые необходимо учитывать при выборе и расстановке громкоговорителей. Одним из таких факторов является реверберация.

Звук в закрытых или открытых пространствах распространяется по разному. Стены комнаты отражают звуковые волны, тогда как на открытой площадке волны проходят практически без столкновений с какими-либо препятствиями. В закрытом пространстве за счет отражений уровень звука выше. В открытом пространстве звук распространяется практически по прямой. Прямой звук идентичен оригиналу по качеству и форме. Отраженный звук, наоборот, сильно зависит от отражающей способности места.

Отраженный звук, после неопределенного числа отражений, достигает слушателя со всех сторон, и слушатель не может точно установить точку его происхождения. Распространение звука в этом случае происходит через первичные и вторичные отражения исходного звука от горизонтальных и вертикальных поверхностей помещения. Уровень отражения в большой степени зависит от характера стен, типа материала, из которого они сделаны, их гладкости, поглощающих свойств и изменения поглощения на различных частотах. Мебель также может играть решающую роль в распространении звука – в зависимости от ее расстановки и поглощающей способности. Слушателю приходится воспринимать как прямой, так и отраженный звук. Время, с момента, в который звуковой источник прекращает излучать до момента, в который звук больше не воспринимается, определяется как время реверберации.

Вышеописанные взаимозависимые характеристики и условия определяют время реверберации (см. табл. 2.1).

Замечено, что любая среда характеризуется собственной "музыкальной окраской", связанной с распространением отраженных звуков и временем реверберации, которое и характеризует эту среду. Единственной переменной в уже существующей структуре остается мебель. Наилучшие результаты могут быть получены, когда принимается во внимание конструкция мебели, материал, из которого она сделана и ее расстановка в помещении.

Таблица 2.1

Зависимость времени реверберации от различных условий

Действие	Время реверберации, сек	Типичная среда
Только голос	0,6 – 1,2	Залы заседаний, залы суда, аудитории, лекционные залы
Профессиональный аккомпанемент	1,0 – 1,4	Театры, музыкальная комедия, музыкальное сопровождение
Воспроизводимый звук	0,8 – 1,2	Кинотеатры
Многоцелевое использование	1,0 – 1,5	Классные комнаты, публичные залы, многоцелевые места встреч
Опера	1,0 – 1,6	Здания оперы
Только инструменты	1,2 – 1,6	Салоны, камерная музыка
Оркестровая музыка	1,6 – 2,2	Большие концертные залы
Органная и хоровая музыка	2,0 – 4,0	Большие концертные залы, церкви, соборы
Радио переговоры	0,6 – 1,2	
Радио и телестудии	0,25	Кабина диктора, комнаты для записи (управляемые звуком)
Радио театр	0,1	
Транслируемая музыка	0,9	Небольшая студия
Транслируемая музыка	2,0	Большая студия
Телевидение	0,7	

Реверберация – это явление, которое возникает, когда слышен не прямой звук от источника, а отраженный от встречающихся на пути звуковой волны препятствий или помех различного характера.

Для предотвращения нежелательного воздействия отраженного звука на прямой необходимо, чтобы последний, при задержке более чем на 50 мс, достигал слушателя уменьшенным не более чем на 10 дБ. Время реверберации пропорционально объему окружающего пространства и обратно пропорционально суммарному поглощению поверхностей, составляющих ее. Отраженный звук, который достигает уха слушателя через 40-50 мс после прямого, расценивается как усиление, окраска первоначального звука. Отраженные звуки, которые доходят с задержкой 50-80 мс, наоборот, искажают первоначальный сигнал и могут стать причиной потери разборчивости.

Отраженный звук с задержкой более 80 мс производит эхо – явление, также изменяющее разборчивость первичного звука. Посмотрим, какое практическое применение могут иметь приведенные цифры.

На рис. 2.5 изображена ситуация, в которой звук к слушателю поступает от 2-х громкоговорителей, находящихся от него на разном расстоянии, при этом, очевидно, что звук от этих громкоговорителей к слушателю придет с некоторой задержкой.

Обозначим буквой T – время задержки между прямым и отраженным звуковым сигналом. Величина T зависит от скорости звука V и расстояния. Из формулы 2.1 следует:

$$T = |L_1 - L_2| / V \quad (2.2)$$

где L_1 – расстояние от слушателя до громкоговорителя 1;

L_2 – расстояние от слушателя до громкоговорителя 2;

V – скорость распространения звука в воздухе (340м/с).

Заметим, что разность величин L_1 и L_2 , берется по абсолютному значению, что позволяет не обращать внимание на то, какой из громкоговорителей ближе, а какой дальше.

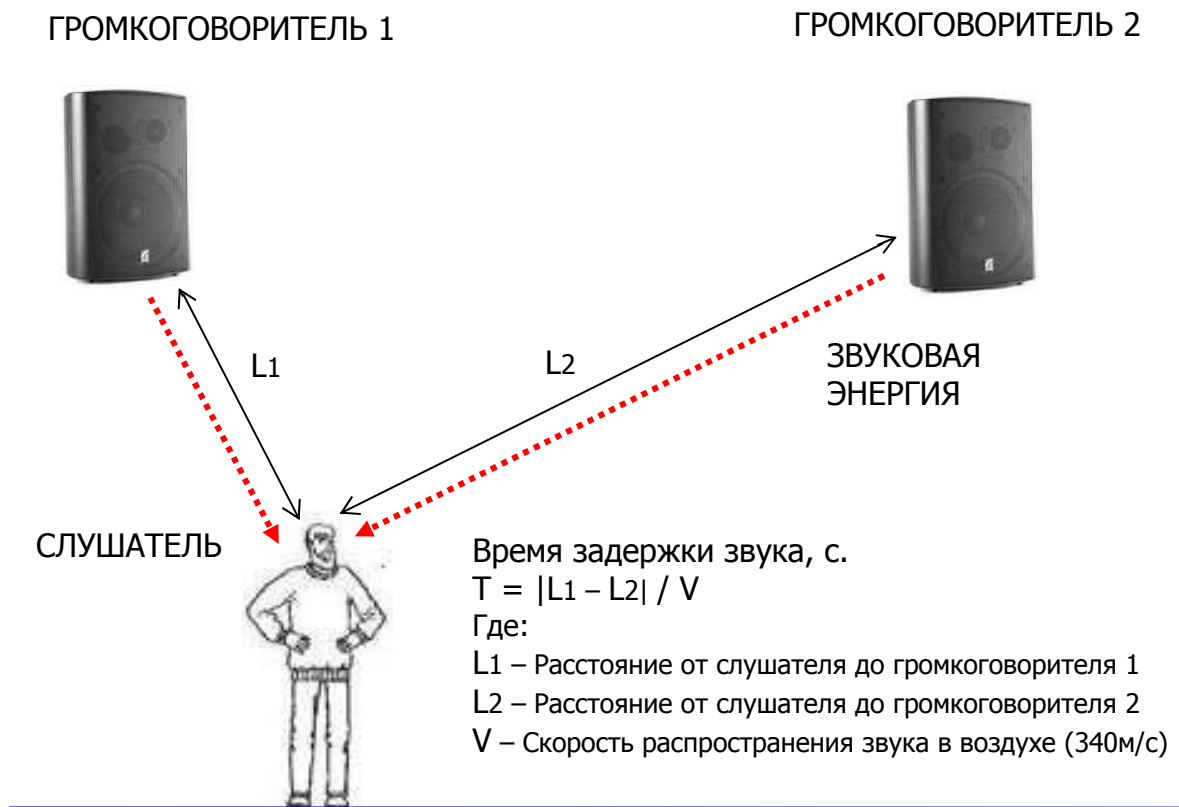


Рис. 2.5 Расчет времени задержки от 2-х громкоговорителей

Задача: Рассчитаем разность расстояний: $L = |L_1 - L_2|$, при которой звук от дальнего громкоговорителя запаздывает относительно ближнего громкоговорителя на время $T = 80$ мс.

Из формулы 2.2 находим: $T = L / V$, $L = T \times V = 0,08 \times 340 = 27$ м. Данную разность, можно считать критической.

Для минимизации уровня отраженного звука, необходимо ограничивать рассеивание и направление звуковой энергии к горизонтальным и вертикальным поверхностям. Этого можно достигнуть, используя узконаправленные громкоговорители.

2.4 Расчет уровня звукового давления

Общие сведения о звуковом давлении

Звуковое давление – звуковая энергия, которая попадает на единицу площади, расположенную в заданном направлении от источника звука и удаленную от него на определенное расстояние (как правило, на 1 м). Звуковое давление измеряется в паскалях (Па).

Уровень звукового давления (англ. *SPL*, Sound Pressure Level) — значение звукового давления, измеренное по относительной шкале, отнесенное к опорному давлению $P_{spl} = 20$ мкПа, соответствующему порогу слышимости синусоидальной звуковой волны частотой 1 кГц:

SPL – измеряется в децибелах, дБ. Децибелы, в отличие от паскалей, чаще применяются на практике из-за большего удобства. Считается, что человек слышит в диапазоне 0дБ - 120дБ (20-200000000 мкПа). В таблице 2.2 приведена зависимость между звуковым давлением в мкПа и уровнем звука в дБ.

Таблица 2.2

Пересчет паскалей в децибелы

Звуковое давление (мкПа)	Уровень звука (дБ)
20	0
60	10
200	20
600	30
2.000	40

Звуковое давление (мкПа)	Уровень звука (дБ)
6.000	50
20.000	60
60.000	70
200.000	80
600.000	90
2.000.000	100
6.000.000	110
20.000.000	120

Зависимость уровня звукового давления от подводимой мощности

Слух, как и другие человеческие ощущения, воспринимает воздействие по логарифмическому закону (см. рис. 2.6). Для того чтобы удвоить звуковое давление, не достаточно удваивать число источников звука (или электрическую мощность громкоговорителей), а необходимо удесятерять. Увеличение акустического давления может быть получено установкой нескольких громкоговорителей, расположенных близко друг к другу и ориентированных в одном направлении или при каждом удвоении мощности громкоговорителей, в любом случае, увеличение (или уменьшение) акустического давления будет ± 3 дБ (в дальнейшем мы сформируем более точное правило).

Для построения зависимости уровня звукового давления от подводимой мощности обратимся 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, называемое интенсивностью звука:

Интенсивность – это поток энергии в какой-либо точке среды в единицу времени, прошедший через единицу поверхности (1 м^2), являющейся нормалью к направлению распространения звуковой волны, измеряется в Вт/м². Интенсивность иначе называют силой звука.

Интенсивность определяет громкость звука, которую мы слышим. Мы не можем померить ее непосредственно (особенно в закрытых помещениях), поэтому на практике данную величину связывают с мощностью источника логарифмическим соотношением:

$$I = 10 \lg(J/J_0) \quad (2.3)$$

где I – уровень интенсивности звука, дБ;

J – интенсивность исследуемого звука, Вт/м²;

$J_0 = 10^{-12}$ (Вт/м²).

Слуховой аппарат и многие измерительные приборы чувствительны не к самой интенсивности звука, а к среднему квадрату звукового давления, поэтому на практике используется не интенсивность, а величина называемая уровень звукового давления (SPL), которую принято связывать с мощностью источника звука в Вт.

$$P \text{ дБ} = 10 \lg(P \text{ Вт} / P_{\text{оп}}) \quad (2.4)$$

где $P \text{ дБ}$ – зависимость уровня звукового давления, дБ, от мощности источника звука, Вт;

$P \text{ Вт}$ – мощность источника звука, Вт;

$P_{\text{оп}}$ – опорное значение мощности, Вт.

На практике значение $P_{\text{оп}}$ принимают равным 1 Вт, следовательно, формулу 2.4 можно переписать:

$$P \text{ дБ} = 10 \lg(P \text{ Вт}) \quad (2.5)$$

Данная формула очень актуальна и на техническом сленге называется “пересчет ватт в децибелы”.

Графически данная зависимость представлена на рис.2.6.

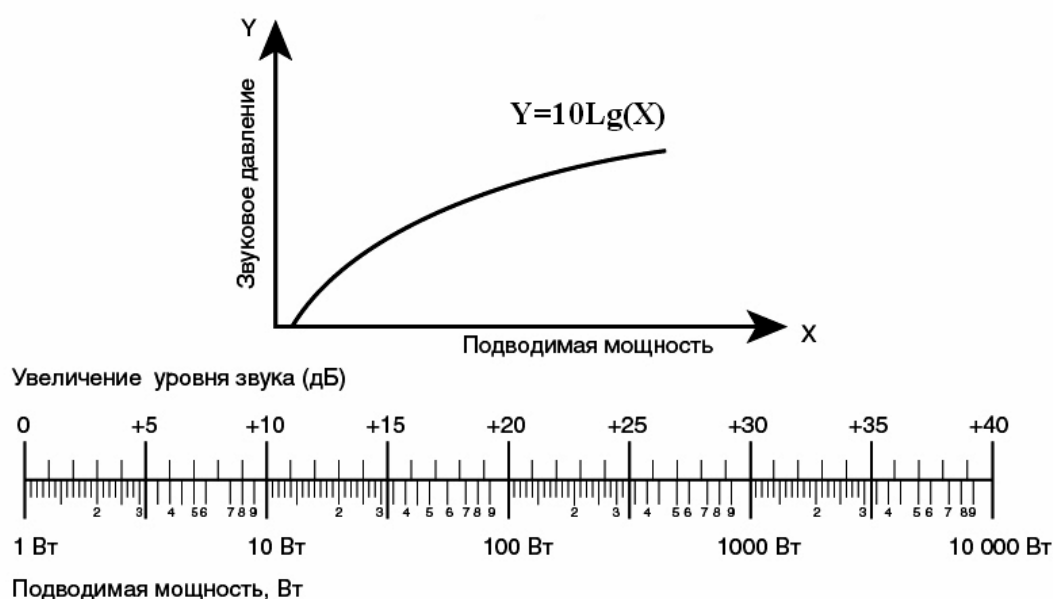


Рис. 2.6 Зависимость изменения звукового давления от мощности

Интерпретацию данной зависимости называют “правилом трех децибел”:

Каждое удвоение мощности источника звука (громкоговорителя), увеличивает его звуковое давление на 3дБ!

Зависимость звукового давления от расстояния

По мере удаления расчетной точки (слушателя) от звукового источника, звуковое давление в этой точке, уменьшается по логарифмическому закону. График зависимости звукового давления от расстояния изображен на рис. 2.7.

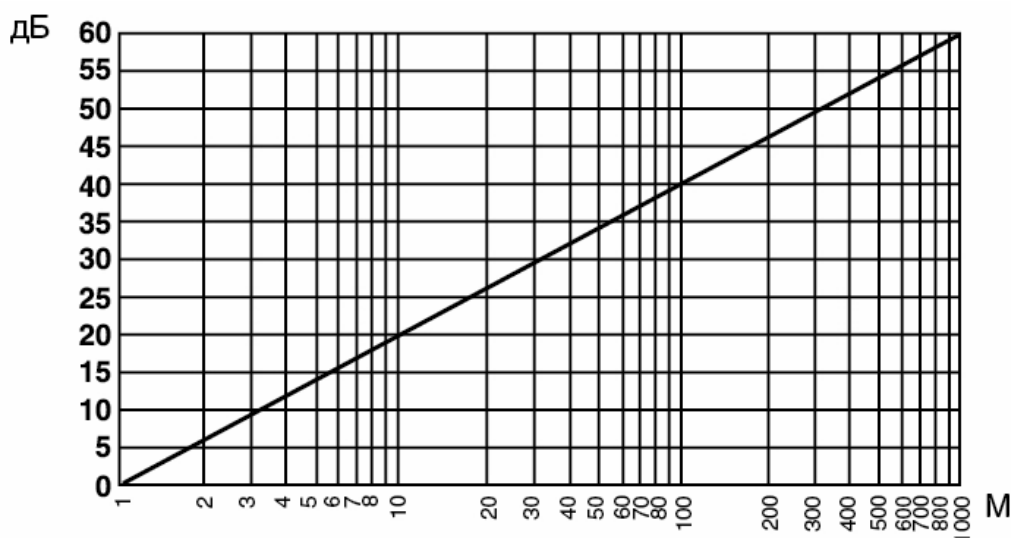


Рис. 2.7 Зависимость звукового давления от расстояния.

Запишем данную зависимость в виде формулы:

$$P = 20 \lg (L) \quad (2.6)$$

где P – звуковое давление, дБ;

L – расстояние от источника звука до расчетной точки, м.

Интерпретацию данной зависимости называют правилом шести децибел:

При каждом удвоении удаления от источника звука (громкоговорителя), звуковое давление уменьшается на 6дБ!

2.5. Основные этапы электроакустического расчета

Теория расчета

Акустика как наука является чрезвычайно сложной и активно развивающейся отраслью. Можно выделить 3 основных теории, активно применяемые для акустических расчетов. Это статистическая теория, в которой акустические процессы в помещении рассматриваются как постепенный спад энергии волн, многократно отраженных преградами помещения. Волновая теория, в которой, в отличие от статистической теории, сутью реверберации являются не многократные отражения, а постепенно затухающие собственные колебания объемного резонатора, не зависящие от внешних влияний. В этом случае под воздушным резонатором следует понимать собственное колебание воздушного объема с частотами, зависящими от размеров и формы помещения. И собственно та, которой мы и будем пользоваться:

Геометрическая (лучевая) теория акустических процессов (в помещениях) основана на законах геометрической оптики. В данной теории движение звуковых волн рассматривают подобно движению световых лучей. В соответствии с законами геометрической оптики при отражении от зеркальных поверхностей угол отражения равен углу падения, и 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. Характер отражения зависит от формы отражающей поверхности. При отражении от плоской поверхности возникает мнимый источник, место которого ощущается на слух подобно тому, как глаз видит мнимый источник света в зеркале. Отражение от вогнутой поверхности приводит к фокусировке лучей. Выпуклые поверхности (колонны, пилястры, крупные лепные украшения, люстры) рассеивают звук.

Принятые допущения

1 этап: До момента излучения звуковой энергии (звука). На данном этапе мы будем рассматривать акустическую систему не как независимый резонатор, а как часть электроакустической системы, входными параметрами которой являются:

SPL – чувствительность громкоговорителя, дБ;

P Вт – электрическая номинальная мощность громкоговорителя;

ШДН – ширина диаграммы направленности громкоговорителя;

УН – угол наклона настенного громкоговорителя к полу;

Н – высота установки громкоговорителя;

N – уровень шума в помещении;

S_n – площадь защищаемого (озвучиваемого) помещения.

2 этап: После излучения звуковой энергии (звука). На данном этапе мы будем использовать методы, используемые в геометрической (лучевой) теории.

Для простоты расчета мы ограничимся не более чем одним отражением звукового сигнала от пола или от стены, что позволит существенно упростить расчетную часть и получить хорошие приближения для среднестатистических объектов. Для объектов сложной архитектуры, театров, концертных залов следует использовать другие методы.

В процессе электроакустического расчета будем решать следующие задачи:

1) Определение уровня звукового давления (уровня звука) в расчетных точках (во всех местах постоянного или временного пребывания людей).

2) Расчет количества громкоговорителей, обеспечивающего выполнение нормативных требований.

3) Выбор и расстановка громкоговорителей, обеспечивающая выполнение нормативных требований (подпункты 2, 3 будут рассмотрены в 3, 4 главах данного пособия).

Определение уровня звукового давления в расчетной точке

Рассмотрим расчетную точку (P), находящуюся в наиболее критическом (в геометрическом смысле) месте защищаемого помещения, см. рис 2.8.

Определим местоположение расчетной точки:

1) удостоверимся, что точка P попадает во внутреннюю область угла раскрыва (в область диаграммы направленности громкоговорителя);

2) определим расстояние (L) от громкоговорителя до расчетной точки (P).

Оба условия легко проверить, если рассмотреть рис. 2.8 сбоку и сверху, см. рис. 2.9, 2.10.

На данном этапе примем, что условие 1 выполняется (априори). Критерии попадания расчетной точки (P) внутрь области ограниченной шириной диаграммы громкоговорителя ($ШДН$), получают однозначное разреше-

ние, при рассмотрении вопросов связанных с определением эффективных озвучиваемых площадей.

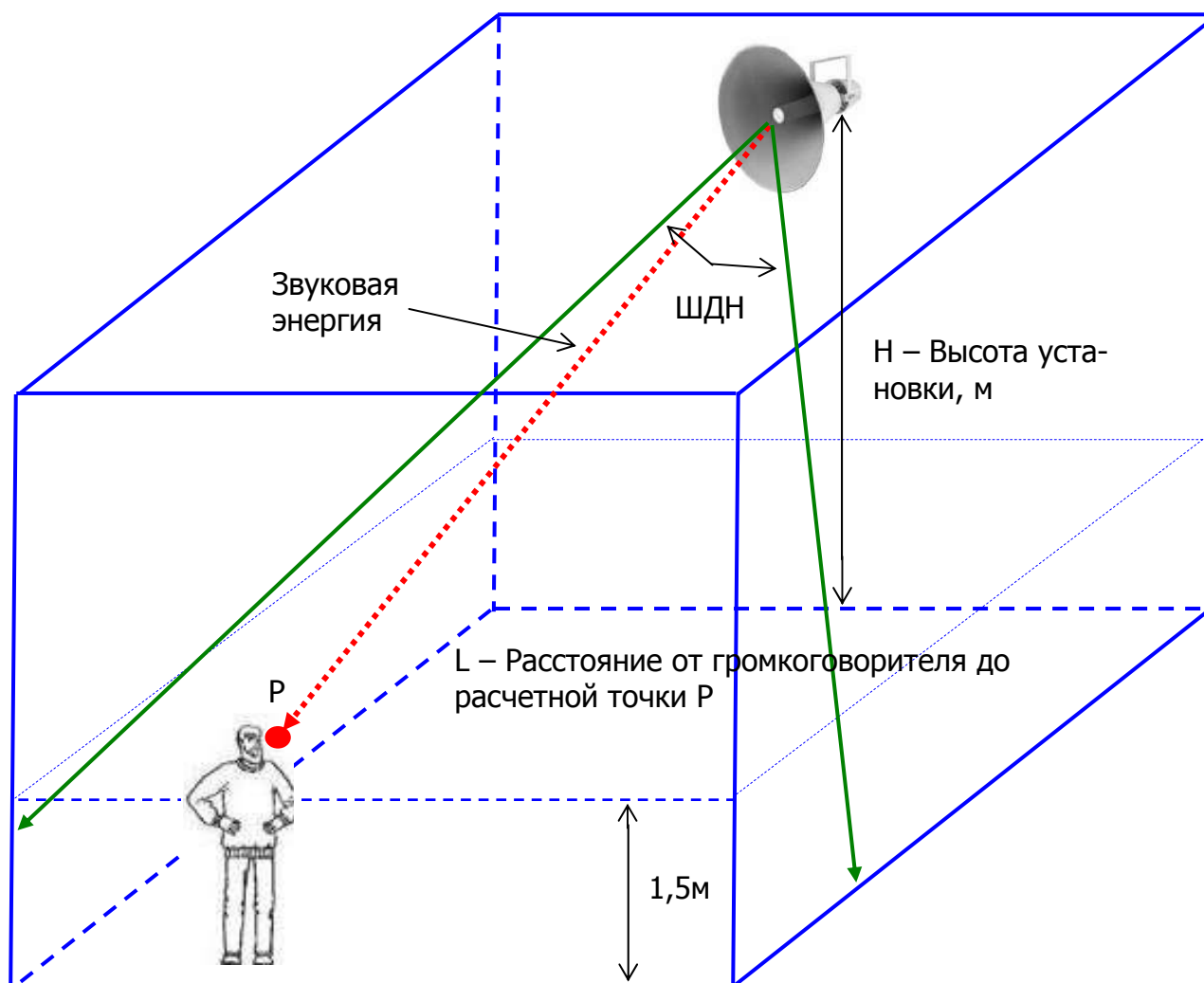


Рис. 2.8 Местоположение расчетной точки P

Для определения значения (L), обратимся к дополнительным графическим представлениям, рассмотрим рисунок 2.8 сбоку (рис. 2.9).

Пусть точка P , располагается на высоте 1,5м.

Значение L_1 проще всего вычислить по теореме Пифагора:

$$L_1 = \sqrt{R_1^2 + (H - 1,5)^2} \quad (2.7)$$

где H – высота установки громкоговорителя, м;

R_1 – длина нормали от расчетной точки (P) к стене (с установленным громкоговорителем), м;

1,5 – расстояние от пола, до плоскости проведенной параллельно полу.

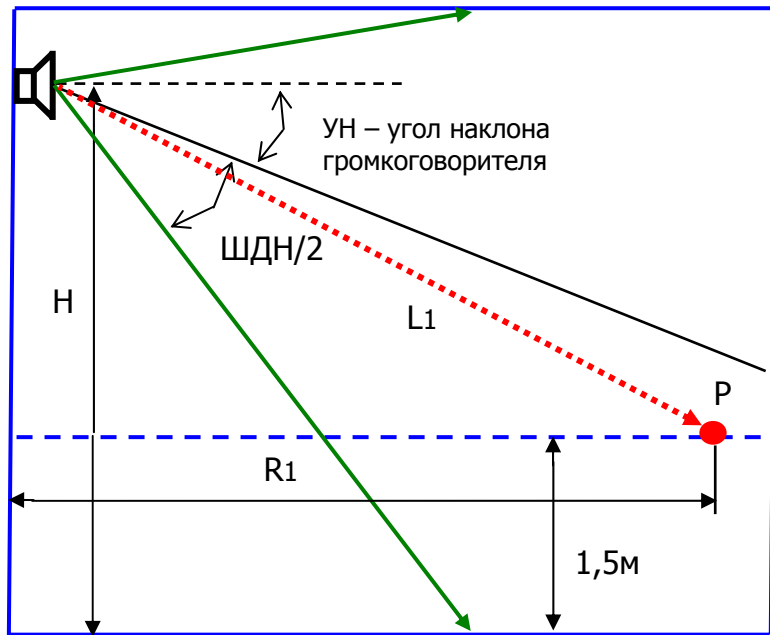


Рис. 2.9 Местоположение расчетной критической точки (вид помещения сбоку).

Рассмотрим рис. 2.8 сверху (см. рис. 2.10).

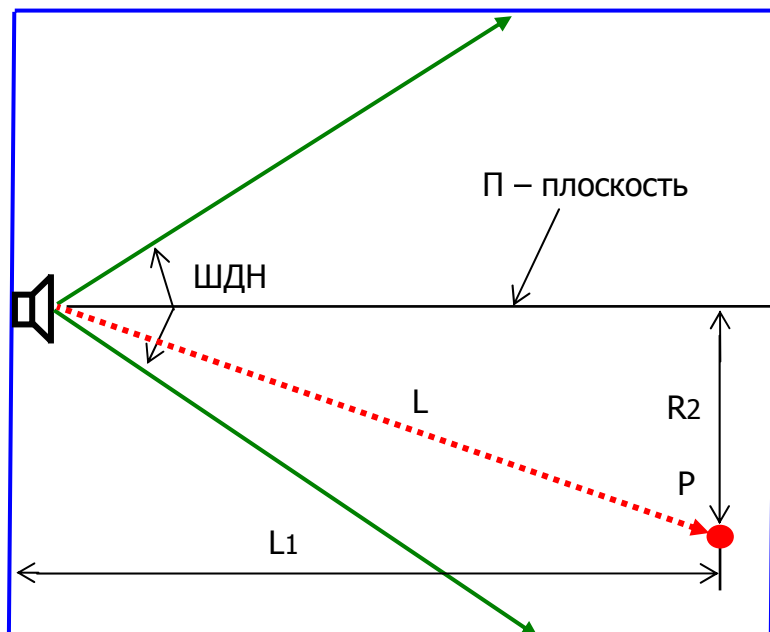


Рис. 2.10 Местоположение расчетной критической точки (вид помещения сверху).

Из рисунка 2.10 видно:

L_1 – уже найдено (см. формулу 2.7);

Π – плоскость являющаяся нормалью к полу и стене, на которой установлен громкоговоритель (на данном рисунке громкоговоритель коллинеарен с плоскостью Π).

Для нахождения расстояние L , еще раз применим теорему Пифагора:

$$L = \sqrt{(R_2^2 + L_1^2)} \quad (2.8)$$

где R_2 – длина нормали проведенной от точки (P) до плоскости (Π), м.

Подставим значение L_1 из формулы 2.7. в формулу 2.8 и перепишем результат:

$$L = \sqrt{(R_1^2 + R_2^2 + (H - 1,5)^2)} \quad (2.9)$$

где L – искомое расстояние от громкоговорителя до расчетной точки (P).

Выберем громкоговоритель и определим его звуковое давление.

Звуковое давление громкоговорителя складывается из его чувствительности (SPL , дБ) и звукового давления ($P_{дБ}$), соответствующего его номинальной электрической мощности ($P_{Вт}$). Используя формулу 2.5, получим:

$$P_0 = SPL + 10 \lg (P \text{ Вт}) \quad (2.10)$$

где SPL – чувствительность громкоговорителя, дБ.

Величина P_0 согласно нормативным документам должна лежать в следующих пределах:

Звуковые сигналы СОУЭ должны обеспечивать общий уровень звука (уровень звука постоянного шума вместе со всеми сигналами, производимыми оповещателями) не менее 75 дБА на расстоянии 3 м от оповещателя, но не более 120 дБА в любой точке защищаемого помещения.

Если рассчитанное значение P_0 не соответствует данным требованиям, следует выбрать громкоговоритель с большим звуковым давлением или с большей электрической мощностью.

Зная звуковое давление источника звука (P_0), можно определить звуковое давление в расчетной точке (P_1), находящейся на расстоянии L от этого источника (см. формулу 2.6):

$$P_1 = P_0 - 20 \lg (L) \quad (2.11)$$

Проверим выполнение условия:

Звуковые сигналы СОУЭ должны обеспечивать уровень звука не менее чем на 15 дБА выше допустимого уровня звука постоянного шума в защищаемом помещении. Измерение уровня звука должно проводиться на расстоянии 1,5 м от уровня пола.

$$P_1 > N + 15 \quad (2.12)$$

где N – уровень шума в защищаемом помещении (на месте установки громкоговорителя), дБ;

15 – запас звукового давления, дБ.

Из 2.11 и 2.12 можно получить критерий определения звукового давления источника звука (громкоговорителя), находящегося на расстоянии L от расчетной точки, при заданном уровне шума:

$$P_0 \geq N + 15 + 20 \lg(L) \quad (2.13)$$

Пример использования данной формулы, будет дан в конце 4 главы.

Верхняя граница для P_0 , определяется нормативными требованиями:

$$P_0 \leq P_{max}$$

где P_{max} – максимально допустимый уровень звука (120дБ).

Учет отражений

В закрытых помещениях необходимо учитывать отражения звука от различных поверхностей.

Наиболее просто и эффективно данную задачу решает геометрическая (лучевая) теория.

Напомним её основные положения и примем их в качестве аксиом:

- 1) Звуковая энергия отождествляется с геометрическими лучами, которые подобно световым, отражаются от поверхности.
- 2) В качестве препятствий учитываются поверхности, ширина которых более 5м;
- 3) Угол падения (лучей) равен углу отражения;
- 4) При отражении звуковой волны от препятствий (стен, пола) не происходит изменения фазы сигнала.

Каждый материал по-разному поглощает звуки различной частоты. Насколько сильно материал поглощает звук, определяется коэффициентом поглощения и приводится в готовых таблицах.

Таблица 2.3

Коэффициенты поглощения различных материалов

Материал / Частоты	128 Гц	256 Гц	512 Гц	1024 Гц	2048 Гц	4096 Гц
Бетон	0,010	0,012	0,016	0,019	0,023	0,035
Кирпичная стена	0,024	0,025	0,031	0,042	0,049	0,07
Штукатурка	0,020	0,024	0,034	0,03	0,028	0,043
Деревянная обшивка	0,098	0,11	0,1	0,081	0,082	0,11
Драпировка со складками	0,07	0,37	0,49	0,81	0,66	0,54
Войлок (2,5 см)	0,09	0,34	0,55	0,66	0,52	0,39
Зрители в зале или посетители выставки	-----	0,96	---	----	---	
Открытое окно	-----	1,00	---	----	---	

В таблице 2.3 показаны некоторые материалы и их коэффициенты поглощения на разных частотах. Нас будет интересовать наибольшее значение поглощения, которое происходит при частоте 4096 Гц (близка к верхней нормативной частоте – 5кГц). Например, для штукатурки коэффициент поглощения на частоте 4096 Гц равен 0,043.

Для перехода к коэффициенту отражения достаточно воспользоваться соотношением:

$$K_{\text{отр}} = 1 - K_{\text{погл}} \quad (2.14)$$

где $K_{\text{погл}}$ – берется из таблицы, для худшего случая.

Для того, чтобы узнать какая часть энергии будет поглощена, необходимо перейти к децибелам:

$$P_{\text{погл}} = 10 \lg(1 - K_{\text{погл}}) \quad (2.15)$$

Например:

Для кирпичной стены

$$K_{\text{погл}} = 0,07, K_{\text{отр}} = 1 - K_{\text{погл}} = 1 - 0,07 = 0,93, P_{\text{погл}} = 10 \lg(0,93) = - 0,32 \text{дБ}.$$

Другими словами уровень звука после отражения от кирпичной стены уменьшится на 0,3дБ.

Рассчитаем, каким должен быть коэффициент поглощения для обеспечения точности расчетов ± 1 дБ:

$$P_{\text{погл}} = 10 \lg K_{\text{отр}} = 1, K_{\text{отр}} = 1/10^{0,1} = 0,8, K_{\text{погл}} = 1 - 0,8 = 0,2.$$

Коэффициенты поглощения большинства материалов не превышают значения “0,2”, следовательно, для обеспечения точности расчетов $\pm 1\%$ данным коэффициентом (для данных материалов) можно пренебречь.

Пример:

На рис. 2.11 изображена ситуация в которой звук до слушателя поступает 2-мя путями, напрямую от громкоговорителя и будучи отраженным от пола.

Введем следующее допущение: Если излучаемая громкоговорителем звуковая волна, находится в пределах его *ШДН*, то для расчета звукового давления в расчетной точке (*P*), мы используем формулу 2.11, если нет, то уровень звукового давления в точке (*P*), с учетом одного отражения можно рассчитать как:

$$P_1 = P_0 - 20 \lg(L_1) - 20 \lg(L_2) \quad (2.16)$$

где L_1 – расстояние от громкоговорителя, до пола, м;

L_2 – расстояние от пола, до слушателя, м.

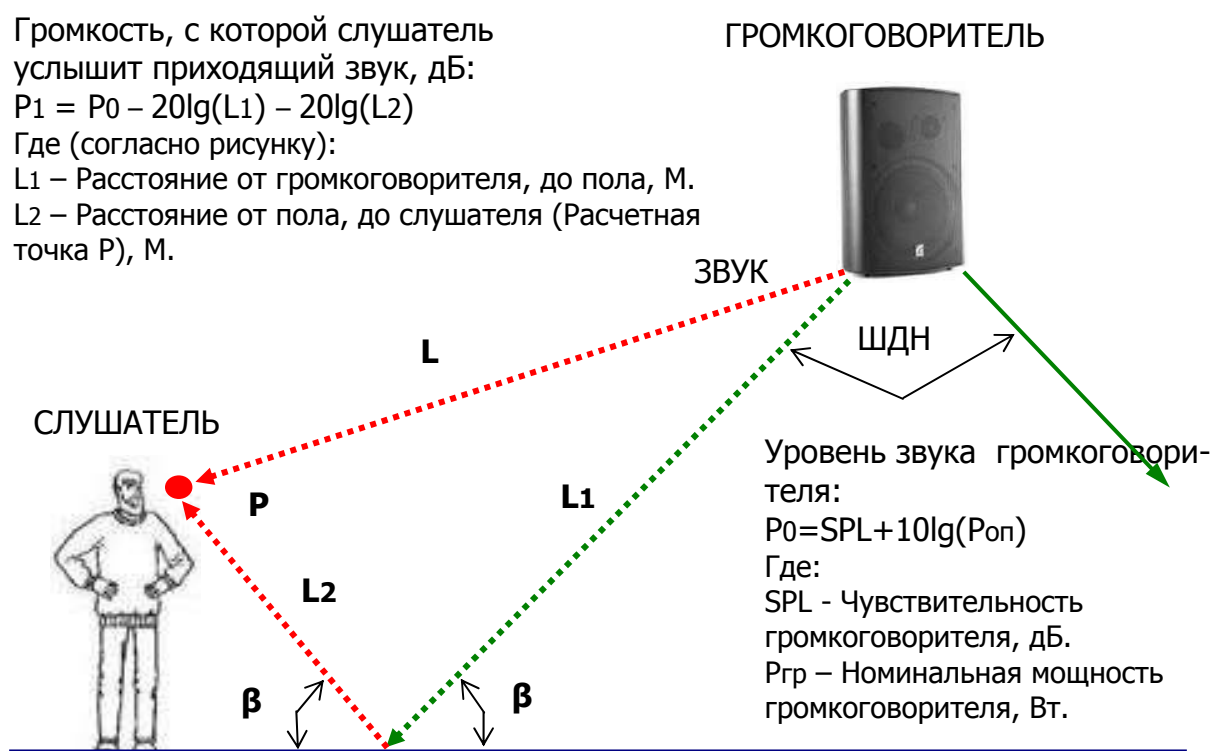


Рис. 2.11 Учет отражений при расчете звукового давления

Обобщим полученный результат в виде алгоритма.

ПРИМЕЧАНИЕ: Алгоритм – это последовательность каких либо операций, целью которого является решение той или иной задачи. Ценность алгоритма определяется оптимальностью решения этой задачи. Алгоритм в отличие от методики (более конкретной), может быть обобщенным (универсальным).

Алгоритм № 2.1

Определение звукового давления в расчетной точке

- 1) Определим местоположение расчетной точки P (рис. 2.6).
- 2) Рассчитаем расстояние L от громкоговорителя, до точки P (формула 2.7).
- 3) Определим уровень шума в помещении (см. Приложение 1).
- 4) Выберем громкоговоритель и рассчитаем его звуковое давление (формула 2.10).
- 5) Определим звуковое давление в расчетной точке (формула 2.11).
- 6) Проверим выполнение условия (формула 2.12).
- 7) Если условие 2.12 не выполняется, возвращаемся к пункту 4, для выбора более мощного громкоговорителя.

3.

**ГРОМКОГОВОРИТЕЛИ
ДЛЯ СИСТЕМ
ОПОВЕЩЕНИЯ**

В системах оповещения о пожаре громкоговоритель является конечным исполнительным элементом, и его параметры оказывают решающее влияние на качество передачи аудиоинформации, а в конечном итоге и на обеспечение безопасности людей, следовательно, применительно к СОУЭ:

Громкоговоритель (звуковой оповещатель) – это устройство, преобразующее электрический звуковой сигнал на входе в акустический сигнал в заданных динамическом и частотном диапазонах на выходе. Для обеспечения надлежащего качества громкоговоритель должен воспроизводить звуковой сигнал в допустимом частотном и динамическом диапазонах, с минимальной неравномерностью звукового поля.

3.1 Классификация громкоговорителей

Возможная классификация громкоговорителей, применяемых для построения систем звукового обеспечения (СЗО) и СОУЭ 3-5 типов представлена на рис. 3.1.

Данная классификация весьма условна и позволяет охватить лишь наиболее существенные признаки, среди которых выделим 3 основных:

- по степени защиты IP;
- по характеристикам;
- по конструктивному исполнению.

Классификация громкоговорителей по степени защиты IP

Громкоговорители – это электротехнические устройства, которые наряду с другим оборудованием, классифицируются по степени защиты (International Protection)

Под степенью защиты понимается способ, ограничивающий доступ к опасным частям (токоведущим, опасным механическим частям), попадания внешних твердых предметов и (или) воды внутрь оболочки.

Маркировка степени защиты оболочки электрооборудования осуществляется при помощи международного знака защиты (IP) и двух цифр, первая из которых означает защиту от попадания твердых предметов, вторая – от проникновения воды

Наиболее распространенными для громкоговорителей, являются 3 степени:

IP-41, где: 4 – защита от посторонних предметов размером более 1 мм, 1 – Вертикально капающая вода не должна нарушать работу устройства. Громкоговорители такого класса чаще всего устанавливаются в закрытых помещениях.

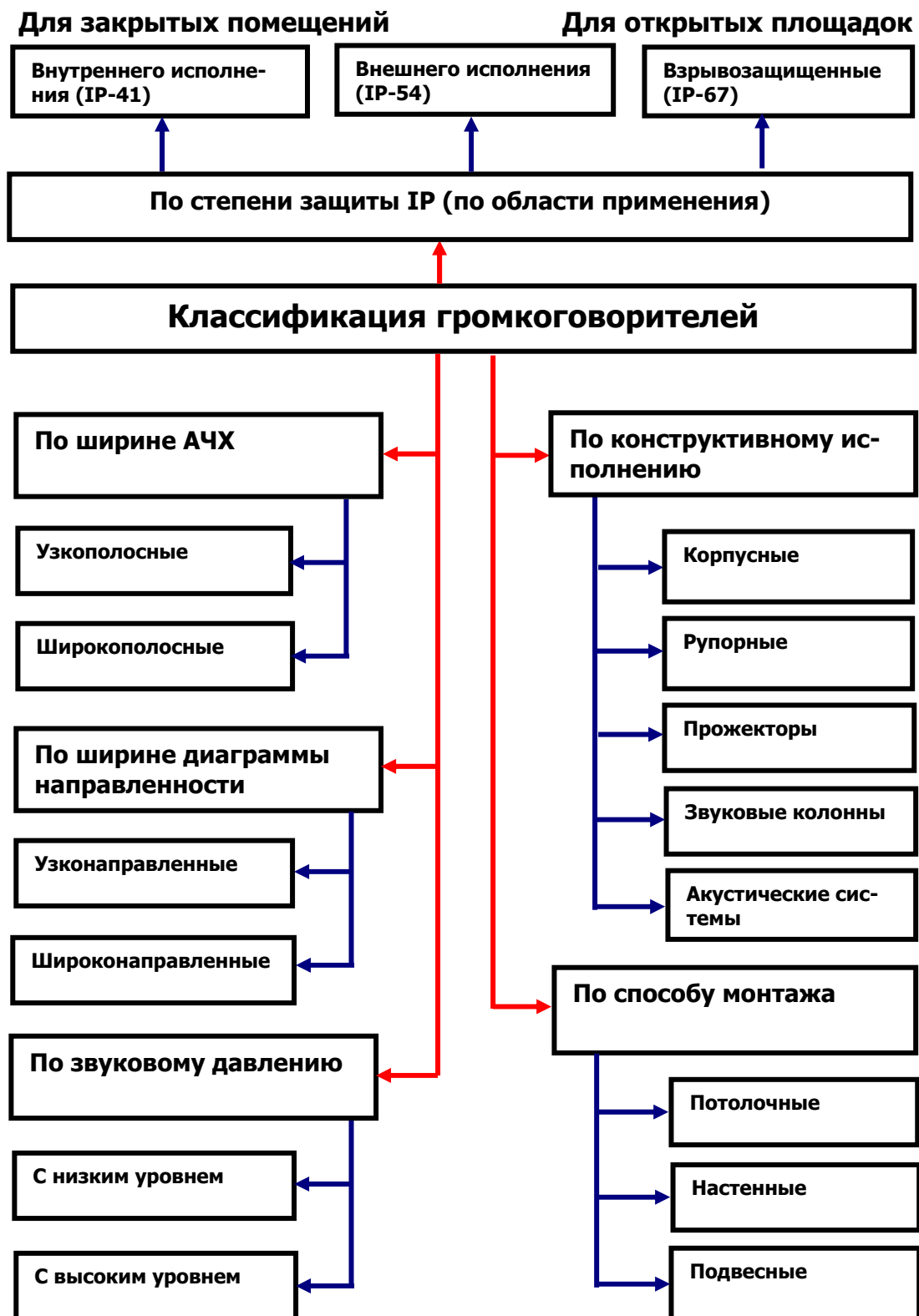


Рис. 3.1 Классификация громкоговорителей

IP-54, где: 5 – пылезащита. Некоторое количество пыли может проникать внутрь, однако это не нарушает работу устройства. 4 – Брызги. Защита от брызг, падающих в любом направлении. Громкоговорители такого класса чаще всего устанавливаются на открытых площадках.

IP-67, где: 6 – пыленепроницаемость. Пыль не может попасть в устройство. Полная защита от контакта, 7 – При кратковременном погружении вода не попадает в количествах, нарушающих работу устройства. Громкоговорители данного класса устанавливаются в местах подверженных критическим воздействиям. Существуют и более высокие степени защиты.

В зависимости от условий применения громкоговорители можно разбить на 3 группы:

1) Громкоговорители внутреннего исполнения, используются для применения в закрытых помещениях. Для данной группы громкоговорителей характерна невысокая степень защиты (IP-41).

2) Громкоговорители внешнего исполнения, используются для применения на открытых площадках. Такие громкоговорители иногда называют уличными. Для данной группы громкоговорителей характерна высокая степень защиты (IP-54).

3) Громкоговорители взрывозащищенного исполнения (или просто взрывозащищенные), используются для применения во взрывоопасных помещениях или на территориях с повышенным содержанием агрессивных (взрывоопасных) веществ. Для данной группы громкоговорителей характерна высокая степень защиты (IP-67). Такие громкоговорители применяются в нефтяной, газовой промышленности, на атомных станциях и т.д.

Классификация громкоговорителей по ширине АЧХ

Громкоговорители различают по ширине АЧХ, иногда говорят, по ширине частотного диапазона.

Частотная характеристика – частотный диапазон эффективно-воспроизводимых звуковых частот (измеряется в Гц).

На практике используется термин ширина АЧХ, хотя большинство производителей для своих громкоговорителей предоставляют диаграммные зависимости частоты от звукового давления, а не от амплитуды (см. рис. 3.2). В этом случае подобную зависимость называют частотной характеристикой по звуковому давлению (ЧХЗД).

Частотная характеристика громкоговорителя по звуковому давлению – это графическая или численная зависимость уровня звукового давления от

частоты сигнала, развиваемого громкоговорителем в определенной точке свободного поля, находящейся на определенном расстоянии от рабочего центра, при постоянном значении напряжения на выводах громкоговорителя.

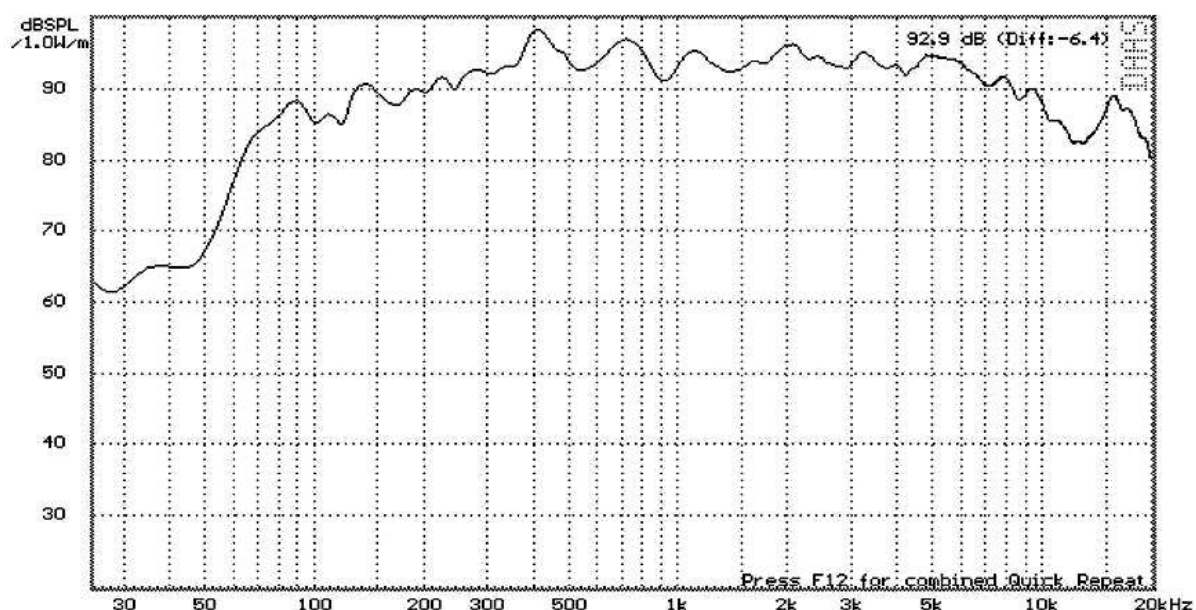


Рис. 3.2 Пример: АЧХ громкоговорителя ROXTON MS-40T

В зависимости от ширины АЧХ громкоговорители можно разделить на узкополосные, полосы которых достаточно только для воспроизведения речевой информации (от 200Гц до 5кГц) и широкополосные, которые имеют широкую АЧХ (от 40Гц до 20кГц) и применяются для воспроизведения не только речи, но и музыки.

Узкополосные громкоговорители

Узкополосные громкоговорители, характеризуются ограниченным значением АЧХ и как правило используются для воспроизведения речевой информации, находящейся в диапазоне от 200÷400Гц – низкий мужской голос, до 5÷9кГц – женское сопрано.

Зачастую ширина полосы пропускания, находится в обратной зависимости от уровня звукового давления. Данное соотношение варьируется конструктивными особенностями громкоговорителей, В качестве примера узкополосного громкоговорителя может служить рупорный громкоговоритель, рис. 3.3:



Рис. 3.3. Внешний вид рупорных громкоговорителей

Рупорные громкоговорители – характеризуются способом формирования излучения. Их диафрагма связана с внешней средой через рупор, который концентрирует излучение, отсюда и название рупорные. По сравнению с электродинамическими, рупорные громкоговорители обладают такими преимуществами, как высокая направленность излучения звуковых волн и высокий КПД (до 20%). Рупоры отличаются высокой концентрацией звуковой энергии в определенном направлении, что обеспечивает высокое звуковое давление. Конструктивно рупоры строятся таким образом, чтобы площадь их поперечного сечения изменялась по экспоненциальному закону. Рупоры имеют высокий класс защиты (IP-54), применяются для озвучивания открытых площадей. К недостатку данного громкоговорителя следует отнести узкий частотный диапазон, что делает их малопригодными для музыкальной трансляции.

Широкополосные громкоговорители

Широкополосные громкоговорители, характеризуются широкой АЧХ. На качество звучания громкоговорителя кроме ширины, влияет такой параметр как неравномерность частотной характеристики.

Неравномерность частотной характеристики звукового давления – это разность максимального и минимального значений уровней звукового давления громкоговорителя (в дБ) в заданном диапазоне частот. Данная величина самым непосредственным образом влияет на качество звучания громкоговорителя и, как следствие, на разборчивость речи. Из рис. 3.2 видно, что в диапазоне частот 80Гц до 18кГц, громкоговоритель MS-40T обеспечивает минимальную неравномерность частотной характеристики.

В качестве музыкальных громкоговорителей наиболее широкое применение имеют электродинамические громкоговорители. Другое их название диффузорные громкоговорители прямого излучения. Такие громкоговорители имеют хорошие характеристики, широкую диаграмму направленности, широкий частотный диапазон, приемлемый уровень звукового давления, что позволяет применять их для решения самого широкого класса задач – от музыкальной трансляции, до аварийного оповещения. Данные громкоговорители чаще всего используются для внутреннего монтажа, в закрытых отапливаемых помещениях.

Электродинамический громкоговоритель – это электроакустическое механическое устройство, служащее для воспроизведения звукового сигнала. Громкоговорители преобразуют электрический сигнал в звуковые волны, распространяющиеся в воздушной среде, с помощью механической подвижной системы (диафрагмы или диффузора), см. рис. 3.4.

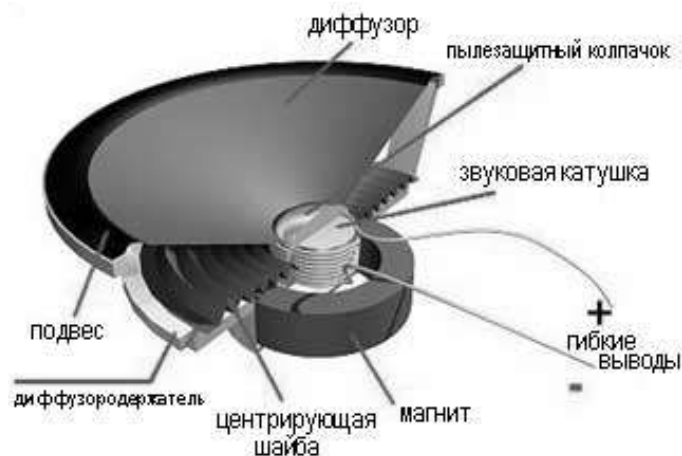


Рис. 3.4. Устройство электродинамического громкоговорителя

Основным рабочим узлом электродинамического громкоговорителя является диффузор, который осуществляет преобразование механических колебаний в акустические.

Диффузор громкоговорителя приводится в движение силой, действующей на жестко скрепленную с ним катушку, находящуюся в радиальном магнитном поле. В катушке течет переменный ток, соответствующий аудио сигналу, который должен воспроизвести громкоговоритель. Магнитное поле в громкоговорителе создается кольцевым постоянным магнитом и магнитной цепью из двух фланцев и керна. Катушка под действием силы Ампера свободно движется в пределах кольцевого зазора между керном и верхним фланцем, а ее колебания передаются диффузору, который в свою очередь создает акустические колебания, распространяющиеся в воздушной среде.

Классификация громкоговорителей по ширине диаграммы направленности

Громкоговорители различают по ширине диаграммы направленности *ШДН*.

Данный параметр зависит от типа и конструкции громкоговорителя и существенным образом от частотного диапазона.

Громкоговорители с узкой *ШДН*, называют узконаправленными (рупорные громкоговорители, прожекторы). Для узконаправленных громкоговорителей характерны: высокое звуковое давление и узкий частотный диапазон.

Громкоговорители с широкой *ШДН*, называют широконаправленными (акустические системы, звуковые колонны, корпусные громкоговорители). Широконаправленные громкоговорители, как правило, имеют широкий частотный диапазон, но меньшее звуковое давление.

Диаграмма направленности обеспечивается как конструктивными особенностями громкоговорителя, так и физическими свойствами звуковых волн. В области низких частот громкоговоритель имеет широкую, практически круговую ДН, с увеличением частоты диаграмма заметно сужается.

Разные производители приводят как числовую, так и графическую зависимость величины звукового давления от частоты и угла раскрытия (ширины диаграммы направленности).

Классификация громкоговорителей по звуковому давлению

Громкоговорители различают по уровню звукового давления.

Уровень звукового давления (англ. *SPL*, Sound Pressure Level) – измеренное по относительной шкале значение звукового давления, отнесённое к опорному давлению 20 мкПа, соответствующему порогу слышимости синусоидальной звуковой волны частотой 1 кГц.

SPL иногда называют чувствительностью громкоговорителя, он измеряется в децибелах (дБ). Многие производители приводят для своих громкоговорителей значение *SPL*, подразумевая характеристическую чувствительность громкоговорителя.

Характеристическая чувствительность громкоговорителя – это среднее звуковое давление, развиваемое громкоговорителем в заданном диапазоне частот на рабочей оси, приведенное к расстоянию 1 м от рабочего центра громкоговорителя и электрической мощности 1 Вт.

Максимальный уровень звукового давления громкоговорителя служит для оценки способности громкоговорителя воспроизводить без искажений динамический диапазон музыкального или речевого сигнала.

Звуковое давление громкоговорителя – громкость, складывается из его чувствительности (SPL) и электрической мощности (Вт), переведенной в децибелы (дБ). Поэтому понятия низкого и высокого уровня, правильной применять не звуковому давлению, а к чувствительности (SPL) громкоговорителя.

Качественные (широкополосные) громкоговорители, как правило, имеют низкую чувствительностью ($SPL < 95\text{дБ}$). Повышение громкости таких громкоговорителей, достигается увеличением уровня подводимой к ним электрической мощности.

Конструктивные особенности

На рис. 3.5, приведены примеры громкоговорителей, различного конструктивного исполнения.

Потолочные громкоговорители – предназначены для потолочного монтажа. Наиболее распространены широкополосные (электродинамические) громкоговорители врезного исполнения. Звуковая энергия, излучаемая потолочным громкоговорителем, направлена перпендикулярно полу, что позволяет, варьируя их количество добиться равномерного и комфортного звучания в озвучиваемом помещении. Потолочные громкоговорители применяются для озвучивания коридоров, холлов, торговых и офисных помещений, учебных заведений.

Звуковые колонны. Громкоговорители корпусного исполнения, настенного монтажа, выполненные в виде колонны, в которую вмонтировано несколько громкоговорителей. Колонны чаще всего используются для озвучивания залов, бассейнов, открытых пространств. Варьируя количество вмонтированных громкоговорителей и углы наклона, можно получить различные величины ширины вертикальной и горизонтальной диаграмм направленностей, что в свою очередь позволяет применять колонны для различного назначения, например, для выравнивания звукового поля в определенных точках озвучиваемого помещения. Варьирование диаграмм направленностей позволяет адаптировать звуковые колонны к помещениям различной конфигурации, управлять спектром излучения и минимизировать паразитные обратные связи.

Подвесные громкоговорители. Как правило, это корпусные громкоговорители, имеющие тоже самое предназначение, что и потолочные гром-

коговорители, но отличающиеся от последних способом монтажа. Такие громкоговорители подвешиваются на шнурах (свешиваются с потока). Применение подвесных громкоговорителей актуально в местах с высокими потолками, или в местах, где по конструктивным или иным особенностям невозможно применить врезные или накладные громкоговорители.



Рис. 3.5. Громкоговорители различного конструктивного исполнения

Прожекторы – громкоговорители, в которых за счет конструктивных особенностей обеспечивается высокая степень направленности звукового поля, при сохранении надлежащего качества звучания. Другими словами, они обеспечивают высокий уровень звукового давления при узкой диаграмме направленности в широком частотном диапазоне. Прожекторы – это, как правило, корпусные громкоговорители для настенного монтажа. Наиболее часто применяются для озвучивания коридоров и (или) в местах с повышенным уровнем шума.

Двунаправленные прожекторы – два громкоговорителя в одном корпусе, направленные в разные стороны. Одного такого громкоговорителя,

достаточно для озвучивания коридора длиной 40м. (20м в одну и 20м в другую сторону).

Акустические системы. Широкополосные корпусные громкоговорители, предназначены для качественного воспроизведения звука. Имеют широкое применение от трансляционных систем, до концертных площадок, такие акустические системы иногда называют – мониторами.

Акустические системы имеют более сложное исполнение, могут строиться как многополосные, комплектоваться ВЧ-динамиками (твиттерами), НЧ-динамиками (вуферами), фазоинверторами и разделительными фильтрами.

Как уже было отмечено выше, повышение громкости таких громкоговорителей, достигается увеличением уровня подводимой к ним электрической мощности.

Дополнительные характеристики громкоговорителей

Громкоговорители характеризуются целым рядом параметров. Для различных производителей имеют место разночтения по некоторым параметрам, например, мощности громкоговорителя. Поэтому для того, чтобы их ликвидировать, Международный Электротехнический Комитет (МЭК) опубликовал рекомендации 268-5 «Элементы электроакустических систем. Громкоговорители» и 581-7 «Минимальные требования к аппаратуре Hi-Fi. Громкоговорители». В этих рекомендациях приводятся следующие определения:

Характеристическая мощность громкоговорителя – это мощность, при которой громкоговоритель создает характеристический уровень звукового давления 94 дБ на расстоянии 1м в диапазоне частот 100...8000 Гц. Чем выше чувствительность громкоговорителя, тем ниже его характеристическая мощность.

Шумовая мощность определяется по результатам испытаний громкоговорителя на специальном шумовом сигнале в течение 100 ч. Значение шумовой мощности громкоговорителя совпадает со значением паспортной мощности, определяемой по ГОСТ 16122-78, поскольку при определении этих видов мощности используется один и тот же сигнал.

Максимальная синусоидальная мощность громкоговорителя – это мощность непрерывного синусоидального сигнала в заданном диапазоне частот, которую громкоговоритель может выдержать без механических и термических повреждений в течение промежутка времени (не менее 1 часа), указанного в спецификации.

Номинальная мощность громкоговорителя – это электрическая мощность, при которой нелинейные искажения громкоговорителя не превышают требуемых значений.

Паспортная мощность громкоговорителя – определяется как наибольшая электрическая мощность, при которой громкоговоритель может длительное время удовлетворительно работать на реальном звуковом сигнале без тепловых и механических повреждений.

Номинальное электрическое сопротивление громкоговорителя – активное сопротивление громкоговорителя при определении подводимой к нему электрической мощности.

3.2 Подключение громкоговорителей

Звуковой тракт

Основой любой трансляционной системы является звуковой тракт. Под звуковым трактом будем понимать набор функциональных устройств, преобразующих, ретранслирующих и усиливающих звуковой сигнал (рис. 3.6).

Из рисунка видно, что звуковой тракт состоит из:

1) Предварительный усилитель – предназначен для предварительного усиления звукового сигнала (от $1 \div 300 \text{ мВ} / 600 \text{ Ом}$) на входе до $0,7 \div 1 \text{ В} / 10 - 15 \text{ кОм}$) на выходе. Если предварительный усилитель имеет дополнительные аудио или микрофонные входы, то его могут называть микшером.

2) Усилитель мощности (УМ) – предназначен для усиления звукового сигнала.

ПРИМЕЧАНИЕ: В бытовой аппаратуре акустические системы (АС) подключают непосредственно к низкоомному выходу УМ. Для этого используют низкоомные АС. Трансляционный усилитель (в отличие от бытового) снабжается дополнительным повышающим трансформатором.

3) Повышающий трансформатор используется для дополнительного повышения напряжения звукового сигнала с целью его дальнейшей трансляции на громкоговоритель или линию, к которой подключаются несколько громкоговорителей. Трансформатор обеспечивает гальваническую развязку с линией громкоговорителей и используется для повышения напряжения звукового сигнала. Повышение напряжения позволяет минимизировать потери в проводах за счет уменьшения тока в линии, при сохранении величины передаваемой мощности. Примером может служить передача энергии в высоковольтных ЛЭП.

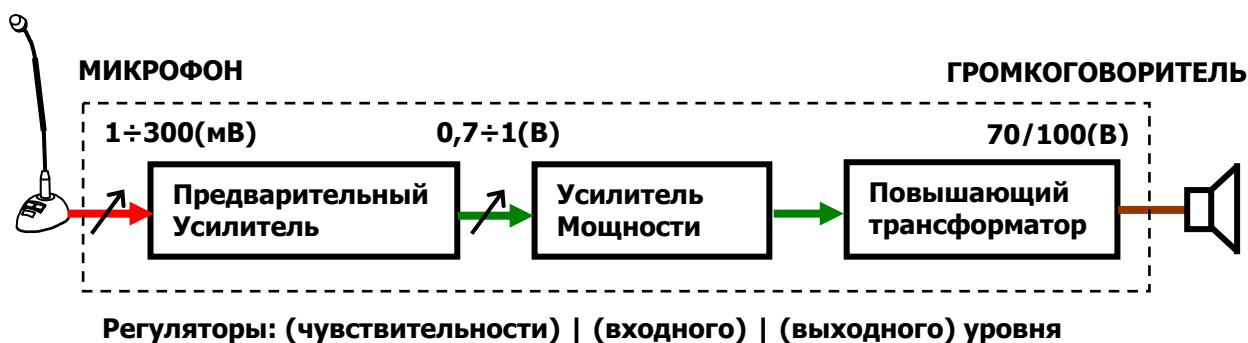


Рис. 3.6 Звуковой тракт

Трансформаторное согласование

В трансляционных системах широко используются трансформаторные громкоговорители.

Трансформаторные громкоговорители – громкоговорители с встроенным трансформатором предназначены для применения в трансляционных системах, имеющих в своем составе трансляционные усилители, также содержащие трансформатор.

В трансформаторном громкоговори́теле осуществляется 2 этапа преобразования. На первом этапе при помощи трансформатора происходит понижение напряжения высоковольтного звукового электрического сигнала (до 10В), на втором этапе осуществляется преобразование электрического сигнала в слышимый акустический звуковой сигнал.

Трансформаторный громкоговоритель подключается к выходу трансляционного усилителя и состоит из двух частей: понижающего трансформатора и громкоговорителя, рис. 3.7.

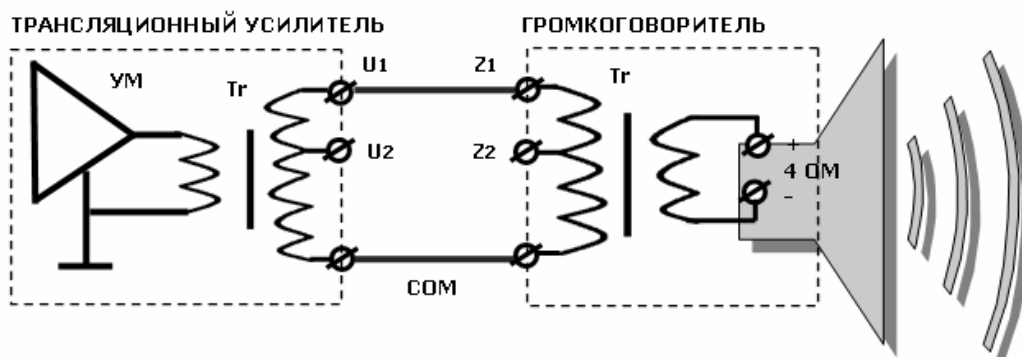


Рис. 3.7 Трансформаторное согласование

Как правило, первичная обмотка трансформатора громкоговорителя содержит несколько отводов, соответствующих различным входным (комплексным) сопротивлениям, что позволяет, выбирая то или иное подключение, варьировать мощность громкоговорителя.

Входное сопротивление трансформаторных громкоговорителей – комплексное сопротивление первичной обмотки трансформатора. Такое сопротивление часто называют импедансом.

Многие производители трансформаторных громкоговорителей указывают импеданс трансформаторного громкоговорителя, (измеренный) на частоте 1кГц.

ПРИМЕЧАНИЕ 3.1: Упрощенно импеданс трансформаторного громкоговорителя (Z) можно представить как:

$$Z = \sqrt{(\text{Re}^2 + \text{Im}^2)}$$

где Re – активное сопротивление первичной обмотки трансформатора, Ом;

Im – реактивное сопротивление первичной обмотки трансформатора, Ом.

ПРИМЕЧАНИЕ 3.2: Величина Im для первичной обмотки трансформатора, имеет ярко выраженный индуктивный характер и зависит от частоты. С увеличением частоты (до 5кГц, при индуктивности $L=10\div 100\text{мГн}$) импеданс первичной обмотки трансформатора незначительно увеличивается.

На практике широко распространена следующая зависимость:

$$P_{\text{гр}} \sim U_{\text{л}}^2 / Z \quad (3.1)$$

где $P_{\text{гр}}$ – паспортная мощность громкоговорителя (Вт);

$U_{\text{л}}$ – напряжение в линии (В);

Z – импеданс громкоговорителя (Ом).

ПРИМЕЧАНИЕ 3.3: Данная формула вытекает из закона Ома $J = U/R$, который можно применять только как допущение, так как он справедлив для постоянного тока J и активного сопротивления R (см. Прим. 3.1). Тем не менее, зависимость (3.1), дает хорошее приближение и поэтому (как было сказано) применяется на практике.

Из зависимости (3.1) видно, что при неизменном импедансе громкоговорителя и уменьшении напряжения в линии в N раз (например, при переключении линии с клеммы U_1 на клемму U_2 , рис. 3.7), мощность громкоговорителя уменьшается в N^2 .

Подключение трансформаторных громкоговорителей

В трансляционных системах наиболее распространен вариант, когда к одному трансляционному усилителю необходимо подключить несколько трансформаторных громкоговорителей, например, для увеличения громкости или площади покрытия.

При большом количестве громкоговорителей, удобней всего подключать их не непосредственно к усилителю, а к линии, которая в свою очередь подключена к усилителю. Длина таких линий может быть достаточно протяженной (до 1 км). К одному усилителю может быть подключено несколько таких линий, при этом следует соблюдать следующие правила:

ПРАВИЛО 1: Трансформаторные громкоговорители подключаются к трансляционному усилителю только параллельно.

ПРАВИЛО 2: Суммарная мощность всех громкоговорителей подключаемых к трансляционному усилителю (в том числе через релейный модуль) не должна превышать максимальной мощности трансляционного усилителя.

Для удобства и надежности подключения используются специальные проходные клеммники, рис. 3.8.

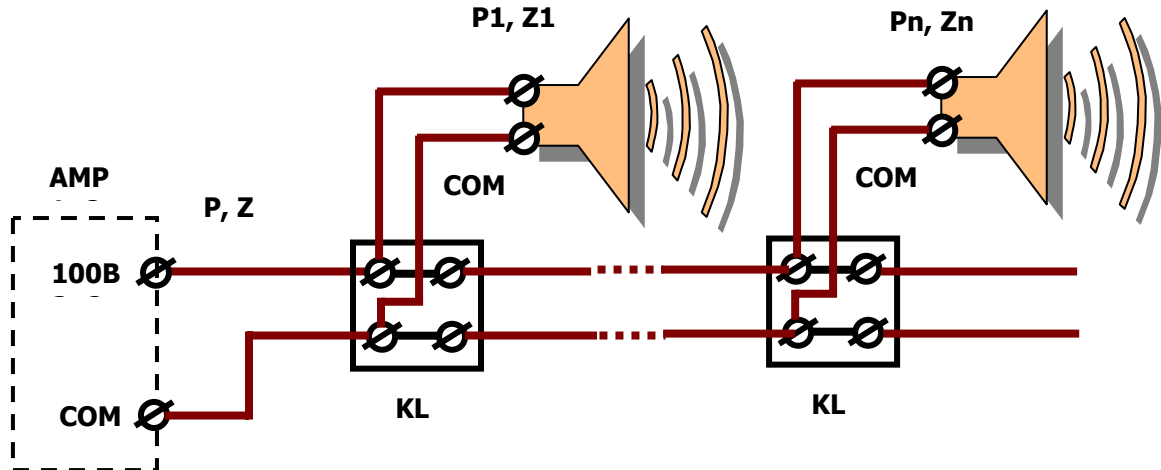


Рис. 3.8 Подключение трансформаторных громкоговорителей

При параллельном подключении суммарная мощность нагрузки, складывается из мощности каждого громкоговорителя:

$$P_u = \sum_i P_i \quad (3.2)$$

где P_i – мощность i -го громкоговорителя, Вт;

i – пробегает значение от 1 до n , где n – количество громкоговорителей.

Для случая, когда вместо мощности громкоговорителя указан его импеданс, необходимо оперировать следующими зависимостями:

$$1/Z = 1/Z_1 + 1/Z_i + \dots + 1/Z_N \quad (3.3)$$

где Z_i – импеданс i -го громкоговорителя, Ом;

N – количество громкоговорителей.

При параллельном подключении N громкоговорителей с одинаковым импедансом $Z_{гр}$ ($Z_1 = Z_2 = \dots = Z_i = \dots = Z_{n-1} = Z_n$) результирующий импеданс уменьшится N раз:

$$Z = Z_{гр} / N \quad (3.4)$$

где N – количество громкоговорителей.

Рассчитав результирующий импеданс, нужно снова вернуться к мощности, формула 3.1.

ПРИМЕЧАНИЕ: Формула 3.3 практически не используется на практике. Для расчета суммарной нагрузки в линии, вначале, для каждого громкоговорителя, переводят “омы” в “ватты” (формула 3.1), а затем суммируют последние (формула 3.2).

В трансляционных системах, для повышения надежности, мощность усилителя определяется как:

$$P_{ус} = 1,3 P_n$$

Практический пример: Система оповещения построена, на выходы усилителей подключены линии, суммарная мощность которых составляет $0,7 \div 0,8$ от мощности усилителя.

Вопрос: Можно ли увеличить нагрузку на существующий усилитель.

Ответ: Увеличить мощность нагрузки нельзя. Но, при переключении линии громкоговорителей с выходных клемм $U_1 = 100В$ усилителя на выходные клеммы $U_2 = 70В$, мощность всей линии снизится в 2 раза (см. формулу 3.1), что высвободит 50% мощности усилителя. При этом не следует забывать, что звуковое давление каждого громкоговорителя уменьшится на 3дБ (что необходимо учесть при электроакустических расчетах, см. главу 2).

4.

РАССТАНОВКА ГРОМКОГОВОРИТЕЛЕЙ

4.1 Определение эффективной площади озвучиваемой настенным громкоговорителем

Громкоговорители выбираются на начальном этапе проектирования исходя из технического задания, параметров озвучиваемого объекта, результатов электроакустического расчета.

Прежде чем приступить к определению необходимого количества звуковых громкоговорителей, необходимо используя результаты полученные выше, оценить эффективную площадь озвучиваемую одним громкоговорителем.

Допущение: разобьем громкоговорители на два основных класса – потолочные и настенные. Под потолочными будем понимать громкоговорители у которых максимум звуковой энергии направлен перпендикулярно полу, остальные громкоговорители отнесем к настенным.

Для оценки площади нам понадобится такой параметр как эффективная дальность звучания.

Эффективная дальность звучания

Введем понятие: эффективная дальность звучания (L) – расстояние от источника звука (громкоговорителя) до геометрического места расчетных точек находящихся в пределах *ШДН* громкоговорителя, звуковое давление в которых остается в пределах ($N+15$ дБ). На техническом жаргоне – «расстояние, которое пробивает громкоговоритель».

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

Опираясь на результаты полученные во второй главе (2.6), запишем зависимость дальности звучания от уровня звукового давления.

$$L = 10^{(P/20)} \quad (4.1)$$

где L – эффективная дальность звучания (громкоговорителя), м¹;

P – разность между звуковым давлением громкоговорителя и величиной ($N+15$), дБ.

Рассчитав эффективную дальность звучания (L), можно приступить к определению площади, озвучиваемой громкоговорителями.

¹ В формуле 2.6, L это расстояние от источника звука до расчетной точки, м

Большинство громкоговорителей, звуковое поле излучают в виде сферической волны (круговая *ШДН*). На высоких частотах диаграмма громкоговорителя сужается и ограничивает круговую диаграмму. Результатом такого ограничения является геометрическая фигура – шаровой сектор (сферический конус, основанием которого является не плоскость, а сфера) с углом раскрыва (телесным углом, углом между образующими конуса) равным *ШДН*.

Мы будем решать задачу нахождения площади, образуемой пересечением данного сферического 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, результатом пересечения сферического конуса, с плоскостью (с отметкой 1,5 м) могут быть: плоскость, ограниченная параболой, гиперболой, эллипсом.

ПРИМЕЧАНИЕ: Данную ситуацию легко представить, отождествив громкоговоритель с фонариком, который освещает поверхность пола.

При угле наклона 90° результатом такого пересечения будет круг, что характерно для расчета площади озвучиваемой потолочным громкоговорителем и из чего следует, что данный подход содержит некоторый обобщающий смысл.

Для увеличения озвучиваемой площади, настенный громкоговоритель наклоняют к полу. Наиболее характерным является угол наклона (*УН*), при котором результатом пересечения конуса с плоскостью будет гипербола. Пренебрегая незначительной погрешностью полученную фигуру можно отождествить с сектором, см. рис 4.1.

Покажем, что для *ШДН*= 90° (наиболее характерной для большинства громкоговорителей) площади сектора и круга равны:

$$\begin{aligned} S_{сект} &= \pi L^2 * ШДН / 360; \\ S_{кр} &= \pi (L/2)^2; \\ S_{сект} &= S_{кр} = \pi L^2 / 4. \end{aligned}$$

В обоих случаях результирующая площадь равна $L^2/4$.

Таким образом, для оценки (многолетняя практика подтверждает правильность результата) мы можем принять следующее допущение: площадь, озвучиваемая настенным громкоговорителем – площадь сектора, с углом раскрыва, равным *ШДН*.

При этом радиус сектора как раз и будет равен эффективной дальности звучания (L).

Запишем площадь озвучиваемую настенным громкоговорителем в виде формулы:

$$S_n = \pi L^2 \times \text{ШДН} / 360 \quad (4.2)$$

где π – константа, 3,1415... ;

ШДН – ширина диаграммы направленности громкоговорителя, град.

Алгоритм № 4.1:

Расчет площади озвучиваемой настенным громкоговорителем

Рассчитаем эффективную площадь, озвучиваемую настенным громкоговорителем.

Дано:

$P_{\text{гр}}$ – номинальная паспортная мощность громкоговорителя, Вт,

SPL – чувствительность громкоговорителя, дБ,

ШДН – ширина диаграммы направленности, град.,

N – уровень шума в помещении.

1) Рассчитаем звуковое давление громкоговорителя:

$$P_0 = SPL + 10 \lg P_{\text{гр}}$$

2) Рассчитаем разность между звуковым давлением громкоговорителя и величиной ($N + 15$):

$$P = SPL + P_{\text{ном}} - N - 15$$

3) Рассчитаем эффективную дальность звучания:

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

4) Рассчитаем эффективную площадь, озвучиваемую настенным громкоговорителем:

$$S_{\text{зр}} = \pi L^2 \times \text{ШДН} / 360$$

Громкоговорители с широкой диаграммой направленности.

На рис. 4.1, представлена диаграмма излучения (вид сбоку) и проекция излучения на плоскость, проведенную параллельно полу на высоте 1,5 м (вид сверху) для настенного громкоговорителя с широкой ШДН .

Из рисунка видно, что вблизи громкоговорителя (между вершиной гиперболы и громкоговорителем) находится незвученная область. Для уменьшения этой области (зазора) громкоговоритель нужно наклонить вниз. С увеличением высоты установки, зазор будет расти. Для его уменьшения, необходимо увеличивать угол наклона (UH) громкоговорителя.

ПРИМЕЧАНИЕ: Мы рассматриваем ситуацию, в которой

$$UH < \arcsin(L / (H-1,5)).$$

При небольшом угле наклона (или при его отсутствии) громкоговорителя к полу, необходимо уточнить значение L в формуле (4.2).

Из рис. 4.1, видно, что фактическое значение L будет равно:

$$R = |OL_1| - |OL_2|$$

где $|OL_1|$ – расстояние от точки O (от стены с установленным громкоговорителем) до точки L_1 (проекция эффективной дальности L на отметку 1,5 м), м;

$|OL_2|$ – расстояние от точки O (от стены с установленным громкоговорителем) до точки L_2 (проекция нижней образующей конуса на отметку 1,5 м), м.

Значение $|OL_1|$ можно рассчитать по теореме Пифагора:

$$|OL_1| = \sqrt{(L^2 - (H - 1,5)^2)} \quad (4.3)$$

Значение $|OL_2|$ лучше рассчитать по теореме синусов, так как в качестве параметров у нас имеется угол ($UH + \text{ШДН}/2$) и высота ($H-1,5$):

$$|OL_2| = (H - 1,5) / \operatorname{tg} (UH + \text{ШДН}/2) \quad (4.4)$$

ПРИМЕЧАНИЕ 4.1: Данная формула справедлива при $(UH + \text{ШДН}/2) \neq 90^\circ$. В дальнейшем, мы не будем оговаривать и проверять условие деления на “0”.

Запишем критерий правильности выбора громкоговорителя. Очевидно, что расчет может иметь смысл при условии, что звуковая энергия, необходимого уровня, в пределах ШДН , достигает пола. В геометрическом смысле нижняя образующая конуса достигает отметки 1,5 м, (до точки L_2). На техническом сленге – «громкоговоритель добивает до отметки 1,5 м». Запишем это в виде условия:

$$(H - 1,5) / \sin(UH + \text{ШДН}/2) < L$$

См. примечание 4.1.

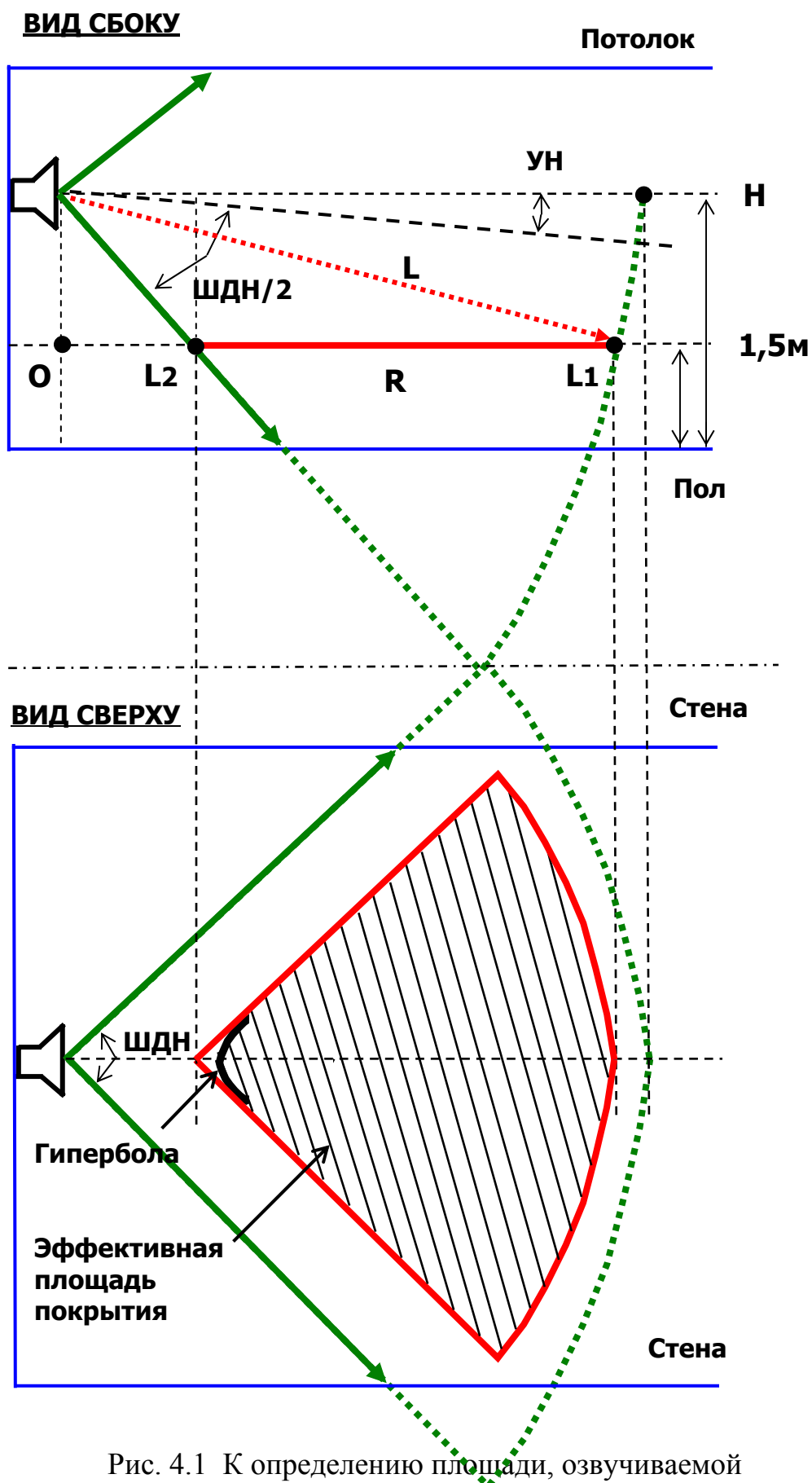


Рис. 4.1 К определению площади, озвучиваемой настенным громкоговорителем

Заменим в формуле 4.2 L на R и перепишем формулу для определения эффективной площади озвучиваемой настенным громкоговорителем:

$$S_{нгр} = \pi R^2 \times ШДН / 360$$

Определение эффективной площади, озвучиваемой настенным громкоговорителем с узкой диаграммой направленности, вынесено в приложение (см. ПРИЛОЖЕНИЕ 2).

4.2 Оценка эффективной площади озвучиваемой потолочным громкоговорителем

На рис. 4.2 изображена диаграмма излучения потолочного громкоговорителя (вид сбоку). В данной интерпретации, независимо от ширины диаграммы направленности ($ШДН$) площадь, озвучиваемая потолочным громкоговорителем – это круг, являющийся результатом пересечения сферической фигуры (шар, эллипсоид, гиперboloид), с плоскостью проходящей параллельно полу на высоте 1,5м. Площадь этого круга будет определяться $ШДН$.

Ширину диаграммы направленности потолочного громкоговорителя ($ШДН$), будем рассматривать как угол (раскрыва) между образующими сектора, являющегося результатом пересечения сферического конуса и плоскости проведенной от вершины громкоговорителя к его основанию, см. рис. 4.2.

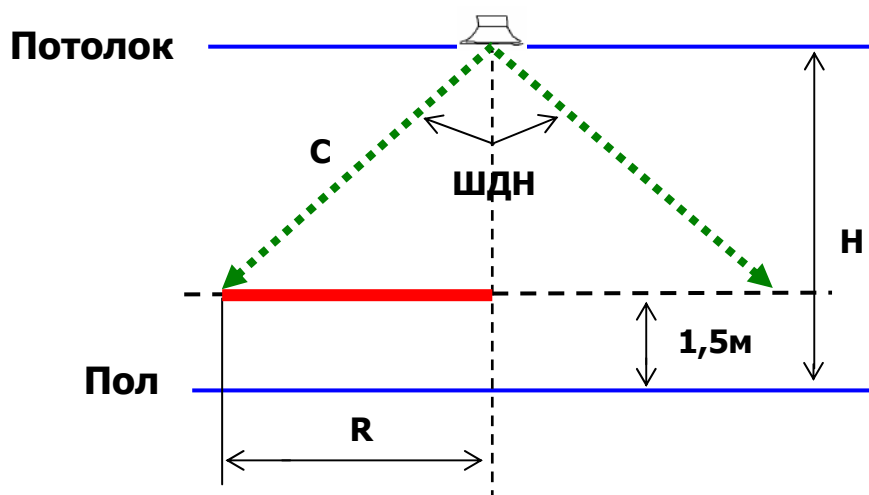


Рис. 4.2 Определение площади озвучиваемой потолочным громкоговорителем

Из рисунка 4.2 видно, что (R) является радиусом искомого круга. На картинке изображен классический вариант. Рассмотрим другие возможные варианты.

Вариант №1

Критерий выбора потолочного громкоговорителя

Сформулируем наиболее строгий критерий выбора потолочного громкоговорителя, рис. 4.3:

В специальной терминологии это звучит так: «громкоговоритель должен добивать до отметки 1,5м от пола».

Запишем данный критерий в виде формулы:

$$L > H - 1,5 \quad (4.5)$$

где L – эффективная дальность звучания громкоговорителя, м.

H – высота установки (потолка) громкоговорителя, м.

В случае невыполнения условия (4.5) следует выбрать громкоговоритель с большим звуковым давлением или мощностью.

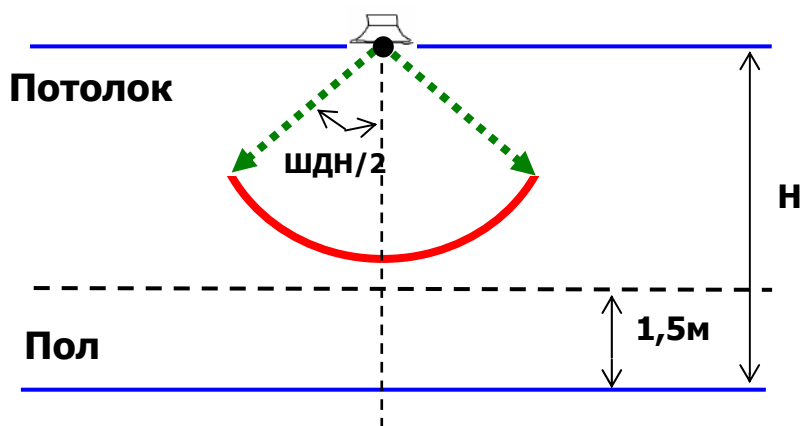


Рис. 4.3 Критерий выбора потолочного громкоговорителя.

Вариант №2
Классическое определение площади озвучиваемой
потолочным громкоговорителем

При увеличении звукового давления (или мощности) громкоговорителя, имеет место (классическая) ситуация. Для данной ситуации характерным будет выполнение следующего условия, см. рис. 4.2:

$$L > C \quad (4.6)$$

где C – гипотенуза (образующая конуса с телесным углом, равным ШДН), м.

На техническом сленге это звучит так: «достигает ли гипотенуза C , до отметки 1,5м».

Рассчитаем величину C .

В большинстве методик предлагается упрощенный подход, в котором ШДН априори принимается равной 90° :

$$R = H - 1,5.$$

Демонстрируемый нами пошаговый подход удобен для понимания и алгоритмизации (пример расчет будет продемонстрирован ниже). Кроме того значения ШДН, могут принимать разные значения, поэтому C будем рассчитывать по теореме синусов:

$$C = (H - 1,5) / \cos (\text{ШДН}/2) \quad (4.7)$$

Если условие 4.7 выполняется, то можно приступить к расчету площади, озвучиваемой потолочным громкоговорителем.

Радиус круга (для простоты) рассчитаем по теореме Пифагора (классическое решение):

$$R = \sqrt{C^2 - (H - 1,5)^2} \quad (4.8)$$

Таким образом: площадь, озвучиваемая потолочным громкоговорителем:

$$S_n = \pi R^2 \quad (4.9)$$

где R – радиус круга, м;
 π – константа, 3,1415.

Для ШДН=90° радиус круга будет равен разности между высотой потолка и отметкой 1,5 м (так как в этом случае катеты прямоугольного треугольника равны):

$$R = H - 1,5$$

Вариант №3

Определение площади озвучиваемой потолочным громкоговорителем, установленном на большой высоте

Для потолочного громкоговорителя установленного на большой высоте (H), может иметь место ситуация, изображенная на рис. 4.4, когда, эффективная дальность (L) находится в пределах:

$$(H - 1,5) < L < (H - 1,5) / \cos(\text{ШДН}/2) \quad (4.10)$$

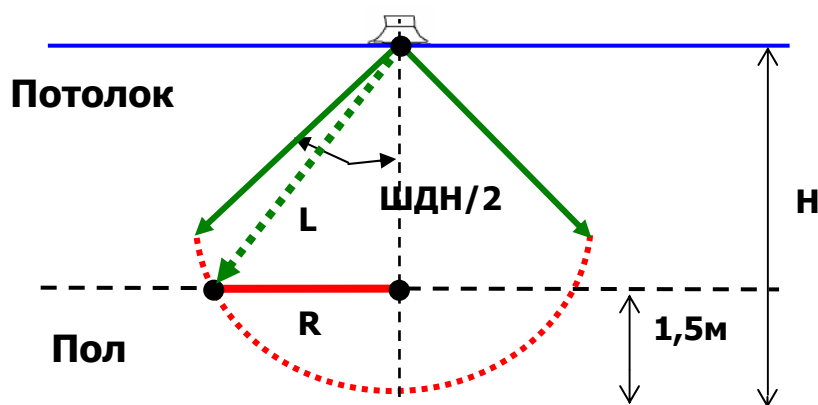


Рис. 4.4 Определение площади озвучиваемой потолочным громкоговорителем, установленном на большой высоте.

В этом случае радиус круга R , будет зависеть от эффективной дальности звучания L . Рассчитать его можно по теореме Пифагора:

$$R = \sqrt{L^2 - (H - 1,5)^2} \quad (4.11)$$

Вариант №4

Определение площади, озвучиваемой потолочным громкоговорителем, с учетом отражения от пола

В практических ситуациях следует учитывать отражения звука от различных поверхностей. У потолочного громкоговорителя максимум звуковой энергии направлен по направлению к полу. При низких (менее 5 м) потолках отражение обязательно будет иметь место, рис. 4.5.

Задача определения величины звукового давления с учетом отражений была решена нами ранее (см. формулу 2.16).

Из рис. 4.5 видно, что если звук, отразившись от пола, достигает отметки 1,5 м, то в этом случае радиус круга увеличивается:

$$R = R_1 + 2R_2$$

где R_1 – радиус круга, формула 4.11;

R_2 – величина на которую увеличится радиус, м.

$$R_2 = 1,5 \operatorname{tg} (\text{ШДН}/2)$$

Например, для случая: $\text{ШДН}=90^\circ$, $R_2 = 1,5$ м.

$$R = R_1 + 3,0 \text{ м.}$$

Используя для вычисления R_1 , формулу 4.11, получим следующее выражение для R :

$$R = \sqrt{(C^2 - (H - 1,5)^2)} + 3 \operatorname{tg} (\text{ШДН}/2) \quad (4.12)$$

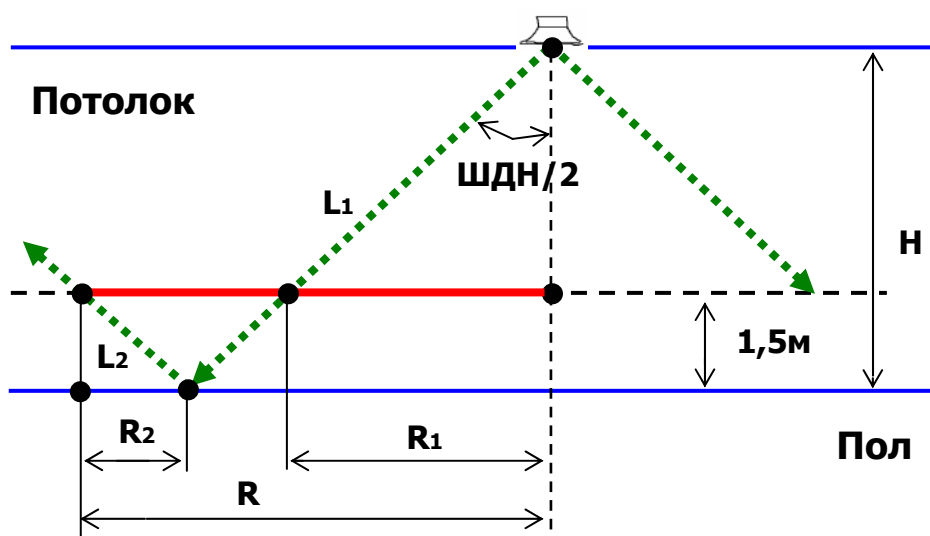


Рис. 4.5 Определение площади, озвучиваемой потолочным громкоговорителем, с учетом отражения от пола.

Критерием для определения нового радиуса будет следующее условие:

$$L \geq L_1 + L_2 \quad (4.13)$$

где L – эффективная дальность звучания громкоговорителя, м.

L_1 – гипотенуза прямоугольного треугольника (прямая звуковая волна), м;

L_2 – гипотенуза прямоугольного треугольника (отраженная звуковая волна), м.

Запишем формулы для расчета значений L_1 и L_2 :

$$L_1 = H / \cos (\text{ШДН}/2) \quad (4.14)$$

$$L_2 = 1,5 / \cos (\text{ШДН}/2) \quad (4.15)$$

Вариант №5

Расчет нового радиуса

Для потолочного громкоговорителя может иметь место ситуация, промежуточная между вариантами №2 и №4, рис.4.6. Запишем условие, соответствующее данной ситуации:

$$(H - 1,5) / \cos(\text{ШДН}/2) < L < L_1 + L_2 \quad (4.16)$$

где L_1, L_2 – гипотенузы, формула 4.13, м.

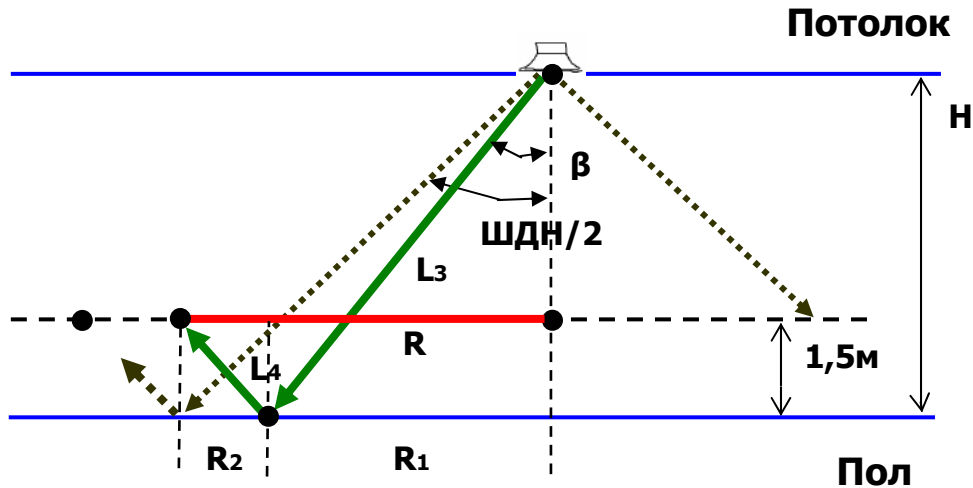


Рис. 4.6 К расчету нового радиуса

Задача определения нового радиуса сводится к нахождению угла β , при котором справедливо соотношение 4.16.

1) Найдем длину гипотенузы L_3 :

$$L_3 = H / \cos(\beta)$$

2) Найдем длину гипотенузы L_4 :

$$L_4 = 1,5 / \cos(\beta)$$

3) Составим уравнение:

$$L_5 = L_3 + L_4 = H / \cos(\beta) + 1,5 / \cos(\beta) = (H + 1,5) / \cos(\beta)$$

4) Найдем значение угла β :

$$\beta = \arccos((H + 1,5) / L_5)$$

5) Рассчитаем новый радиус R :

$$R = R_1 + R_2$$

где $R_1 = H \times \text{tg}(\beta)$, $R_2 = 1,5 \text{tg}(\beta)$ ²

² Данные выкладки полезны для алгоритмических расчетов.

При известных (полученных ранее) L_3 , L_4 , значения R_1 и R_2 можно вычислить по теореме Пифагора.

Запишем выражение для R , сложив значения для R_1 и R_2 :

$$R = (H + 1,5)\text{tg}(\beta) \quad (4.17)$$

Обобщим полученные результаты в виде алгоритма.

Алгоритм № 4.2

Расчет площади озвучиваемой потолочным громкоговорителем

Предполагается, что параметры громкоговорителя и размеры помещения и известны.

Дано:

L – эффективная дальность звучания громкоговорителя (уже рассчитана, см. алгоритм № 4.1), м,

H – высота потолков, м.

1) Проверим выполнение условия 4.5. Если условие не выполняется, громкоговоритель выбран не правильно.

2) Проверим выполнение условия 4.10. При выполнении условия – R считается по формуле 4.11 (см. вариант №3). Если условие 4.10 не выполняется, переходим к следующему шагу.

3) Проверим выполнение условия 4.16. При выполнении условия – R считается по формуле 4.17 (см. вариант №5). Если условие 4.16 не выполняется, переходим к следующему шагу.

4) Проверим выполнение условия 4.13. При выполнении условия – R считается по формуле 4.12 (см. вариант №4). Если условие 4.13 не выполняется, переходим к следующему шагу.

5) R вычисляется по формуле 4.8 (см. вариант №2).

6) Площадь вычисляется по формуле 4.9.

4.3 Выбор и расстановка громкоговорителей

Одной из задач, решаемой в процессе электроакустического расчета является выбор и расстановка громкоговорителей.

Для озвучивания открытых площадок используются рупорные громкоговорители, благодаря таким их характеристикам, как высокая степень направленности звука и высокий КПД.

В закрытых помещениях рекомендуется устанавливать звуковые громкоговорители внутреннего исполнения. В зависимости от конфигурации помещения это могут быть потолочные или настенные громкоговорители. Правильным выбором и расстановкой громкоговорителей можно добиться хорошего качества (разборчивости), а также равномерного распределения звука. 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 узко концентрированной звуковой энергии дальность звучания таких прожекторов может составлять несколько десятков метров.

При использовании потолочных громкоговорителей необходимо учитывать, что звуковая волна от громкоговорителя распространяется перпендикулярно полу, следовательно, озвучиваемая площадь на высоте ушей слушателей представляет собой круг, радиус которой принимается равным разности высоты крепления громкоговорителя и расстояния до отметки 1,5 м от пола (по нормативным документам). В большинстве задач для расчетов потолочной акустики, звуковые волны отождествляются с геометрическими лучами, а диаграмма направленности определяет углы (параметры) прямоугольного треугольника, следовательно, для расчета радиуса круга (катета треугольника) достаточно теоремы Пифагора. Для равномерного озвучивания помещения громкоговорители следует устанавливать так, чтобы результирующие площади слегка перекрывали друг друга. Необходимое количество громкоговорителей получается из отношения величин озвучиваемой площади к площади, озвучиваемой одним громкоговорителем. Расстановка громкоговорителей определяется геометрией здания. Расстояние между громкоговорителями, или шаг расстановки, определяют исходя из областей покрытия. При неправильной расстановке (превышении шага) звуковое поле будет распределяться неравномерно, в некоторых областях будут наблюдаться провалы, ухудшающие восприятие.

В случае применения громкоговорителей с большим звуковым давлением, возрастает уровень реверберационного фона (эхо). Чтобы компенсировать этот эффект, пол и стены помещения покрывают коврами или другими звукопоглощающими материалами. Еще одна причина реверберации связана с размещением громкоговорителей в помещениях с высокими потолками. Близко расположенные громкоговорители являются источником мощной помехи друг для друга, поэтому громкоговорители стараются расположить на большем расстоянии, при этом мощность звука увеличивают, что приводит к реверберационному фону. В таких случаях можно пореко-

мендовать использовать подвесные звуковые громкоговорители на шнурах или настенные громкоговорители.

Приведем некоторые простые рекомендации для расстановки настенных громкоговорителей. Если ширина помещения меньше 5м, то громкоговорители располагаются по длине помещения с рассчитываемым шагом.

С учетом отражений от стен:

$$(\text{Шаг расстановки, м}) = (\text{Ширина коридора, м} \times 4).$$

Если же ширина помещения больше 5м, то громкоговорители располагаются на противоположных стенах в шахматном порядке, с рассчитываемым шагом (в среднем 8-12 м). Не рекомендуется устанавливать громкоговорители в углах помещения.

Расстановка настенных громкоговорителей

Наиболее эффективно задача расстановки громкоговорителей решается аналитически, но без данных полученных на этапе электроакустического расчета обойтись невозможно.

Важной задачей при расстановке громкоговорителей, является обеспечение максимальной результирующей площади покрытия.

На рис. 4.7³ изображен пример расстановки, в котором громкоговорители могут (если есть возможность) монтироваться на противоположных стенах.

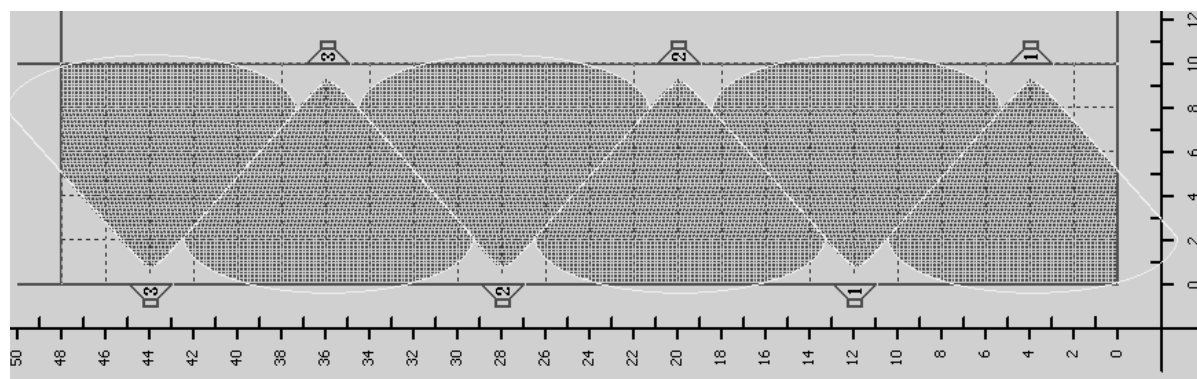


Рис. 4.7 Пример расстановки настенных громкоговорителей
в помещениях коридорного типа

³ Результат получен программным путем со следующими исходными данными: размеры помещения 48х10х3,5м, УШП 60 дБ (без учета отражений), громкоговоритель 88 дБ, 6 Вт, установка на высоте 2,8 м, угол наклона 20°.

Из рисунка видно, что для данной конфигурации наиболее эффективной будет расстановка громкоговорителей в шахматном порядке, при которой достигается максимально возможная результирующая площадь покрытия.

Рассмотрим несколько типов помещений, для каждого из которых продемонстрируем варианты расстановки:

1. Помещения коридорного типа.
2. Расстановка громкоговорителей в прямоугольных помещениях (широкие коридоры).
3. Расстановка громкоговорителей в помещениях близких к квадратным.

Расстановка настенных громкоговорителей в помещениях коридорного типа

На рис. 4.8 изображен вариант, в котором все громкоговорители устанавливаются на одной стене. Рассчитаем шаг расстановки ($Ш$) громкоговорителей:

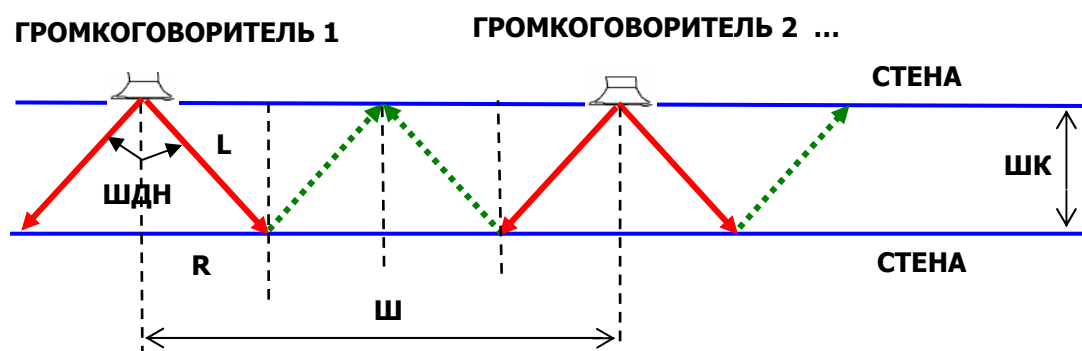


Рис. 4.8 Расстановка настенных громкоговорителей

Для узких коридоров ($ШК < 5м$) будут иметь место отражения. Из рисунка видно, что шаг расстановки настенных громкоговорителей можно определить как:

$$Ш = 4R \quad (4.18)$$

где R – величина проекции боковой образующей конуса (L) на противоположную стену, м.

$$R = ШК \times \operatorname{tg} (ШДН/2)$$

где $ШК$ – ширина коридоров, м.

Для широких коридоров ($ШК > 5м$) без учета отражений:

$$Ш = 2R$$

Для прямоугольных помещений, применяется комбинация вышеозначенных подходов.

Решим обратную задачу: рассчитаем необходимый уровень звукового давления громкоговорителя (P_0), в зависимости от ширины коридоров, таблица 4.1.

Исходные данные:

$\text{ИДН (громкоговорителя)} = 90^\circ$;

$N (\text{помещения}) = 60\text{дБ}$;

ШК – Ширина коридоров.

Рассчитаем величина боковой образующей (конуса) L , см. рис 4.8.

$$L = \text{ШК} / \cos(\text{ИДН}/2)$$

Зная значение L , легко вычислить уровень звукового давления P_0 , см. формулу 2.13.

Результаты расчета P_0 , для различных значений (ШК), сведены в таблицу 4.1.

Таблица 4.1

Зависимость шага расстановки настенных громкоговорителей от ширины коридора

Шир кор ШК, м	Дальность 2L, м.	Зв. Давл. P ₀ , дБ.	Расстояние R, м.	Шаг Ш, м.
2,0	5,7	90,0	2,0	8,0
2,5	7,1	92,0	2,5	10,0
3,0	8,5	93,6	3,0	12,0
3,5	9,9	94,9	3,5	14,0
4,0	11,3	96,1	4,0	16,0
4,5	12,7	97,1	4,5	18,0
5,0	14,1	98,0	5,0	20,0

Из таблицы видно, что звуковое давление громкоговорителя находится в рабочих пределах, что подтверждает данные оценки. Цифра 2 в столбце для расчета L означает, что мы учитываем отражения (от противоположной стены). При более высоком уровне шума отражение может не происходить (можно рассчитать). В этом случае вместо величины $2L$, необходимо брать L . В этом случае расчетная величина звукового давления P_0 уменьшится на 6дБ.

Расстановка потолочных громкоговорителей

Критерии и принципы расстановки потолочных громкоговорителей во многом схожи с принципами, применяемыми к настенным громкоговори-

телям, например, для узких коридоров подход практически тот же самый (стены меняем на пол и потолок), рис. 4.8.

Продemonстрируем некоторые аналитические методы для решения задач, связанных с расстановкой потолочных громкоговорителей.

На рис. 4.9 изображена расстановка потолочных громкоговорителей, при которой озвучиваемые площади (круги), соприкасаются, но не пересекаются.

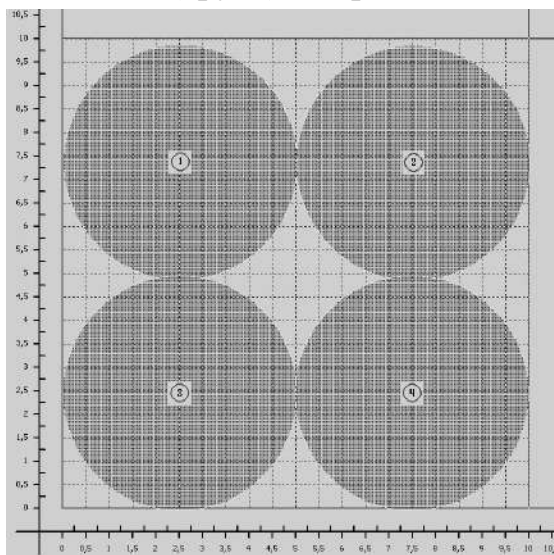


Рис. 4.9 Расстановка потолочных громкоговорителей, при которой площади покрытия не пересекаются

При такой расстановке озвучивается 80% площади ($4/\pi$). Для обеспечения более плотного покрытия, что необходимо для более комфортного звучания, круги должны пересекаться рис. 4.10.

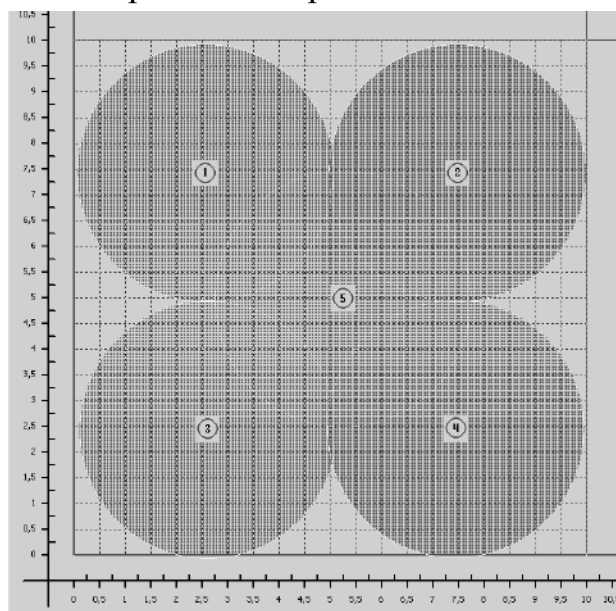


Рис. 4.10 Расстановка потолочных громкоговорителей, при которой озвучиваемые площади перекрываются

4.4 Расчет количества громкоговорителей

Для простых случаев, когда известна площадь помещения, но не известна его конфигурация, зная эффективную площадь озвучиваемую одним громкоговорителем, можно оценить общее количество громкоговорителей (K_1), необходимое для озвучивания данной площади:

$$K_1 = \text{int}(S_n / S_{\text{сп}}) + 1 \quad (4.19)$$

где S_n – площадь озвучиваемого помещения, м. кв;

$S_{\text{сп}}$ – площадь, озвучиваемая одним громкоговорителем, м. кв;

int – операция округления до целого значения;

+1 – корректировка результата округления в большую сторону.

Данную формулу легко применить и для расчета количества (K_2) настенных громкоговорителей, устанавливаемых в коридорах:

$$K_2 = \text{int}(D / III) + 1 \quad (4.20)$$

где D – общая длина коридора, м,

III – шаг расстановки громкоговорителей, формула 4.18.

Выводы: Мы рассмотрели простые, но практически полезные методы, многократно опробованные на практике. Как уже было отмечено, в более сложных задачах необходимо применять вычислительные средства и измерительную технику.

5.

**ОСОБЕННОСТИ
ПОСТРОЕНИЯ
СИСТЕМ
ОПОВЕЩЕНИЯ**

На основании требований нормативной документации большинство зданий и сооружений должны быть оснащены системами оповещения и управления эвакуацией (СОУЭ). СОУЭ является одной из важнейших составляющих системы пожарной безопасности. Основные этапы проектирования СОУЭ были рассмотрены в главе 1.

В данной главе будут рассмотрены особенности функционирования, продемонстрированы основные принципы и способы построения систем оповещения (3,4 типа) на базе трансляционного оборудования.

5.1 Классификация систем оповещения

Системы оповещения можно классифицировать, рис. 5.1:

- по функциональному назначению;
- по способу управления;
- по способу передачи информации;
- по конструктивному исполнению;
- по области применения;
- по способу реализации.

По функциональному назначению

По функциональному назначению системы оповещения можно разделить на трансляционные, аварийные, комбинированные.

Трансляционные системы – позволяют транслировать информацию различного назначения, с различных источников: речевые объявления, информационные сообщения, музыкальную (радио), рекламную информацию.

Аварийные системы – позволяют в тревожном режиме ручным или автоматическим способом транслировать аварийные сообщения.

Комбинированные системы – многофункциональные системы, имеющие несколько приоритетов. Аварийное сообщение в таких системах, транслируется по высокому приоритету, блокируя низкие приоритеты (менее значимые функции), например, музыкальную трансляцию.

По способу управления

По способу управления системы оповещения можно разделить на полуавтоматические, автоматические, дистанционного управления.

Полуавтоматические системы – системы, в которых имеется возможность осуществлять (локальное или дистанционное) управление, вмешиваться в процесс оповещения, с целью его приостановки или корректировки. Такие системы иногда называют системами ручного управления.

Автоматические системы – системы управляемые (включаемые) автоматически (без участия оператора), при активации средствами пожарного оповещения.

Дистанционного управления – многофункциональные системы управляемые (полуавтоматически или автоматически) дополнительными средствами – дистанционно.

По способу передачи информации

По способу передачи информации системы оповещения можно разделить на проводные и беспроводные.

В беспроводных системах передача информации осуществляется по радиоканалам.

В проводных системах – передача информации осуществляется по проводам (линиям). Проводные системы наиболее распространены, отличаются повышенной надежностью, удобством эксплуатации и обслуживания.

По конструктивному исполнению

По конструктивному исполнению системы оповещения можно разделить на настольные, стоечные, модульные.

Настольные системы – моноблоки, имеющие (простое) конструктивное исполнение, предназначены для установки на стол или на специальные полки, при наличии дополнительных креплений, могут устанавливаться (монтироваться) непосредственно в стойки. Большинство настольных систем являются многофункциональными устройствами, но имеют ограничения, например по мощности.

Стойчные системы – строятся (формируются) из набора блоков, различного функционального назначения, выполненных в жестком металлическом корпусе (рэковом), предназначены для установки в специализированные электротехнические шкафы, или стойки.

Электротехнический шкаф защищает блоки от несанкционированного доступа, обеспечивает необходимый температурный режим, сохранность, увеличивает срок эксплуатации оборудования.

Модульные системы – многофункциональные системы, состоящие из отдельных, как правило, съемных (заменяемых) модулей. Данные модули могут монтироваться в одном или нескольких корпусах (кейсах) или электротехнических шкафах.

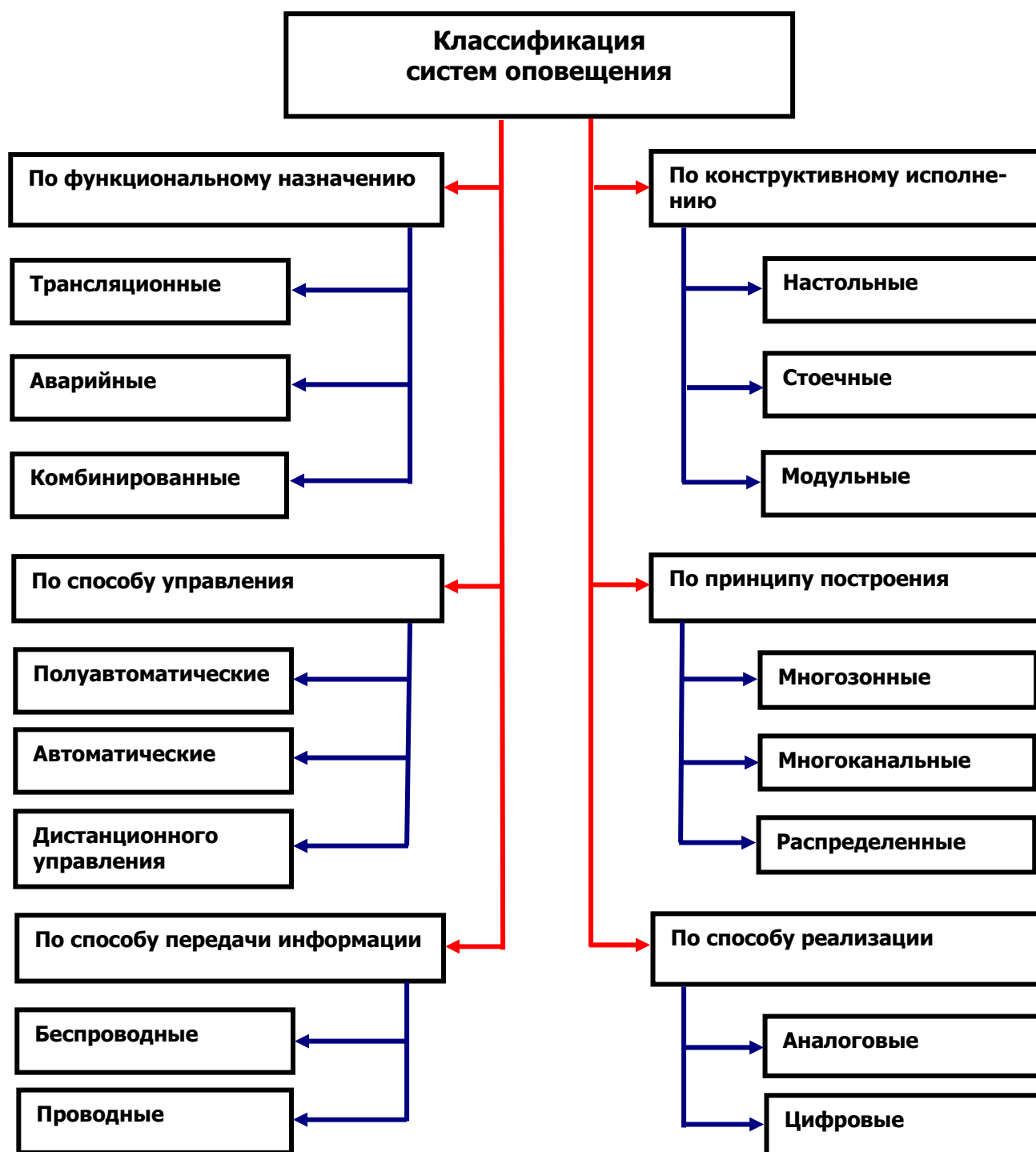


Рис. 5.1 Классификация систем оповещения

По принципу построения

По принципу построения системы оповещения можно разделить на многозонные, многоканальные, распределенные.

Многозонные системы – позволяют (имеют возможность) транслировать служебное или экстренное сообщение в конкретные (в одну, несколько, во все) зоны.

Многоканальные системы – позволяют одновременно или раздельно транслировать различную информацию в различные зоны по отдельным каналам. Если в системе предусмотрена возможность ручного или автоматического управления входными сигналами и перенаправления (переключения) их в различные (прямые или перекрестные) каналы, то такие системы называют – матричными (или матрицами).

Распределенные системы – совмещают возможности многозонных и многоканальных и систем с возможностью дистанционного управления. В таких системах основные исполнительные блоки, иногда называемые терминальными или периферийными, могут выноситься на большие расстояния. Контроль и управление периферийными блоками осуществляется с централизованных постов. Сбор и анализ информации, осуществляется с целью принятия оптимальных решений. Высокая функциональность и гибкость в таких решениях достигается за счет (широкого) использования программного обеспечения.

По способу реализации

По способу реализации системы оповещения можно разделить на аналоговые и цифровые.

Аналоговые системы – характеризуются высокой надежностью и доступностью по цене.

Цифровые системы оповещения – строятся по современным (эффективным) цифровым технологиям, позволяющим достигать высоких показателей по качеству, эргономичности (элементная база), минимизировать потребляемую энергию. Цифровые методы преобразования и кодирования, позволяют передавать информацию на большие расстояния, по различным каналам (сетям), в том числе оптоволоконным. Системы, построенные по цифровым технологиям, легко интегрируются с другими системами.

5.2 Микрофоны. Микрофонные консоли

Микрофон – электроакустический прибор, преобразовывающий звуковые колебания в колебания электрического тока.

В основе работы микрофонов лежит преобразование акустического давления на входе в электрический сигнал на выходе. Другими словами, он преобразует звук в электрическую энергию, см. рис.2.1.

Микрофоны различаются по типу, по направленности, по исполнению.

На сегодняшний день наибольшее распространение получили два типа микрофонов: динамический и конденсаторный или электретный. Внешний вид данных микрофонов показан на рис. 5.2.



Рис. 5.2 Внешний вид динамического, электретного микрофонов, микрофонной консоли.

Основной компонентой динамического микрофона является мембрана с катушкой, движущейся в магнитном поле. Звуковое давление приводит мембрану в движение, катушка начинает двигаться в магнитном поле, при этом вырабатывается электрический ток. Динамические микрофоны имеют свои преимущества и недостатки. Например, массивность мембраны, приводит к ухудшению восприятия верхних частот (искажению АЧХ), а также восприятию коротких, острых сигналов. К преимуществам можно отнести то, что они менее подвержены возбуждению от обратной связи (Feedback).

Конденсаторные микрофоны представляют собой (в общем смысле) конденсатор, одна из обкладок которого закреплена жёстко, а другая – подвижно. Подвижная обкладка и есть мембрана микрофона. Звук попадает на мембрану и заставляет её колебаться. При колебании мембраны расстояние между обкладками изменяется, что и приводит к изменению ёмкости конденсатора и электрического сигнала на выходе. Для работы такого микрофона необходимо на обкладки конденсатора подать напряжение, которое называется фантомным. Из-за того, что мембрана изготовлена из тончайшей металлической фольги и имеет очень маленькую массу, такие микрофоны очень чувствительны к высоким частотам и имеют гладкую АЧХ. Всё это можно отнести к преимуществам конденсаторного микрофона. Недостатком является наличие тонкой и чувствительной мембраны. Это приводит к тому, что конденсаторные микрофоны также чувстви-

ны и к перегрузкам по входу (легко возбуждаются). Конденсаторные микрофоны отличаются по способам подачи и уровням фантомного питания, поэтому, при использовании конденсаторного микрофона необходимо строго соблюдать требования инструкции по эксплуатации.

При работе с микрофоном в звуковом тракте могут возникнуть паразитные обратные связи, проявлением которых является резкое повышение уровня звука (например, свист) на какой-либо частоте. Такие частоты называют резонансными или частотами завязки. Обратные связи проявляются в тех случаях, когда микрофон устанавливается в непосредственной близости от громкоговорителя (при неправильной расстановке оборудования). При этом последствия могут быть различными: от неприятных свистов до выхода оборудования из строя. В отдельных случаях или при использовании большого количества микрофонов может понадобиться дополнительный прибор – подавитель обратной связи.

Еще одной важной характеристикой микрофона, является диаграмма направленности. Наиболее распространенными являются два типа диаграмм: кардиоидная и круговая. Для кардиоидной диаграммы, рис. 5.3, характерна максимальная чувствительность в направлении микрофона.

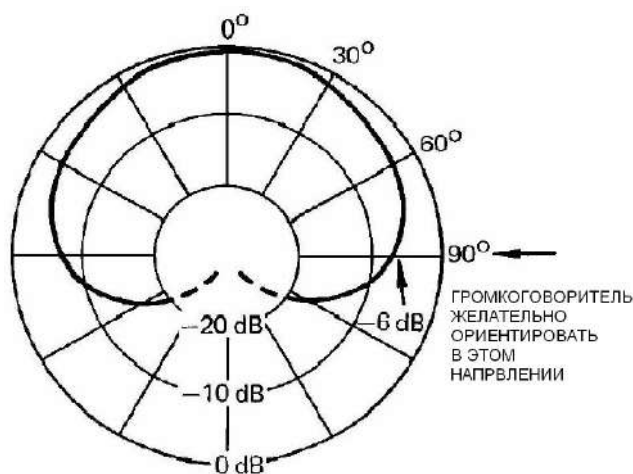


Рис. 5.3 Кардиоидная диаграмма направленности микрофона

Микрофон является частью звукового тракта. Для улучшения качества восприятия, минимизации фоновых и паразитных эффектов, звуковой тракт от микрофона до усилителя мощности необходимо нормировать, привести в соответствие регуляторы входных (чувствительность) и выходных уровней, предварительного усилителя и усилителя мощности (примерные значения уровней показаны на рис. 3.3). Регуляторы должны быть установлены в такое положение, при котором отсутствует искажение звукового сигнала и при этом

достигается максимальная громкость на громкоговорителе. Настройка происходит при соблюдении определенных правил эксплуатации микрофона. При объявлении через микрофон расстояние от губ диктора до головки микрофона должно быть нормированным (30-50 см). Эти и другие моменты необходимо отражать в документации на СЗО.

Еще одним распространенным инструментом для ручного (полуавтоматического) управления являются микрофонные консоли.

Микрофонная консоль – это устройство, совмещающее в себе функции микрофона, микшера (предварительного усилителя) и селектора зон. Консоль предназначена для дистанционного управления системой оповещения, выбора зон и передачи в них речевого сообщения. К аудио входу консоли возможно подключение различных источников сигнала, в т.ч. компьютера, CD проигрывателя, радиоприемника.

На сегодняшний день большинство микрофонных консолей работают по протоколам RS-422/RS-485, что позволяет использовать их в различных конфигурациях, а также выносить на большие расстояния.

5.3 Многозонные системы звукового оповещения

Термин многозонные системы оповещения часто используется на практике, но он не совсем точен (см. определение зоны в нормативах). Неточность термина, компенсируется определенной логической связью. На начальном этапе проектирования определяется количество зон, в процессе электроакустического расчета определяется количество и мощности линий громкоговорителей. При этом количество линий должно быть не меньше количества зон, а максимальное количество линий определяется задачами и в зависимости от этого подбирается система оповещения с определенными функциональными возможностями.

Многозонные системы оповещения, иногда называют распределенными или системами с централизованным управлением.

Наибольшее распространение получила система оповещения с одним звуковым трактом (каналом), сигнал которого разветвляется по нескольким линиям селектором зон (рис. 5.4).

Селектор зон коммутирует выход трансляционного усилителя к выбранной (нужной) линии громкоговорителей. В данном решении в качестве исполнительного элемента применены реле, рассчитанные на соответствующую мощность. Селектор управляется сигналом от СПС или встроенными кнопками.

Полуавтоматическое/автоматическое/дистанционное управление

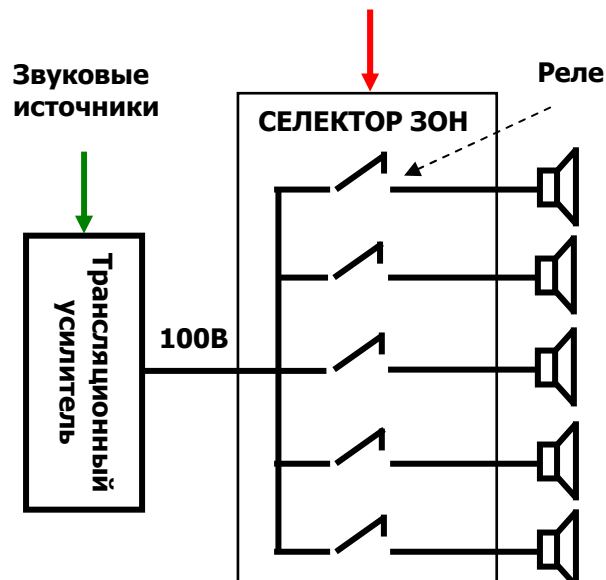


Рис. 5.4 Многозональная одноканальная система.

При проектировании систем оповещения необходимо обращать внимание на характеристики используемых селекторов, например, на коммутационные характеристики реле. Нагрузка в линии, которую коммутирует данное реле, не должна превышать его возможности.

Преимуществом такого способа реализации является простота.

5.4 Многоприоритетные системы оповещения

Системам оповещения присуще понятие многофункциональности, важным свойством которой является многоприоритетность.

Сигналы управления, поступающие на систему оповещения, в том числе от других систем, могут различаться по степени важности или по приоритетности. Система оповещения должна уметь различать эти сигналы и обрабатывать их в определенной последовательности. В самом простом случае для каждого сигнала управления должен быть предусмотрен соответствующий вход, имеющий соответствующий приоритет.

Понятие приоритетности наиболее актуально для одноканальных систем, в которых высокоприоритетный сигнал, отключает (в зависимости от способа реализации блокирует или приглушает) низкоприоритетный сигнал.

Пример приоритетов:

1) Тревожное сообщение имеет высокий приоритет, фоновое музыкальное звучание – низкий.

2) Сигналы гражданской обороны должны приглушать (блокировать) не только музыкальную трансляцию, но и внутренние служебные сообщения (объявления, рекламу).

На рис. 5.5 приведена возможная (примерная) градация приоритетов.

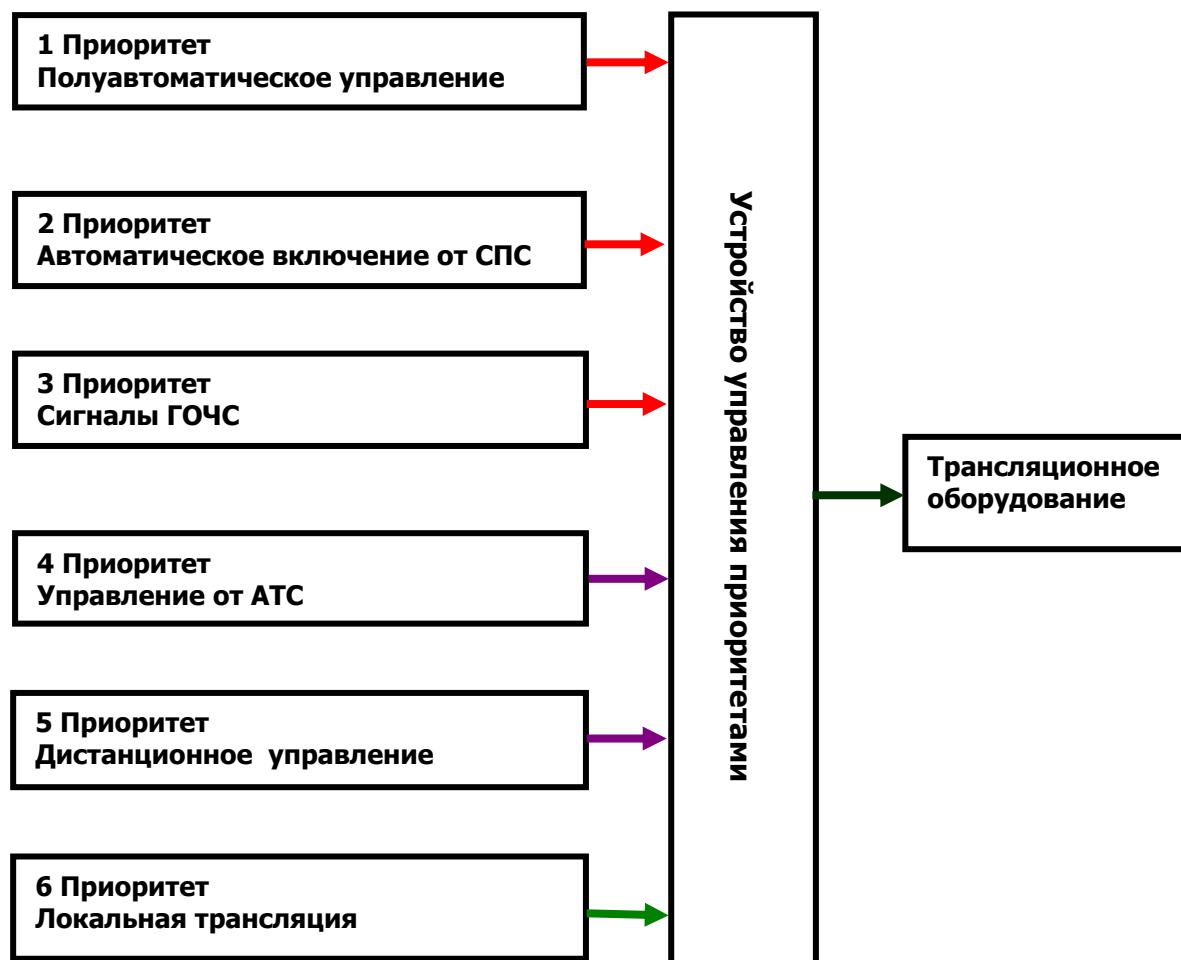


Рис. 5.5 Примерная градация приоритетов в системе оповещения

Где: СПС – система пожарной сигнализации;

ГОЧС – система гражданской обороны при чрезвычайных ситуациях;

АТС – автоматическая телефонная станция (система).

Наиболее высокий приоритет отводится дежурному оператору (или другому ответственному лицу), который, при нестандартном развитии событий должен иметь возможность приостановить и при необходимости скорректировать процесс аварийного оповещения.

На рис 5.6 изображен пример схемы управления приоритетами, на базе трехприоритетного устройства.

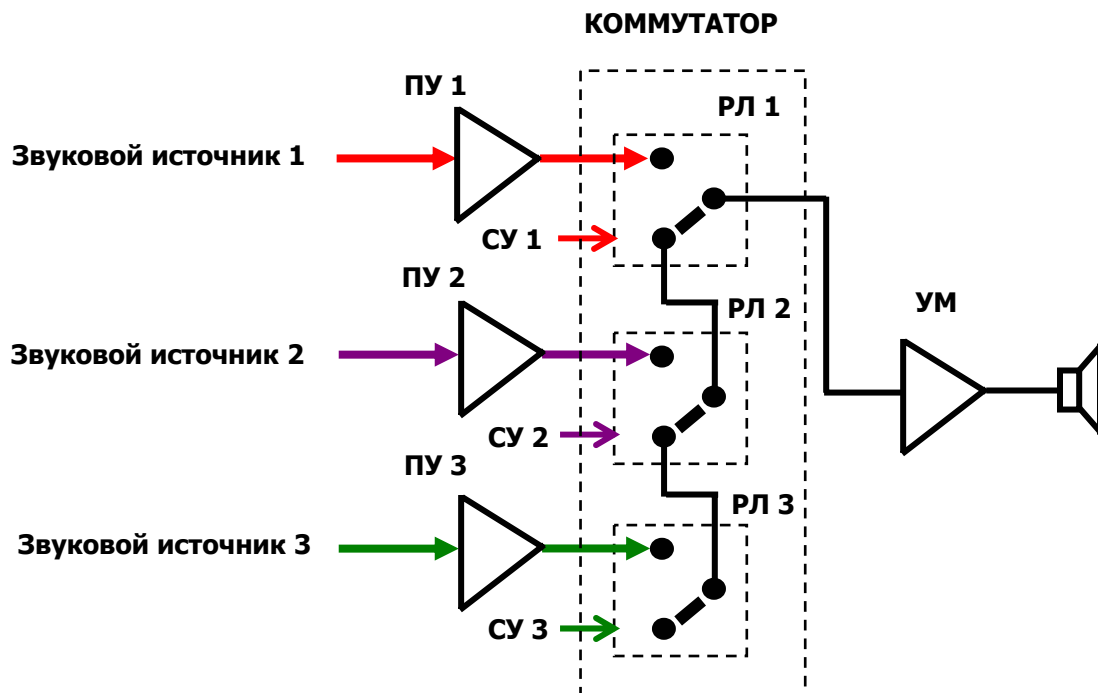


Рис. 5.6 Схема управления приоритетами.

Где: ПУ – предварительный усилитель;

СУ – сигнал управления;

РЛ – трехпозиционное реле;

УМ – усилитель мощности.

Коммутатор приоритетов выполнен на базе трехпозиционных реле, управляемых “сухим контактом” (англ. Short circuit).

При поступлении сигналов управления (СУ1-3) на соответствующие входы (с 1 по 3), происходит переключение соответствующих контактов.

В начальном положении, при отсутствии управляющего сигнала, к входу усилителя мощности (УМ), звуковые источники не подключены.

Низкий приоритет: при поступлении сигнала управления СУ3 на реле РЛ3, происходит коммутация звукового источника (3) к усилителю мощности УМ.

Средний приоритет: при поступлении сигнала управления СУ2 на реле РЛ2, происходит коммутация звукового источника (2) к усилителю мощности УМ, звуковой источник 3 отключается.

Высокий приоритет: при поступлении сигнала управления СУ1 на реле РЛ1, происходит коммутация звукового источника (1) к усилителю мощности УМ, звуковые источники 2,3 отключаются.

5.5 Комбинированные системы оповещения

В комбинированных системах оповещения объединяются различные возможности – автоматическое, полуавтоматическое управление, многозонность, контроль линий, дистанционное управление, радиотрансляция (фоновое озвучивание) и т.д.

На рис. 5.7 представлена типовая структурная схема комбинированной системы оповещения.

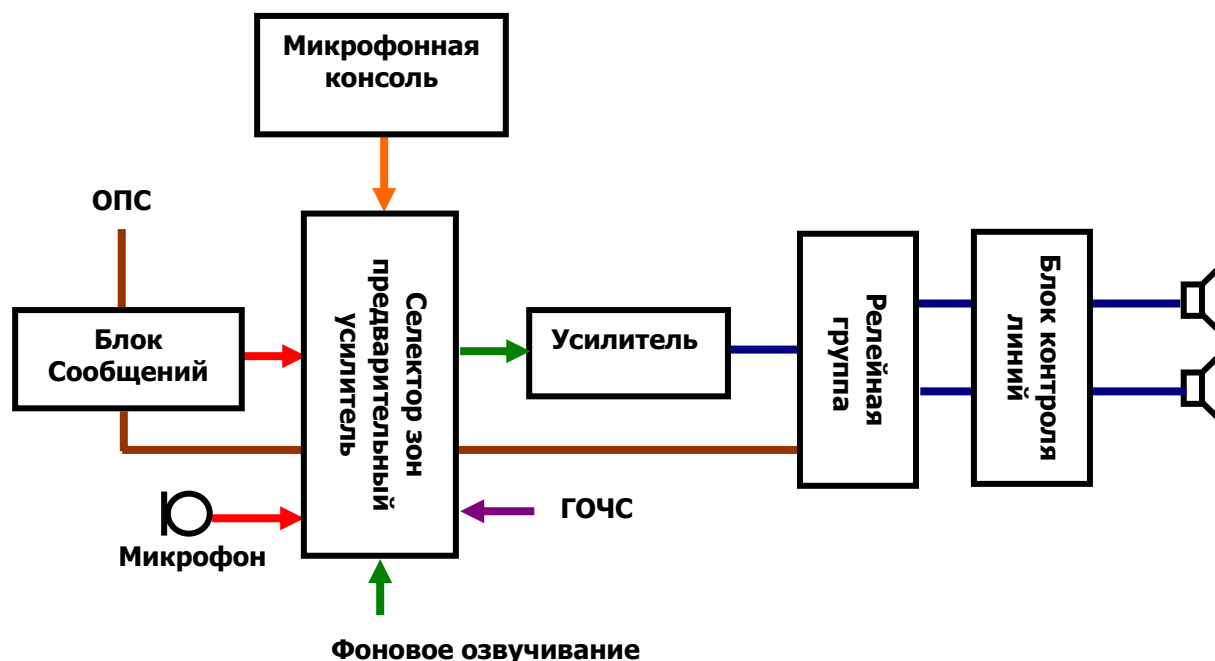


Рис. 5.7 Структурная схема комбинированной системы оповещения

Самый высокий приоритет в данной системе имеет аварийный микрофон, звуковое сообщение с которого через высокоприоритетный (микрофонный) вход предварительного усилителя (входящего в состав селектора) поступает в зоны, выбранные при помощи кнопок селектора. Аудиосигнал с выхода предварительного усилителя поступает на вход усилителя мощности и далее в линию, соответствующую номеру кнопки нажатой (выбранной) на селекторе.

В автоматическом режиме сигнал от системы пожарной сигнализации запускает блок сообщений (источник сигнала). На выходе селектора зон формируется контакт для включения соответствующего реле (активация релейной группы), коммутирующего высоковольтный выход усилителя к линии громкоговорителей (см. рис. 5.4).

Дистанционное управление осуществляется при помощи микрофонной консоли.

Предварительный усилитель имеет аудио вход, к которому можно подключить любой источник звука (компьютер, тюнер). Данный вход имеет низкий приоритет.

В системе предусмотрен блок контроля линий, который включается между релейной группой и громкоговорителями.

Автоматический контроль линий

В соответствии с нормативными требованиями, в системах оповещения должен быть обеспечен:

Автоматический контроль целостности линий связи с исполнительными устройствами систем противопожарной защиты и техническими средствами, регистрирующими срабатывание средств противопожарной защиты, с выдачей информации о нарушении целостности контролируемых цепей посредством световой индикации и звуковой сигнализации.

Работу блока контроля линий, продемонстрируем на примере блока автоматического контроля линий ROXTON LC-8108, рис. 5.8.

ПРИМЕЧАНИЕ: Оборудование ROXTON (Россия) – это комплекс сертифицированных цифроаналоговых устройств, предназначенных для построения систем звукового оповещения.

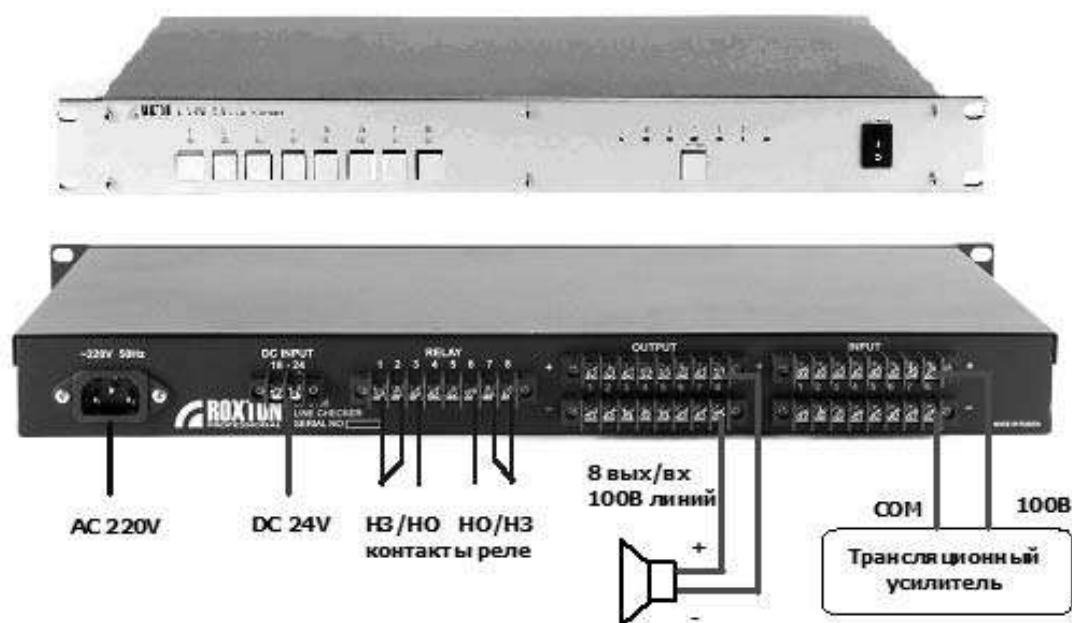


Рис. 5.8 Блок автоматического контроля линий ROXTON LC-8108

Блок LC-8108 в ручном и автоматическом режимах контролирует 8 линий связи с громкоговорителями.

В блок встроен таймер, при помощи которого устанавливается период (интервал) проверки линии. В автоматическом режиме, по истечении установленного периода, измеряется импеданс линии в течение 0,2 секунды. На время измерения происходит размыкание (отключение) выходов трансляционных усилителей или в зависимости от включения, выходов релейной группы, от линий громкоговорителей. Блок измеряет импеданс линии в диапазоне от 2 Ом до 5 кОм и сравнивает измеренную величину с величиной, сохраненной в памяти блока при тестировании линии. В случае отклонения измеренной величины, включается световая и звуковая индикация.

Блок определяет 3 вида неисправности линии: отклонение (величина отклонения настраивается), разрыв, замыкание. Каждому виду неисправности соответствует своя индикация. На выходе блока формируется выходной сигнал, для дистанционного контроля.

Блок полностью соответствует требованиям нормативно технической документации, имеет функцию самотестирования, прост в эксплуатации, не требует настроек и позволяет осуществлять контроль линий в дежурном режиме.

Системы оповещения с возможностью трансляции коммерческой информации

Системы оповещения с возможностью трансляции коммерческой информации или музыки, могут иметь как встроенные источники звука (например, таймеры, для включения рекламы), так и дополнительные входы для подключения внешних музыкальных источников. В любом случае, для музыкальной (фоновой) трансляции (коммерческой информации) отводится низкий приоритет.

В ПРИЛОЖЕНИИ 3 дан пример реализации, на базе комбинированной системы ROXTON SX-240/480.

5.6 Многоканальные системы звукового оповещения

Многоканальная система – система, состоящая из нескольких (более одного) звуковых каналов. Каждый канал представляет собой отдельный звуковой тракт (рис. 3.6), с индивидуальной звуковой трансляцией. Многоканальная система может быть многозонной, с числом зон равным или превышающим число каналов.

Преимуществом многоканальных систем является то, что музыкальная трансляция не прерывается в тех линиях (зонах), куда не предполагалась подача информационно-аварийных сообщений, информационно-аварийные сообщения прерывают низкоприоритетную трансляцию только в тех зонах, где это необходимо.

Возможная структура такой системы приведена на рис. 5.9. Здесь каждый канал представляет собой независимый звуковой тракт, который коммутируется к линии громкоговорителей при помощи селектора, снабженного трехпозиционными реле. Включение реле осуществляется как вручную (при помощи кнопок), так и автоматически (подачей сухого контакта). В нормальном режиме контакты реле соединяют 100В выходы усилителей с нужной линией, в каждую из которых поступает независимый звуковой (например, музыкальный) сигнал от отдельного звукового источника. Для аварийного режима предусмотрен дополнительный (аварийный) усилитель, который при необходимости коммутируется к нужному каналу блоком аварийного управления, отключая при этом соответствующий звуковой источник.

ПРИМЕЧАНИЕ: В данной реализации мощность аварийного усилителя должна быть не ниже суммарной мощности всех каналов.

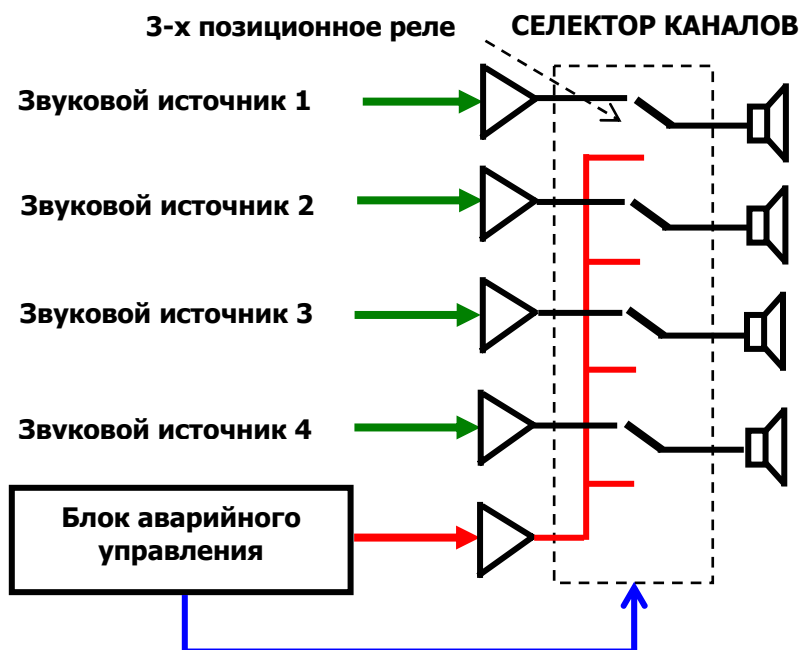


Рис. 5.9 Вариант реализации многоканальной трансляционной системы

В данной схеме присутствует аппаратная избыточность. Подобного недостатка лишены схемы, в которых используются только 4 усилителя вместо 5-ти, источник аварийного сигнала коммутируется к входу нужного усилителя, в зависимости от необходимости. Такие решения существуют и реализуются при помощи аудио матриц или многоканальных предварительных усилителей.

Пример реализации многоканальной системы

На рис. 5.10 изображена 8-ми канальная система музыкальной трансляции и аварийного оповещения, построенная на базе 8-ми канального микшера (ITC-ESCORT T-6240).

ПРИМЕЧАНИЕ: Оборудование ITC-ESCORT – это инновационное решение, состоящее из широкого набора различных устройств и блоков, предназначенных для построения систем звукового оповещения.

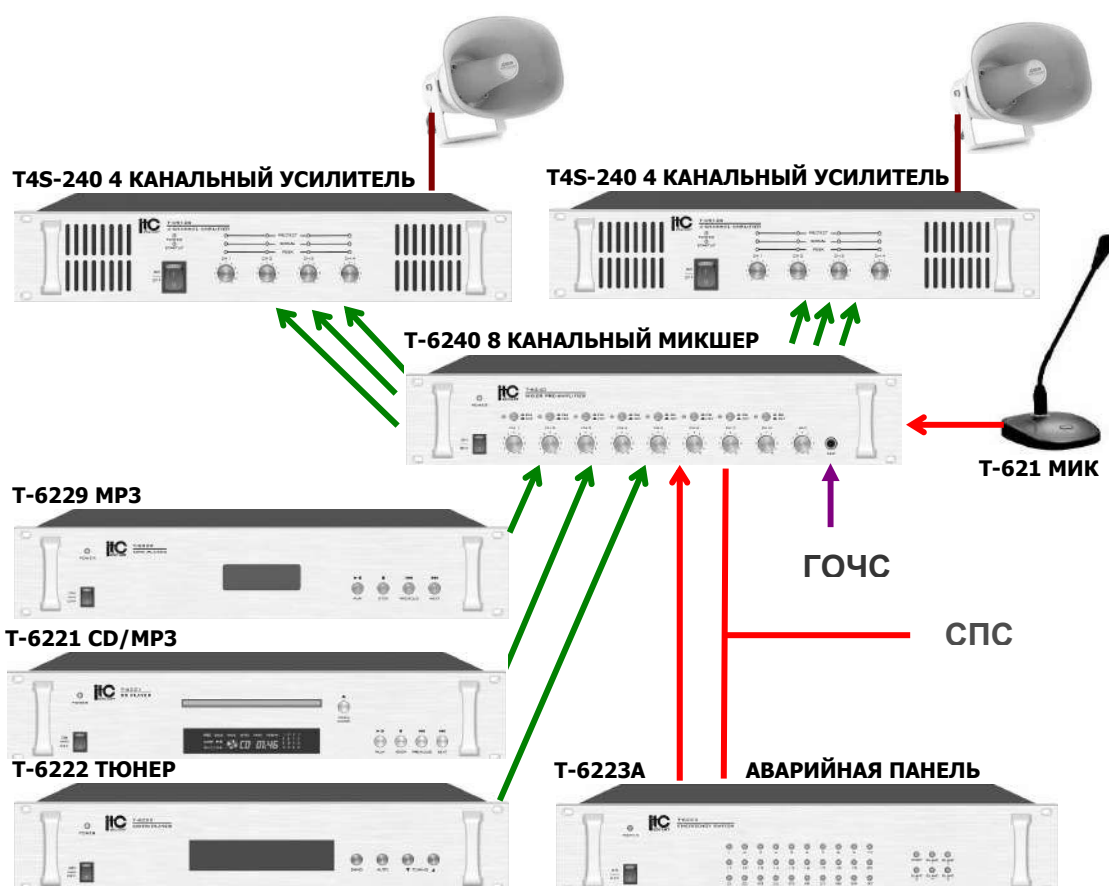


Рис. 5.10 Пример построения многоканальной системы оповещения

Входы микшера имеют три приоритета.

Низкий приоритет: К входу микшера можно подключить до 8-ми низкоприоритетных звуковых источников (музыкальная трансляция, реклама), к выходу до 8 усилителей мощности (на схеме изображены два 4-х канальных усилителя). Каждый звуковой источник подключен к соответствующему входу усилителя через отдельный независимый и регулируемый звуковой канал микшера.

Средний приоритет: Более высокий приоритет имеет микрофонный вход. Объявления с микрофона подключенного к данному входу поступают в канал, номер которого соответствует номеру кнопки, расположенной на передней панели блока. При нажатии соответствующей кнопки, трансляция в данном канале блокируется (отключается) на время объявления.

Высокий приоритет: Самый высокий приоритет имеют 2 аудио входа (на задней панели), к которым подключаются высокоприоритетные источники звукового сигнала. При появлении звукового сигнала (уровнем 0,7В) на входе 1, трансляция во всех каналах прекращается (приглушается) и замещается данным звуковым сигналом. Звуковой сигнал с входа 2 поступает в канал, номер которого определяется (и соответствует) номеру клеммы, замыкаемой (активируемой) сухим контактом. Трансляция в данном канале отключается на время присутствия сухого контакта на данной клемме.

Режим тревоги: сигнал (в виде сухого контакта) от СПС одновременно поступает на аварийную панель Т-6223А, на выходе которой формируется соответствующее звуковое сообщение. На микшере Т-6240 имеется 8 пар клемм, соответствующих номерам каналов. При поступлении (подаче) сухого контакта на определенную клемму, в канале соответствующему номеру этой клеммы музыкальная трансляция блокируется и замещается аварийным (тревожным) сообщением, поступившим с аварийной панели. Тревожное сообщение поступает на соответствующий вход 4-х канального усилителя Т4S-240 нагруженного линиями громкоговорителей.

Данная схема эффективна в задачах многоканальной музыкальной трансляции, с необходимостью включения аварийного оповещения (в тревожном режиме), применяется на объектах, где необходима отдельная музыкальная трансляция (например: гостиницы, рестораны, базы отдыха, спортивные сооружения).

Сопряжение систем оповещения с сигналами ГОЧС

Одной из актуальных на сегодняшний день задач является возможность сопряжения СОУЭ с системой оповещения гражданской обороны.

Приведем основные требования, которые при этом должны быть присущи системе оповещения:

- *Управление локальной системой оповещения на потенциально опасном объекте осуществляется с выносных пультов;*

- *Рабочее место дежурного диспетчера оборудуется техническими средствами, обеспечивающими:*

- *управление системой оповещения;*
- *прямую телефонную и, при необходимости, радиосвязь с оперативными дежурными;*
- *прямую проводную и радиосвязь дежурного диспетчера с оперативным персоналом;*
- *контроль прохождения сигналов и информации, передаваемых по системе оповещения;*
- *телефонную связь общего пользования.*

- *Технические средства систем оповещения должны находиться в режиме постоянной готовности к передаче сигналов и информации оповещения и обеспечивать автоматизированное включение оконечных средств оповещения по сигналам территориальной автоматизированной системы централизованного оповещения и от дежурного диспетчера.*

В системе ГОЧС по аварийному каналу (в том числе радио) передается аварийная информация. При этом требования к системе оповещения минимальны, а именно ей достаточно иметь только дополнительный приоритетный аудио вход. В случае, когда по одному каналу передается и служебная, и аварийная информация, удобней всего пользоваться возможностями полуавтоматического режима. Аварийная информация отделяется от служебной словами «Внимание всем». В любом варианте как автоматическом, так и полуавтоматическом в системе оповещения должен быть предусмотрен дополнительный канал или приоритет.

Наиболее простым способом сопряжения сигналов ГОЧС с системой оповещения является применение блока централизованного запуска БЦЗ. Такой блок является частью оборудования П-166. При возникновении чрезвычайной ситуации на выходе БЦЗ формируется аварийный аудио и

управляющий сигналы. Системе оповещения при этом достаточно иметь дополнительный аудио вход с определенным приоритетом.

В качестве примера, рассмотрим блок ROXTON PS-8208, рис. 5.11.

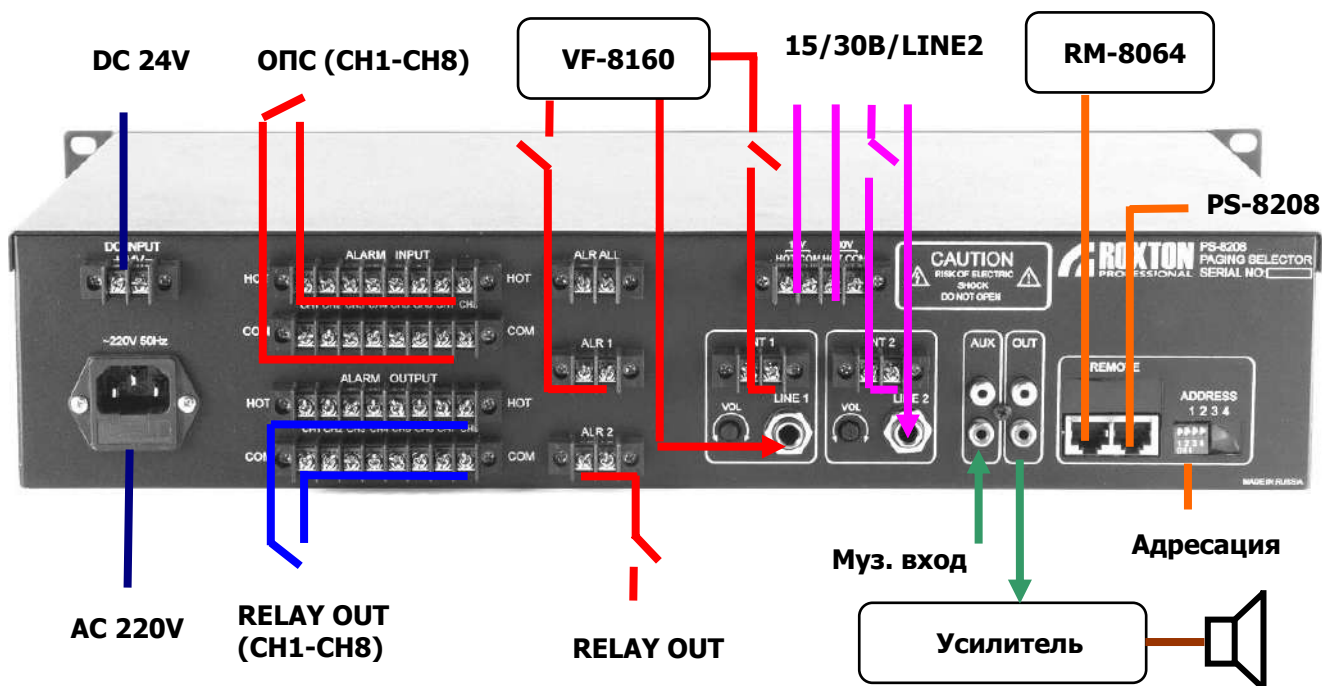


Рис. 5.11 Схема управления процессором-селектором ROXTON PS-8208

Данный блок совмещает функции процессора, микшера аудио сигналов, и селектора на 8 линий. Как микшер блок принимает и транслирует на выход 3 линейных, 1 микрофонный аудио-сигнал, а также сигнал от радиотрансляционного фидера 15/30В. Как селектор данный блок осуществляет управление дополнительными устройствами (MX-8108, RG-8108, см. приложение 4).

В процессоре реализованы 12 приоритетов, 8 из которых отведено выносным микрофонным консолям RM-8064, работающим по протоколу RS-485. При помощи одной микрофонной консоли, можно управлять 8-ю процессорами (64 линиями).

В блок встроен модуль сопряжения с трансляционной линией 15/30В, по которой передаются сигналы ГОЧС. В блоке присутствуют два композиционных входа разной приоритетности. На любой из которых можно подключить БЦЗ. Для принудительной активации в блоке предусмотрены дополнительные клеммы.

Данный процессор стыкуется практически с любыми (аналоговыми) СПС. На передней панели блока расположены индикаторы режимов работы, кнопки селектора, регуляторы громкости и тембра звука. Для актива-

ции аварийного оповещения по самому высокому приоритету предусмотрена кнопка аварийного включения всех зон.

Данный малобюджетный блок может применяться в составе практически любой СОУЭ как отечественного, так и импортного производства. Пример использования данного блока приведен в приложении 4.

5.7 Регуляторы громкости, селекторы программ

Регуляторы громкости

Регулятор громкости (аттенюатор) – устройство, используемое для повышения и понижения уровня звука громкоговорителя (акустической системы).

Регуляторы громкости можно классифицировать.

По способу реализации: аналоговые, цифровые (мы будем рассматривать только аналоговые).

По способу функционирования: резистивные, трансформаторные.

По количеству (управляющих) проводов: 2-х проводные, 3-х проводные, 4-х проводные.

По способу подключения: параллельное, последовательное.

По способу монтажа: врезные, накладные.

3-х проводные регуляторы громкости

На рис. 5.12, представлена схема функционирования 3-х проводного регулятора громкости.

Данный регулятор функционирует в составе определенного оборудования (например, Inter-M, Roxton-Inkel). Вход регулятора соединяется с 3-х проводной релейной группой, выход с громкоговорителем или линией (группой) громкоговорителей.

В нормальном (NORMAL) режиме, выход (NOR) релейной группы, подключается к линии громкоговорителей, через (резистивный) регулятор громкости.

В тревожном (EMERGENCY) режиме активируется аварийный выход (EM) релейной группы, сигнал с которого поступает в линию громкоговорителей напрямую, без возможности регулировки.

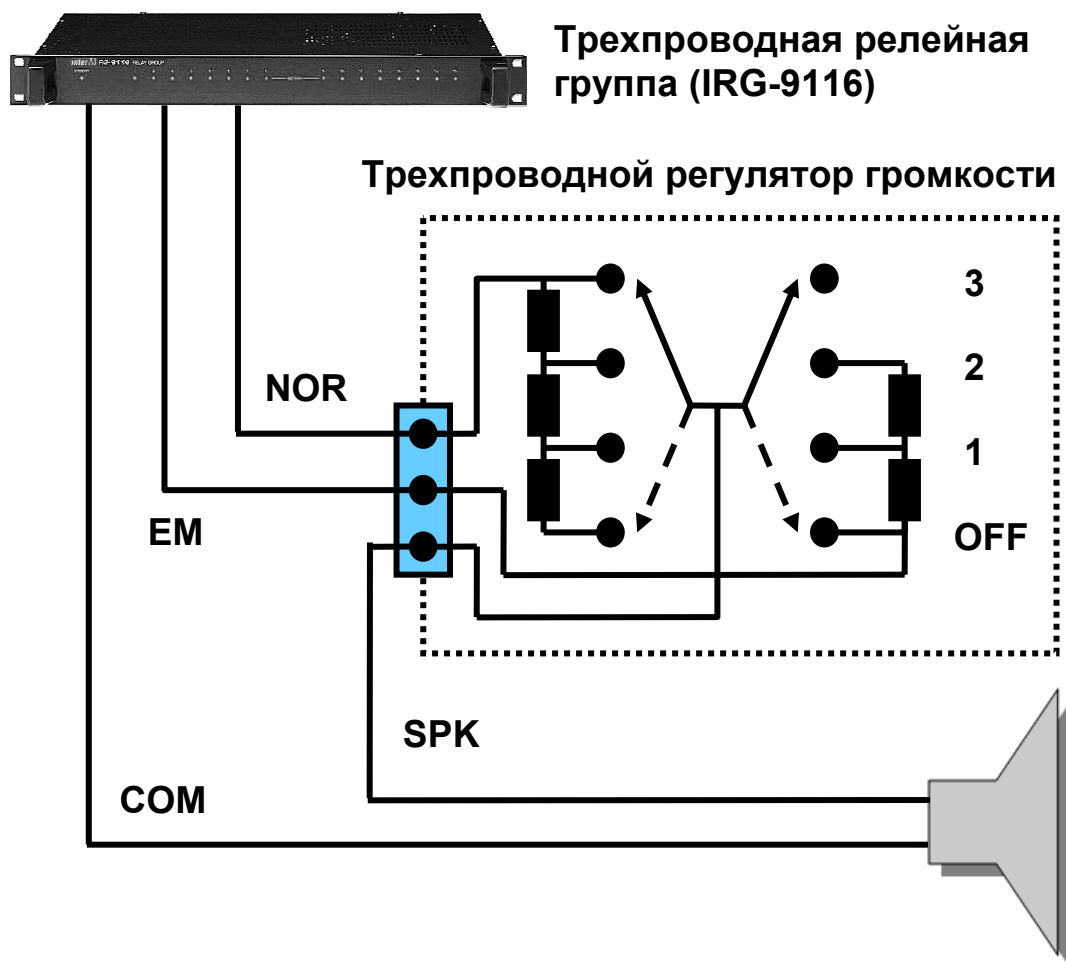


Рис. 5.12 Схема функционирования 3-х проводного регулятора громкости

4-х проводные регуляторы громкости

На рис. 5.13, представлена схема функционирования 4-х проводного регулятора громкости, с встроенным реле (принудительного) включения полной громкости в режиме аварийного (тревожного) оповещения ITC-ESCORT.

В модельный ряд данного оборудования входит широкая линейка регуляторов громкости различной мощности, а также регуляторов громкости объединенных с селекторами программ.

Преимуществом 4-х проводного регулятора по сравнению с 3-х проводным, является возможность функционирования в составе практически любого оборудования.

В нормальном (NORMAL) режиме, громкоговоритель (клемма SPK), через нормально замкнутые контакты реле (поз.1), подключен к вторичной обмотке трансформатора. При помощи ручки регулятора, выбирается (устанавливается) громкость громкоговорителя.

В тревожном режиме, на вход трехпозиционного реле поступает напряжение 24 В, которое переключает громкоговоритель с вторичной (регулируемой) обмотки трансформатора на первичную обмотку, непосредственно соединенную с трансляционной линией (100В выходом трансляционного усилителя). При этом громкоговоритель работает на полную громкость не зависящую от положения ручки регулятора.

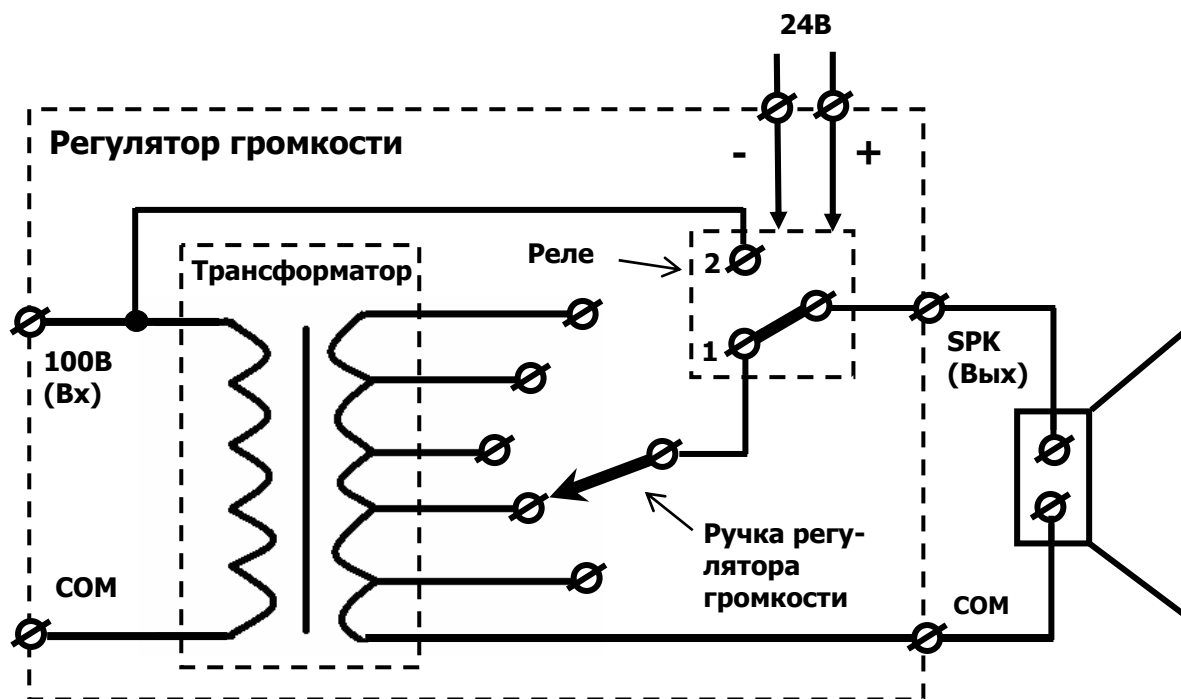


Рис. 5.13 Схема функционирования 4-х проводного аттенюатора

ПРИМЕЧАНИЕ: Мощность регулятора громкости (аттенюатора) должна быть равной или превышать мощность подключаемого громкоговорителя или группы (линии) громкоговорителей.

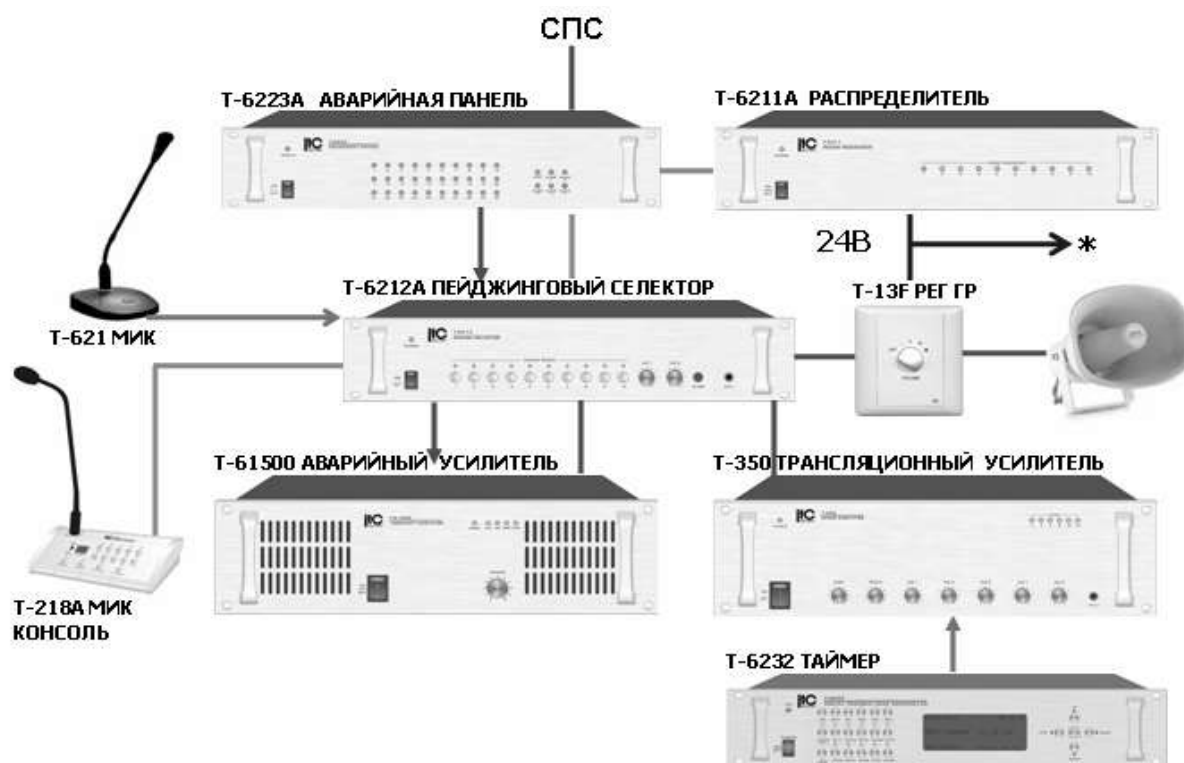
Пример использования 4-х проводного регулятора громкости

На рис. 5.14 представлена 10-ти зонная двухканальная, 4-х приоритетная система звукового оповещения и музыкальной трансляции (на базе оборудования ITC-ESCORT).

Рассмотрим различные режимы работы данной схемы.

Музыкальная трансляция: Музыкальная трансляция осуществляется по низкоприоритетному звуковому каналу (режим не отключаемой музыкальной трансляции). Трансляция (музыка, реклама) с таймера (Т-6232), через усилитель (Т-350), 2-й канал селектора (Т-6212А) посту-

пает в нужные линии (зоны) (выбранные на передней панели селектора Т-6212А). Уровень громкости в выбранных линиях устанавливается регулятором (Т-13F).



* К эвакуационным знакам пожарной безопасности

Рис. 5.14 Вариант реализации многоканальной трансляционной системы

Оповещение при помощи микрофонных консолей: На передней панели селектора микрофонной консоли (Т-218А) выбираются зоны для оповещения. Оповещение осуществляется через микрофон. На выходе блока (Т-6212А) формируются аудио сигнал, который поступает на аварийный усилитель. На выходе селектора, формируется сигнал управления (RS-422), соответствующий номерам выбранных линий (зон). Сигнал управления поступает на распределитель (Т-6211А), на выходе которого формируются управляющие напряжения, для включения эвакуационных знаков или других устройств (в нашем случае регулятора громкости Т-13F). Аудио сигнал (RS-422) от микрофонной консоли, поступает на вход селектора и далее, на аварийный усилитель (Т-61500). Сигнал управления (RS-422) поступивший с консоли включает соответствующие реле для коммутации выхода аварийного усилителя (Т-61500) к нужным линиям громкоговорителей.

Оповещение при помощи микрофона: Микрофон Т-621 подключен к микрофонному входу селектора (Т-6212А) имеющему более высокий приоритет, чем микрофонная консоль. Зоны для оповещения с микрофона выбираются кнопками на передней панели блока Т-6212А.

Автоматическое оповещение: Автоматическое оповещение имеет самый высокий приоритет. Управляющие сигналы от системы пожарной сигнализации (СПС) поступают на аварийную панель (Т-6223А), далее по витой паре (RS-422) на блоки Т-6212А, Т-6211А. В зависимости от номера управляющего сигнала, на входных клеммах аварийной панели формируется соответствующее сообщение, которое через встроенный микшер блока Т-6212А поступает на усилитель (Т-61500) и далее в линию соответствующую номеру сухого контакта.

Включение аттенюатора: При активации блока Т-6212А (выходы СПС, кнопки на передней панели, микрофонные консоли), на его выходе формируется управляющий сигнал (RS-422), поступающий на распределитель (Т-6211А), на соответствующем выходе которого формируются напряжения 24В. Данное (управляющее) напряжение поступает на соответствующий аттенюатор (группу аттенюаторов), включая реле и блокируя возможность регулировки уровня громкости.

Селектор программ с регулятором громкости

Селектор программ с регулятором громкости, это многоканальное устройство, позволяющее в месте установки выбирать нужный звуковой канал и при помощи встроенного аттенюатора (регулятора громкости) устанавливать уровень громкости в нем.

Рассмотрим работу такого устройства на примере шестиканального селектора программ с регулятором громкости и реле принудительного (автоматического) включения, рис. 5.15.

Селектор-аттенюатор (ITC-ESCORT) имеет 5 регулируемых и 1 нерегулируемый вход. В обычном режиме громкоговоритель подключается к соответствующему выходу (многоканального) усилителя или линии, номер которой выбирается ручкой (SELECT), а громкость устанавливается ручкой (VOLUME) на передней панели селектора.

В режиме тревоги, при поступлении управляющего сигнала напряжением 24В, селектор программ и регулятор громкости блокируется, громкоговоритель подключается к выходу аварийного усилителя.

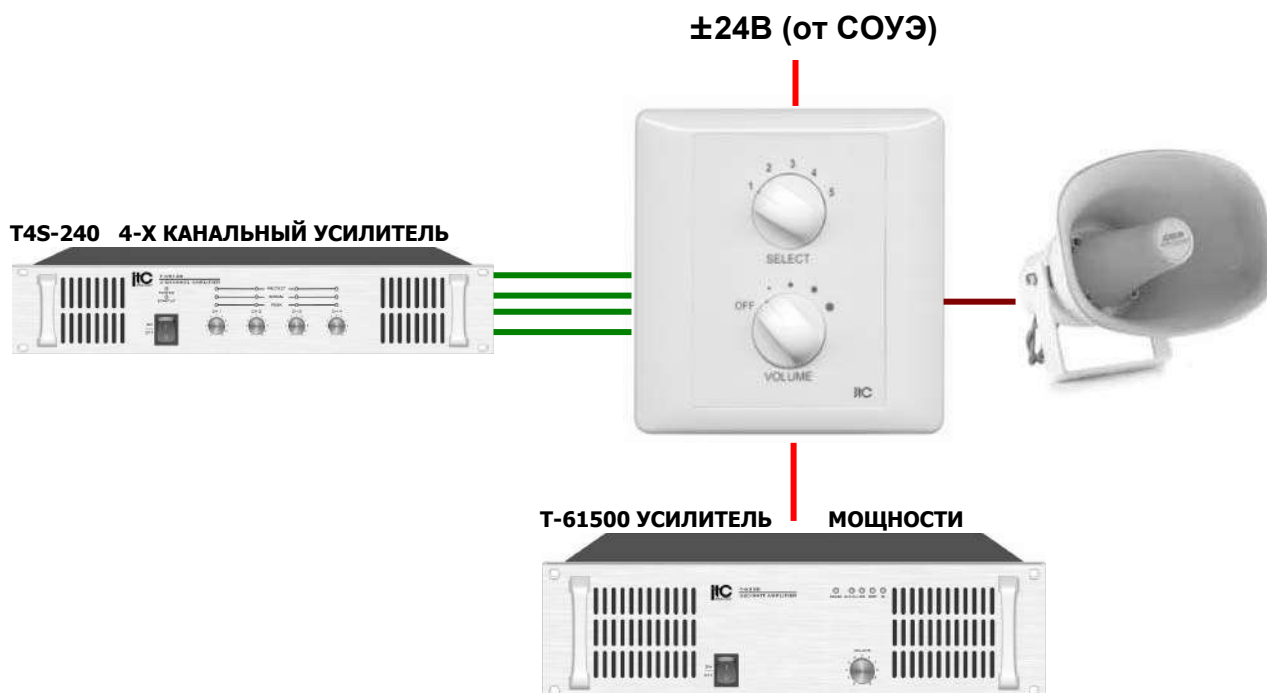


Рис. 5.15 Схема включения шестиканального селектора программ с регулятором громкости и реле принудительного включения ИТС-Escort

Регуляторы громкости и селекторы программ применяются везде, где необходим отдельный выбор и регулировка уровней громкости, например, гостиницы, торгово-развлекательные комплексы, спортивные сооружения.

5.8 Реализация обратной связи зон пожарного оповещения с помещением пожарного поста-диспетчерской

В связи с растущими темпами строительства все более актуальными становятся задачи, решить которые позволят СОУЭ 4,5 типов. По существующим нормам в этих типах должна быть реализована обратная связь зон пожарного оповещения с помещением пожарного поста-диспетчерской. По существующим разъяснениям обратная связь может быть построена на доступных технических средствах, в том числе на местной АТС. Примером может служить обратная связь пассажир-машинист, имеющаяся в каждом электропоезде. При помощи системы обратной связи, при возникновении чрезвычайной ситуации, осуществляется экстренная двусторонняя (дуплексная) связь между зоной (пожара) и диспетчерской. Инициатором связи может быть как абонент, так и оператор.

К системе обратной связи предъявляются повышенные требования, такие как надежность, полный дуплекс, вандалозащита, функционирование в экстренных условиях (например, при повышенном шуме), удовлетворение существующим нормам (например, таким как обеспечение бесперебойного питания, контроль шлейфов). На сегодняшний день наиболее интересной и продуманной, на наш взгляд, является система аварийной голосовой связи VoCALL (EVCS система), которая полностью удовлетворяет СП 3.13130-2009.

VoCALL является проводной полнодуплексной системой голосовой связи, предназначенной для организации связи с пожарными службами, во время чрезвычайных ситуаций в высотных зданиях или на больших территориальных объектах, где работа радиосвязных средств не может гарантироваться из-за высокого уровня помех, влияния строительных конструкций и интерференции радиоволн.

Типовая структурная схема данной системы изображена на рис. 5.16.

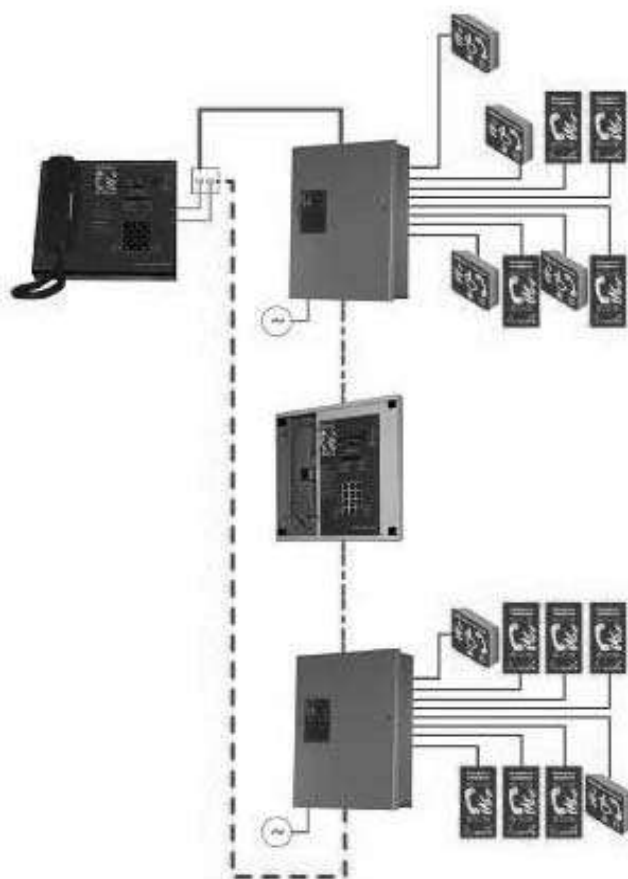


Рис. 5.16 Типовая структурная схема системы EVCS

Сетевая система аварийной связи VoCALL состоит из трех функциональных блоков: системного телефона (CFVCM), блока расширения на

8 абонентских линий (CFVCX8) и абонентских устройств (типа А, типа В или розеток). Количество этих базовых блоков может увеличиваться в зависимости от особенностей применения системы на том или ином объекте.

Каждый блок расширения CFVCX8 подключается к высокоскоростной магистрали и питается электроэнергией локально (по месту установки). Также он снабжен резервным питанием от контролируемой, герметизированной свинцово-кислотной батареи. К каждому блоку расширения можно подключить до 8-ми абонентских линий, каждая из которых автоматически контролируется на наличие обрывов, замыканий и утечек на землю.

Использование сетевых технологий связи в комбинации с технологией абонентских телефонных линий сеть VoCALL обеспечивает масштабную экономию кабеля, не требует дополнительных помещений для размещения электротехнических шкафов.

В систему VoCALL могут быть подключены до 32-х блоков расширения, что обеспечивает увеличение емкости системы до 256 независимых абонентских линий.

Организация нескольких вариантов эвакуации из каждой зоны оповещения

При возникновении пожара, в защищаемом здании могут возникать нестандартные (внештатные) ситуации, в которых дежурный оператор должен иметь возможность вмешаться в процесс автоматического оповещения. При этом само автоматическое оповещение может выполняться по так называемому сложному алгоритму, в котором реализуется несколько (множество) вариантов (сценариев) эвакуации из каждой зоны оповещения.

Задача организации нескольких вариантов эвакуации решается как организационными (планы, пути эвакуации), так и техническими средствами. Технические средства должны иметь возможность полуавтоматического и автоматического управления:

Полуавтоматическое – с целью корректировки (при необходимости) возможных путей эвакуации.

Автоматическое – для реализации сложного алгоритма оповещения.

Состав средств для решения данной задачи может быть следующим:

- 1) Аппаратные средства.
- 2) Программные средства.
- 3) Комбинированные средства.

Реализация сложного алгоритма аппаратными средствами

Под аппаратными средствами будем понимать те или иные блоки или устройства входящие в состав системы оповещения, способные реализовать множество алгоритмов (сценариев) оповещения. Различным системам присущи свои особенности и нюансы, но основным критерием как всегда выступает соотношение: функциональность – цена.

В качестве примера рассмотрим малобюджетные системы, применяемые на практике и эффективно решающие данные задачи.

На рис. 5.17 Изображен фрагмент функциональной схемы (на базе оборудования ITC-ESCORT), реализующий сложный алгоритм оповещения (рис.5.14).

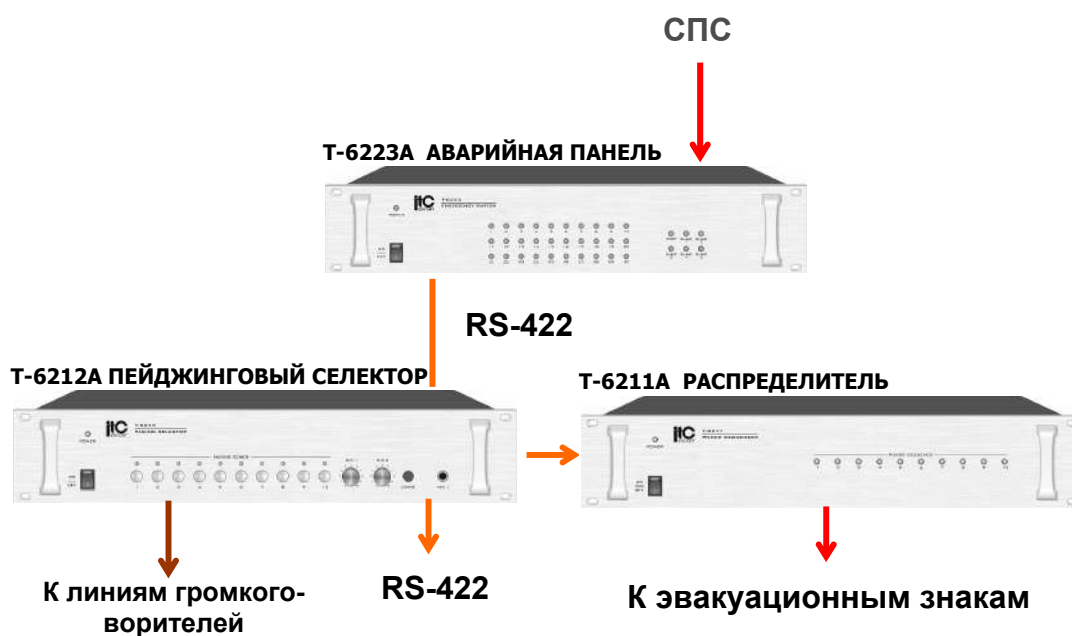


Рис. 5.17 Фрагмент блок-схемы реализующей сложный алгоритм оповещения

В данном примере алгоритм управления реализуется (программируется) средствами (возможностями) системы пожарной сигнализации (СПС), на выходе которой формируется определенная временная последовательность управляющих сигналов (импульсов или статических сухих контактов). Данная (временная) последовательность сигналов, поступает на аварийную панель Т-6223А. В зависимости от номера управляющего сигнала, аварийная панель, формирует различные звуковые сообщения (заранее записанные), транслирует их на усилитель и далее в линию соответствующую номеру

управляющего сигнала. Временем оповещения заданной зоны можно управлять 2-мя способами: программированием СПС, при статическом запуске, или варьированием длительностью сообщений, при импульсном управлении от СПС.

Реализация сложного алгоритма программными средствами

Реализацию сложного алгоритма оповещения программными средствами рассмотрим на примере аппаратно программного комплекса АПК ROXTON, в состав которого входит блок резервирования работы компьютера (ЕС-8116) и пакет программного обеспечения (ROXTON-Soft).

Назначение: АПК позволяет, используя персональный компьютер, принимать аварийный сигнал от системы пожарной сигнализации и транслировать сигнал оповещения о пожаре в заданные линии по гибкому (сложному) алгоритму, отвечающему нормативным требованиям. В комплексе предусмотрена возможность оперативного вмешательства и корректировки процесса автоматического аварийного оповещения. События в аварийном режиме и действия оператора записываются в протокол.

Состав: Базовый комплект представляет набор (технических) средств: мультимедийный компьютер с установленным в него 16-32-64 канальным промышленным контроллером, программное обеспечение (ПО), платы клеммников.

Функционирование: Графический интерфейс программы управления изображен на рис. 5.18. Сценарии оповещения настраиваются заранее и хранятся на жестком диске компьютера.

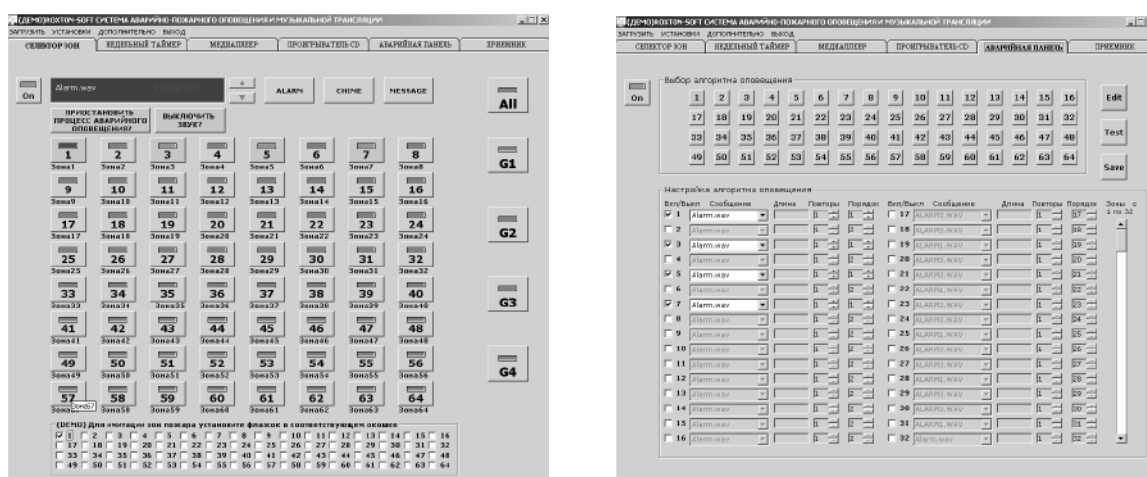


Рис. 5.18 Программное обеспечение для контроля и управления цифро-аналоговыми системами оповещения (Inter-M, Roxton, Roxton-Inkel, ITC-Escort).

В режиме тревоги, сигналы от СПС (12-24В, сухой контакт), поступают на входы промышленного контроллера. Программа регистрирует данный сигнал, запуская алгоритм, номер которого соответствует номеру сигнала (фактически номеру клеммы контроллера, на которую данный сигнал должен быть подан). При этом низкие приоритеты, реализованные в программе (например, таймер или встроенный проигрыватель) отключаются, начинается отработка соответствующего сценария, который при необходимости можно скорректировать или приостановить.

Пример алгоритма: Пусть необходимо реализовать алгоритм (сценарий) оповещения для эвакуации из 10-ти этажного здания. Предположим, произошло возгорание на N -ом этаже (зоне) здания. В этом случае алгоритм может выглядеть следующим образом. Вначале оповещается персонал здания. Персонал может приостановить алгоритм с целью выяснения ситуации. При наличии угрозы алгоритм продолжается. Оповещается зона возгорания (N), затем последовательно этажи 10, 9, ..., $N+2$, $N+1$, затем этажи $N-1$, $N-2$, ..., 2, 1. Всего в программе можно записать до 3600 различных сценариев.

Реализация сложного алгоритма комбинированными средствами продемонстрирована на примере (см. ПРИЛОЖЕНИЕ 4)

5.9 Интеграция нескольких систем звукового оповещения

Под интеграцией будем понимать возможность совместного функционирования нескольких систем для решения определенного класса задач. Удобней всего данную возможность продемонстрировать на практическом примере:

В конце 2010 года был сдан в эксплуатацию один из крупнейших объектов г. Москвы, построенный на двух различных функциональных наборах оборудования ITC-ESCORT – аналоговом и цифровом.

ПРИМЕЧАНИЕ: В качестве аналоговой могла бы быть использована любая звуковая многозональная или многоканальная система оповещения.

Объект представляет собой высотное здание, разделенное на несколько функциональных отсеков. В каждом отсеке, разделенном на несколько (от 8 до 16) зон, установлена локальная система оповещения.

Интеграция была достигнута тем, что вместо усилителей локальной системы, были использованы терминалы (усилители) цифровой системы. Это позволило продублировать локальные системы, расширить их возможности и самое главное обеспечить централизованное управление, контроль и сбор данных. Рассмотрим основную идею, реализованную в данном решении, см. рис. 5.19.

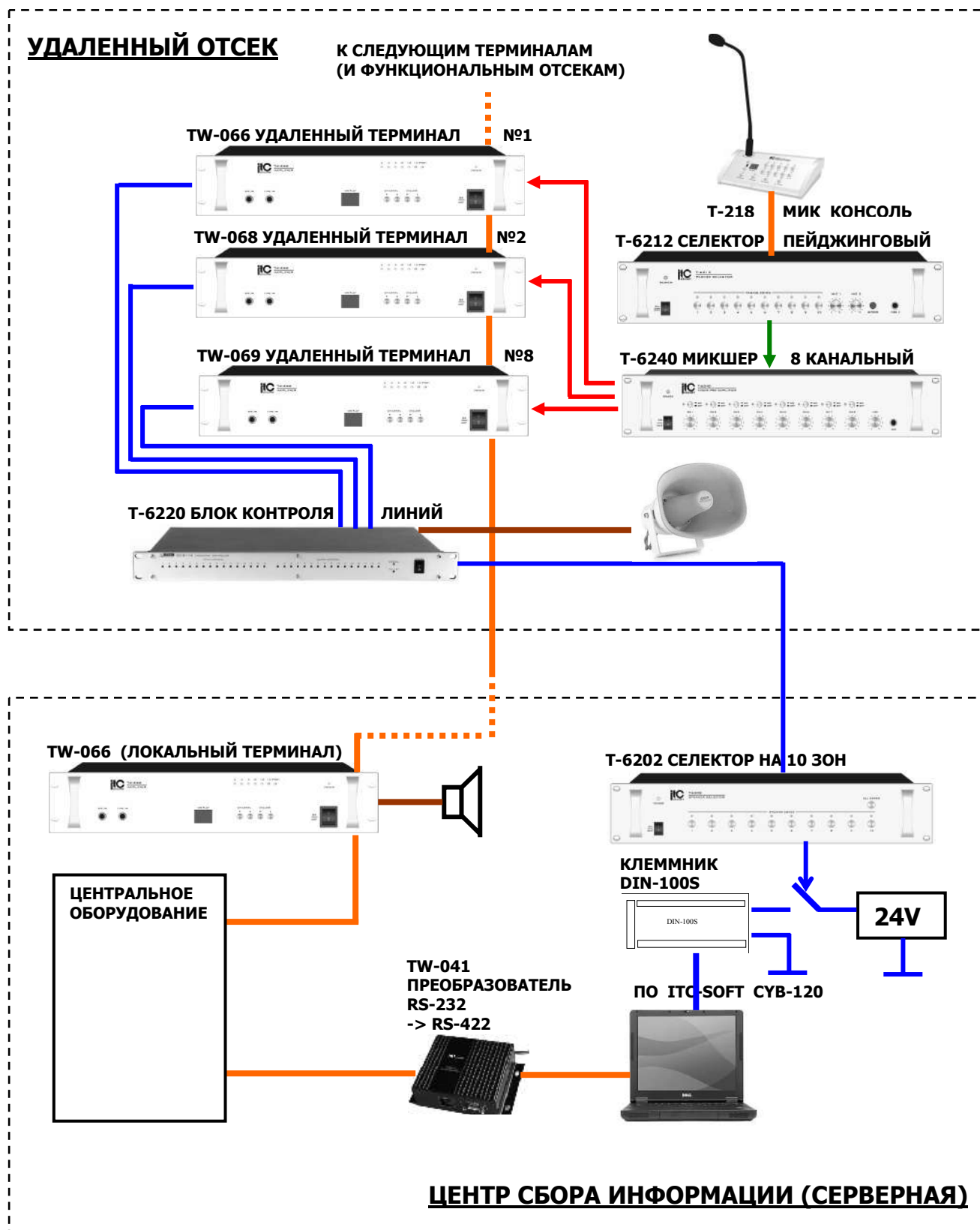


Рис. 5.19 Фрагмент схемы поясняющей особенности интеграции нескольких систем.

В нижней части схемы изображена центральная система, реализованная на базе цифровой системы оповещения (ITC-ESCORT). В качестве центрального блока управления в данной системе применяется процессор, работа которого дублируется персональным компьютером.

Каждый терминал – это устройство, совмещающее в себе селектор на 6 каналов, аттенюатор и усилитель мощности. Терминал снабжен дополнительным аудио входом, имеющим средний приоритет между пятью музыкальными и аварийным каналом. На данный вход поступает линейный сигнал от локальной системы оповещения.

В качестве локальной применена аналоговая система ITC-ESCORT, на базе 8-миканального автоматического микшера аудио сигналов Т-6240 (см. рис.5.9). Сухие контакты СПС активируют нужный канал локальной системы, аудио сигнал с которого поступает на свой терминальный усилитель.

Блоки автоматического контроля неисправности линий обеспечивают как локальный, так и дистанционный контроль линий громкоговорителей. Кроме программного обеспечения информацию о неисправности линий регистрируют дополнительные селекторы для визуального и звукового (не изображено) отображения, что дополнительно повышает надежность системы.

Программное обеспечение, установленное на ПК, осуществляет контроль и управление 255 терминалами, рис.5.20.

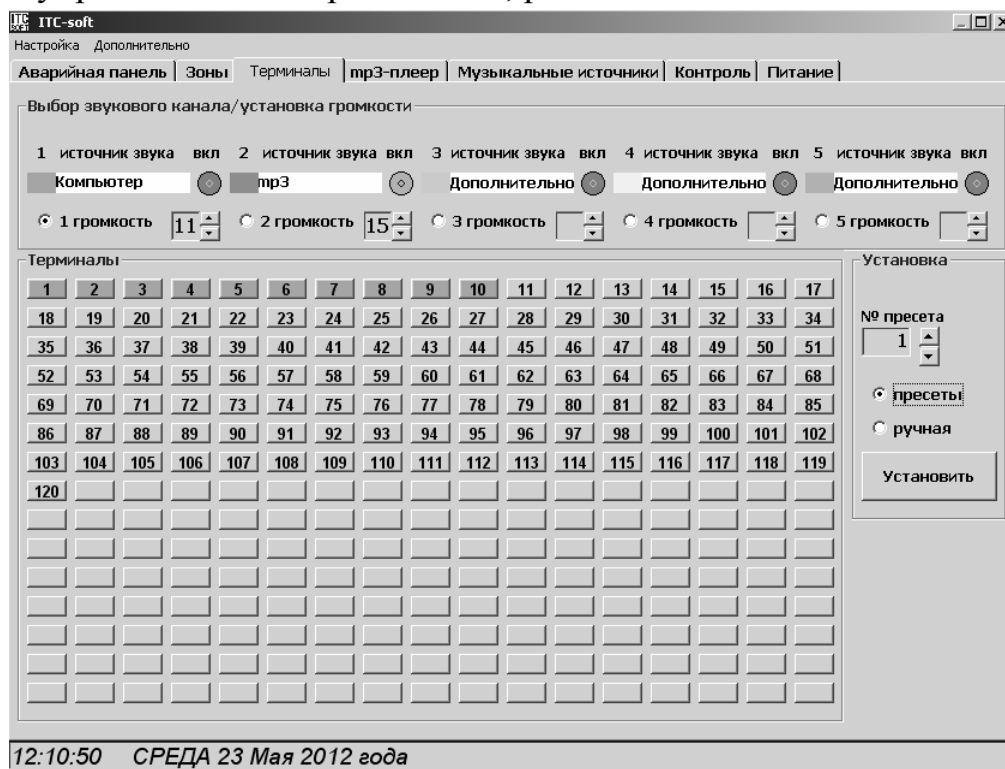


Рис. 5.20 Программное обеспечение для контроля и управления цифровой системой оповещения (ITC-Escort).

Программное обеспечение центрального оборудования осуществляет следующие функции:

- полуавтоматическое управление,
- реализация 120 алгоритмов оповещения,
- контроль и управление 255 терминалами,
- встроенный таймер,
- встроенный mp3-плеер,
- управление 24 музыкальными источниками,
- управление питанием.

5.10 Цифровые системы оповещения

Все более актуальной становится задача (характерная для 5 типа СОУЭ) координированного управления из одного пожарного поста-диспетчерской всеми системами здания. Централизованное управление, позволяет существенно повысить уровень безопасности людей при пожаре. На сегодняшний день данная задача наиболее оптимально решается на базе цифровых технологий (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.

Особенности реализации цифровых систем рассмотрим на примере цифровой системы звукового оповещения IPS-System (Inter-M), рис. 5.21.

При помощи IPC-System можно построить 6-ти канальную 160-ти зонную, 14 приоритетную систему, с возможностью реализации дистанционного контроля по локально вычислительной сети (ЛВС) и управления 8-ю микрофонными консолями.

Ядром системы является центральный процессор SI-100 с предустановленным программным обеспечением, который отвечает за контроль и управление. Системный монитор SM-100 является как средством управления, так и средством отображения информации. В качестве средства

управления в нем реализована функция полуавтоматического управления по самому высокому приоритету.

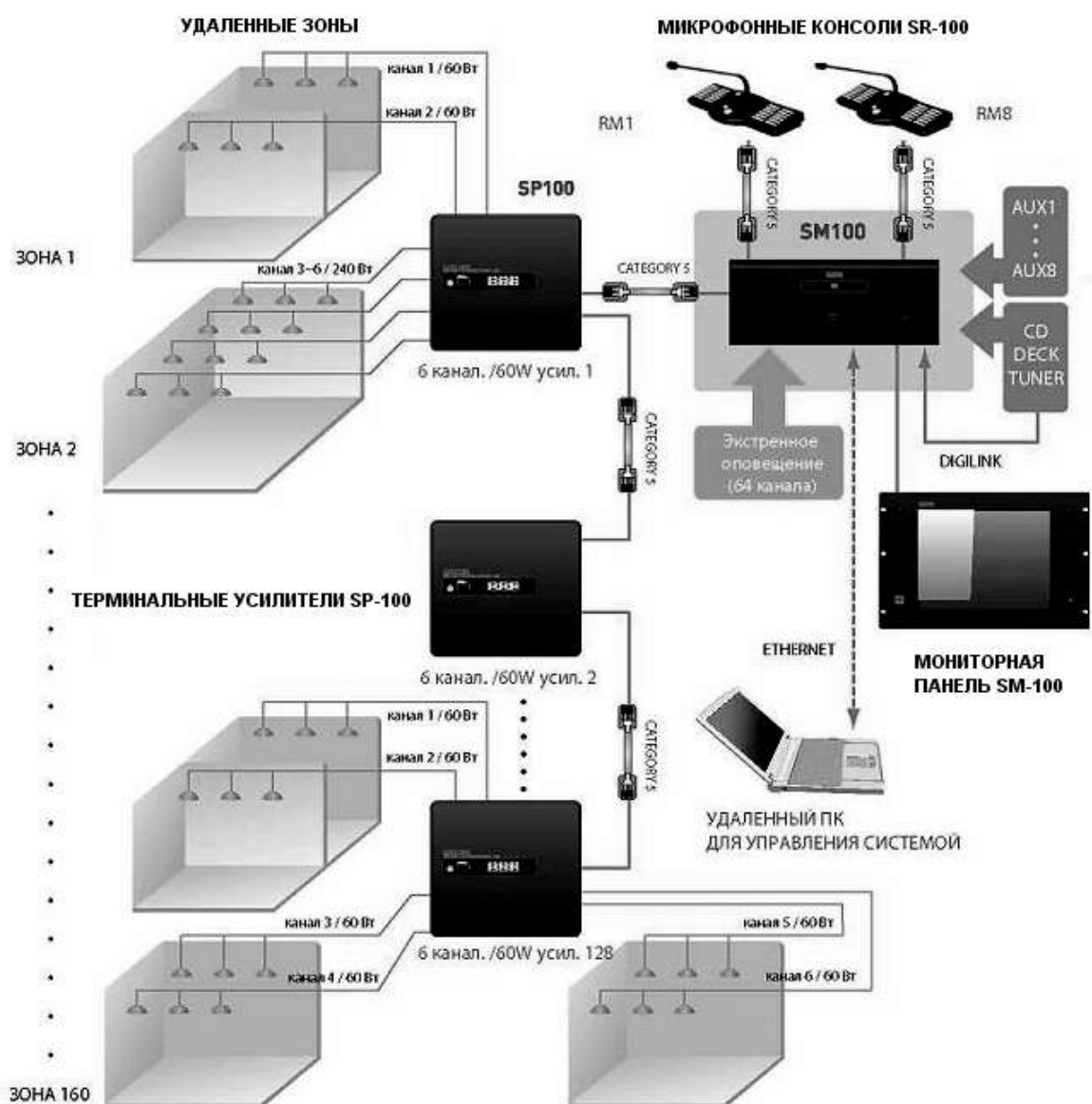


Рис. 5.21 Функциональная схема цифровой системы IPC-System Inter-M.

Входные периферийные устройства (микрофонные консоли SR-100), подключаются к процессору по протоколу RS-485, который в свою очередь управляет выходными исполнительными устройствами – терминалами. Для коммутации системы используется экранированная витая пара. В системе может присутствовать до 128 терминалов, каждый из которых представляет собой 6-ти каналный цифровой трансляционный усилитель SP-100 или 6-ти каналный микшер PP-100. Управление терминалами

осуществляется по протоколу. Используя терминалы-микшеры, можно реализовать неограниченную мощность системы, подключая к ним дополнительные усилители мощности.

Для альтернативных способов передачи информации, например, по оптическим сетям, в системе используются дополнительные оптоволоконные преобразователи как для многомодовых, так и для одномодовых решений (см. рис. 5.22). Система стыкуется с такими цифровыми протоколами, как AMX и CRESTRON.

Дополнительный пакет программного обеспечения позволяет управлять системой по локально вычислительной сети.

Цифровые каналы передачи

Следует сказать несколько слов о протоколах RS-422/485, которые правильней называть интерфейсами. Данные протоколы разработаны совместно двумя ассоциациями: Ассоциацией электронной промышленности (EIA — Electronics Industries Association) и Ассоциацией промышленности средств связи (TIA — Telecommunications Industry Association). Ранее EIA маркировала все свои стандарты префиксом «RS» (от англ. Recommended Standard — Рекомендованный стандарт). Многие инженеры продолжают использовать это обозначение, однако EIA/TIA официально заменил «RS» на «EIA/TIA».

Интерфейс RS-422 изначально предусматривает использование четырехжильной экранированной витой пары, допускает соединения ограниченного числа передатчиков и приемников (до 5-ти передатчиков и до 10-ти приемников на каждый передатчик). Экран в экранированной витой паре используют в качестве сигнальной земли, которая является обязательной. RS-422/485 были придуманы для замены RS-232 в тех случаях, когда RS-232 не удовлетворял по скорости и дальности передачи. RS-422, в отличие от RS-232, использует балансный сигнал, который передается по сбалансированной (симметричной) линии, представляющей собой сигнальную землю и пару проводов (а не один, как в небалансном варианте). RS-422 использует отдельные пары проводов: одну пару для приема, одну для передачи (и еще по одной паре на каждый сигнал контроля/подтверждения, впрочем не всегда).

В стандарте RS-485 для передачи и приёма данных часто используется единственная витая пара проводов. В нем передача данных осуществляется

с помощью дифференциальных сигналов. Разница напряжений между проводниками одной полярности означает логическую единицу, другой полярности — ноль. Основные характеристики и отличия интерфейсов RS-232/422/485 приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1

Сравнительные характеристики интерфейсов RS-232/422/485

?	RS-232	RS-422	RS-485
Соединения	Одиночный провод	Одиночный провод/много соединений допустимо	Много соединений допустимо
Количество устройств	1 передатчик 1 приемник	5 передатчиков 10 приемников на 1 передатчик	32 передатчика 32 приемника
Вид протокола	дуплексный	дуплексный	полудуплексный
Макс. длина провода	~15,25 м при 19,2Kbps	~1220 м при 100Kbps	~1220 м. при 100Kbps
Макс. скорость передачи	19,2Kbps для 15 м.	10Mbps для 15 м	10Mbps для 15 м.
Сигнал	небалансный	балансный	балансный
двоичная 1	-5В мин. -15В макс.	2В мин. (B>A) 6В макс. (B>A)	1,5В мин. (B>A) 5В макс. (B>A)
двоичный 0	5В мин. 15В макс.	2В мин. (A>B) 6В макс. (A>B)	1,5В мин. (A>B) 5В макс. (A>B)
Мин. входное напряжение	+/- 3В	0,2В диф.	0,2В диф.
Выходной ток	500мА	150мА	250мА

Волоконно-оптическая связь

Волоконно-оптическая связь — вид проводной электросвязи, использующий в качестве носителя информационного сигнала электромагнитное излучение оптического (ближнего инфракрасного) диапазона, а в качестве направляющих систем — волоконно-оптические кабели. Благодаря высокой несущей частоте и широким возможностям мультиплексирования, пропускная способность волоконно-оптических линий многократно превышает пропускную способность всех других систем связи и может измеряться терабитами в секунду. Малое затухание света в оптическом волокне обуславливает возможность применения волоконно-оптической связи на значительных расстояниях без использования усилителей. Волоконно-оптическая связь свободна от электромагнитных помех и весьма труднодоступна для несанкционированного использования — незаметно перехватить сигнал, передаваемый по оптическому кабелю технически крайне сложно.

В основе волоконно-оптической связи лежит явление полного внутреннего отражения электромагнитных волн на границе раздела диэлектриков с разными показателями преломления. Оптическое волокно состоит из двух элементов — сердцевины, являющейся непосредственным световодом, и оболочки. Показатель преломления сердцевины несколько больше показателя преломления оболочки, благодаря чему луч света, испытывая многократные переотражения на границе сердцевина-оболочка, распространяется в сердцевине, не покидая её.

Волоконно-оптическая связь находит всё более широкое применение в многочисленных областях — от компьютеров до систем передачи информации на большие расстояния.

Стоимость использования волоконно-оптической технологии уменьшается, что делает данную услугу конкурентоспособной по сравнению с традиционными.

Данный вид связи начинает активно проникать в область систем звукового оповещения.

Вариант использования данной технологии позволяет существенным образом повысить возможности распределенной цифровой системы звукового оповещения Inter-M IPC-System (рис. 5.21), увеличить дистанцию передачи со 100м до 15км, рис. 5.22.

В данной системе, для интеграции в существующие оптоволоконные сети, применяются цифровые оптические преобразователи 2-х типов, для одномодовых (S) и многомодовых (M) решений. Преобразование осуществляется в 2 этапа: на первом этапе передатчик (трансмисмиттер FT-100S/M) преобразует цифровой сигнал на входе в оптический сигнал на выходе. Далее данный сигнал подключается к существующему оптическому каналу. На удаленном, в зависимости от решения, расстоянии, к этому же каналу подключен приемник (ресивер FR-100S/M), который осуществляет обратное преобразование оптического сигнала на входе в цифровой сигнал на выходе для подачи на соответствующий терминал.



Рис. 5.22 Возможности цифровой системы IPC-System Inter-M

При реализации технических аспектов не следует забывать об организационных мероприятиях. Многие вопросы, которые не поддаются однозначному техническому разрешению, следует оговаривать в дополнительных инструкциях и документации. Не следует забывать о своевременном техническом обслуживании систем (в том числе профилактике), способствующих повышению надежности систем оповещения и как следствия уровня безопасности.

6.

**ОСОБЕННОСТИ
ОБЕСПЕЧЕНИЯ
БЕСПЕРЕБОЙНОГО
ПИТАНИЯ СИСТЕМ
ОПОВЕЩЕНИЯ**

6.1 Общие положения

В существующей нормативной документации излагаются основные требования пожарной безопасности к системам оповещения людей о пожаре и управления эвакуацией людей в зданиях, сооружениях и строениях:

СОУЭ должна функционировать в течение времени, необходимого для завершения эвакуации людей из здания, сооружения, строения.

Сформулируем общее требование: При пропадании питания СОУЭ должна функционировать в течение времени, необходимого для полного завершения эвакуации людей в безопасное место, в режиме тревоги и в течение 24 часов в дежурном режиме.

Если в процессе проектирования осуществляется расчет времени эвакуации, то в этом случае время резервирования берется равным 1,3 времени эвакуации. Если подобный расчет не выполняется, то во время резервирования СОУЭ в тревожном режиме принимается равным 1 час (именно на эту величину мы и будем опираться в своих примерах).

В процессе дальнейшего изложения будут рассмотрены следующие вопросы:

- Особенности резервирования электрооборудования от источника питания постоянного тока (использование АКБ);
- Особенности резервирования оборудования от сети 220В (использование UPS).

6.2 Питание системы оповещения от АКБ

Для начала дадим краткие сведения о типах (АКБ) и особенностях работы с аккумуляторными батареями (АКБ). Наиболее распространенным типом АКБ являются герметичные свинцово-кислотные (SLA) перезаряжаемые необслуживаемые аккумуляторы. К достоинствам таких аккумуляторов можно отнести эксплуатационную безопасность, относительно медленный саморазряд, возможность подзарядки в дежурном режиме, не критичность к условиям заряда. Недостатками являются большой вес, сокращение жизни батарей при глубоких разрядах и ухудшение эксплуатационных характеристик при нарушении температурного режима.

Емкость аккумулятора

Емкость аккумулятора показывает, сколько времени аккумулятор сможет питать подключенную к нему нагрузку. Обычно емкость аккумуля-

лятора измеряется в ампер-часах (АЧ), а для небольших аккумуляторов - в миллиампер-часах. Емкость аккумулятора (C) является произведением постоянного тока разряда аккумулятора (в амперах, иногда в миллиамперах) на время разряда (в часах):

$$C = I \times T \quad (6.1)$$

где C – емкость аккумулятора, АЧ;

I – Ток разряда аккумулятора, А;

T – время разряда, час.

Энергия, которая может быть накоплена в полностью заряженном аккумуляторе зависит не только от тока (I), но и от напряжения (U). Электрическая энергия, накопленная в аккумуляторе равна произведению тока на напряжение и на время протекания тока. Используя формулу 6.1, получим зависимость энергии (W) аккумулятора от его емкости (C):

$$W = C \times U \quad (6.2)$$

где W – энергия аккумулятора Вт×час;

U – напряжение аккумулятора, В.

Если несколько аккумуляторов одной емкости соединены последовательно, то емкость получившейся аккумуляторной батареи равна емкости входящих в батарею аккумуляторов, а энергия аккумуляторной батареи является произведением энергии одного аккумулятора на число аккумуляторов (n).

$$E = n \times W \quad (6.3)$$

где E – энергия аккумуляторной батареи, составленной из n аккумуляторов, Вт×час;

На практике в основном применяются АКБ с напряжениями 6 В и 12 В, так как они наиболее доступны и оптимальны по цене, рис. 6.1.

Иногда путают емкость аккумулятора и заряд (заряженность) аккумулятора. Емкость показывает потенциал аккумулятора, то, сколько времени он сможет питать нагрузку, если будет полностью заряжен.

По мере разряда напряжение на аккумуляторе падает. При достижении конечного напряжения разряда аккумулятор отключают. Чем меньше конечное напряжение разряда, тем больше емкость аккумулятора. Производитель аккумулятора устанавливает минимальное допустимое конечное напряжение разряда (оно зависит от тока разряда). Если напряжение аккумуля-

мулятора становится меньше этой величины (глубокий разряд), аккумулятор может выйти из строя.



Рис. 6.1. Внешний вид АКБ серии DJM 1245 (12V45AH)

Большинство СОУЭ питаются от напряжения 24В. Для их питания можно применить пару АКБ (2x12В) соединенных последовательно, рис. 6.2.

При повышении температуры от 20 до 40 градусов Цельсия емкость свинцового аккумулятора возрастает примерно на 5%. При уменьшении температуры от 20 до 0 градусов Цельсия емкость аккумулятора уменьшается примерно на 15%. При уменьшении температуры еще на 20 градусов, емкость аккумулятора падает еще на 25%.

Зарядное устройство для АКБ

Для перезаряжаемых АКБ необходимо предусмотреть зарядное устройство.

На рис.6.2 указано зарядное устройство РВ-9207 (Inter-M, Roxton-Inkel) рассчитанное на работу с перезаряжаемыми АКБ, напряжением 24 В и током заряда 3А.

Ток заряда определяется по следующей формуле:

$$J_{зар} = 0,1 C$$

где C – емкость АКБ, АЧ.

Данное зарядное устройство работает в режиме постоянной подзарядки, в буферном (в отличие от циклического) режиме. Данный прибор автоматически определяет режимы подзарядки: по току, по напряжению или по их комбинации, тем самым, увеличивая срок эксплуатации АКБ.

Для увеличения срока службы, для каждого АКБ подбирается оптимальное зарядное устройство. При больших резервируемых мощностях, оборудование (например, усилители) разбивают на группы, для каждой из которых

ставят отдельный комплект резервирования, блок питания (распределитель), зарядное устройство и АКБ с рассчитываемыми параметрами. Таким образом, максимальная нагрузка на один комплект резервирования ограничивается возможностями зарядных устройств и в общем случае (для обеспечения работы в течении 1 часа) не должна превышать энергии АКБ.

На рис. 6.2 изображена схема организации питания СОУЭ, на оборудовании Inter-M, Roxton-Inkel.

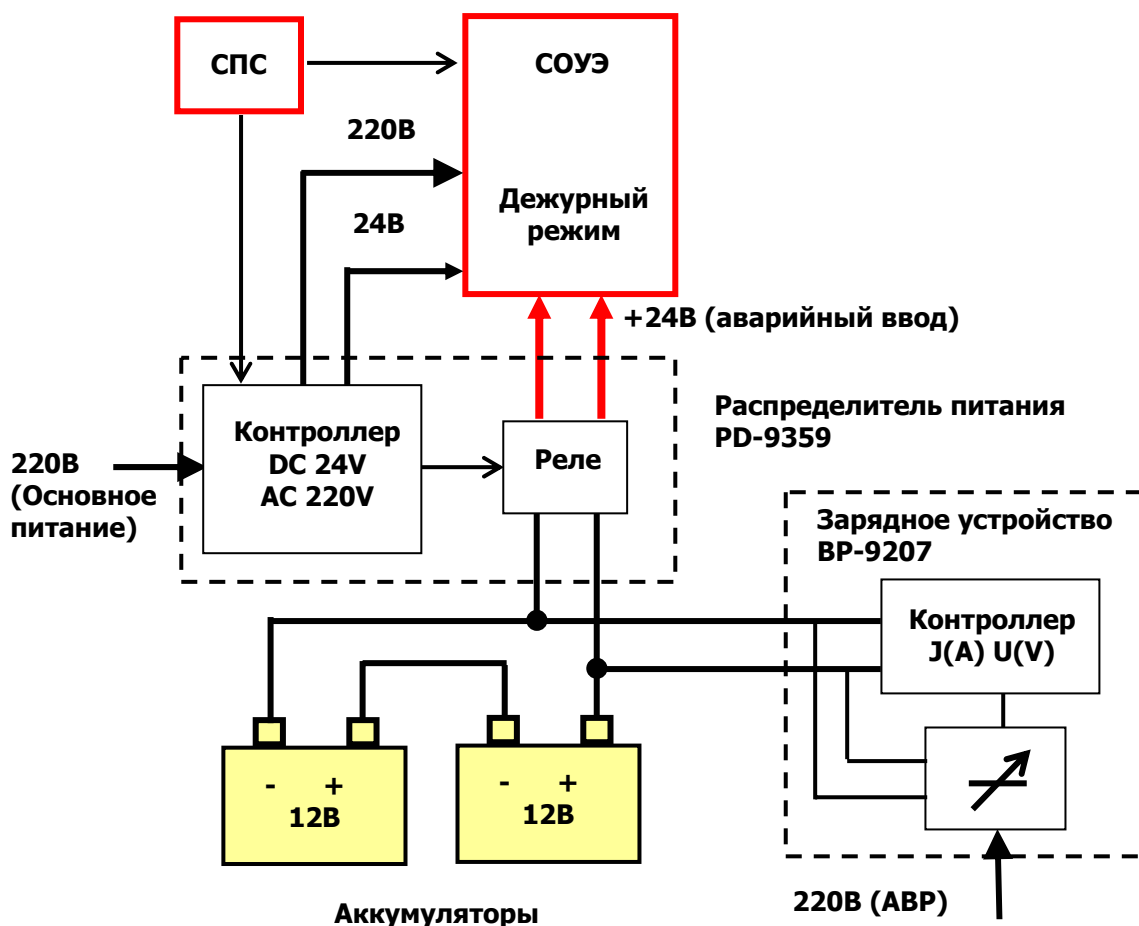


Рис 6.2. Организация питание СОУЭ на примере оборудования Inter-M, Roxton-Inkel.

Рассмотрим основные режимы работы схемы.

Нормальный режим

В нормальном режиме система питается от распределителя PD-9359. Подача напряжения питания 220В и 24В на блоки осуществляется от отключаемых розеток и активируется нажатием кнопки на передней панели распределителя.

Дежурный режим

В дежурном режиме, большинство блоков в отсутствии аварийной ситуации отключены, например, трансляционные усилители как наиболее крупные потребители. При этом, данные блоки должны находиться в состоянии готовности или на дежурстве. В дежурном режиме система должна иметь минимальное потребление и оперативно включается для выполнения своей задачи при активации (в режиме тревоги).

При совмещении 2-х режимов музыкального и аварийного, блоки системы должны быть запитаны от 2-х каналов распределителя питания, отключаемом и не отключаемом. При этом выводы АКБ следует подключать только к отключаемым (резервируемым) каналам. В дежурном режиме через отключаемые каналы распределителя запрашивается минимально необходимое количество блоков, остальные блоки находятся в дежурном режиме.

В режиме тревоги сигнал в виде сухого контакта от СПС поступает на распределитель питания. На выходе отключаемых розеток распределителя появляется напряжение, которое включает блоки, предназначенные для оповещения.

Аварийный режим

Под аварийным режимом (режимом тревоги) будем понимать режим, в который входит система при ее активации сигналами от СПС. При пропадании питания СОУЭ должна функционировать в течение расчетного времени или времени, оговоренном в НПБ, при этом система запрашивается от АКБ. При пропадании питания система запрашивается от АКБ, подключение которых осуществляется автоматически. Резервируемое оборудование, должно иметь двойные вводы питания – основной и аварийный. Например, резервируемые усилители кроме основной розетки питания 220В (запрашиваются от основных выводов распределителя), должны иметь запасные, аварийные клеммы питания 24В (аварийные клеммы распределителя).

Распределитель питания PD-9359 (рис. 6.2) представляет собой комплексное устройство, совмещающее в себе функции блока питания, распределителя напряжения и контроллера. Встроенный контроллер следит за напряжением в сети. При пропадании или просадке питания, контроллер включает блок реле, коммутирующий выводы АКБ с дополнительными клеммами питания резервируемого оборудования.

6.3 Питание системы оповещения от ИБП

На современном рынке присутствует большое разнообразие ИБП. Производители, выдвигая на передний план те или иные преимущества, обычно скрывают недостатки своих брендов, поэтому для работы с СОУЭ желательно использовать ИБП, которые прошли надлежащую сертификацию.

Основной характеристикой ИБП является полная мощность (P). Иногда ее называют емкостью, измеряется она в ВА (Вольт-Амперах). Полную мощность не следует путать с активной мощностью или мощностью нагрузки (P_n), измеряемой в ваттах. Если производитель для своего ИБП не указывает мощность в ваттах, то для ее получения необходимо полную мощность (емкость) умножить на коэффициент “0,7”. Этот коэффициент называется коэффициентом мощности (Power Factor). Данный коэффициент равен отношению активной мощности к полной мощности (Вольт-Ампер). Он как бы определяет характер нагрузки. Следует отличать активную нагрузку от реактивной (комплексной). Хотя большинство технических устройств относятся к реактивной нагрузке, данный (поправочный) коэффициент рекомендуется учитывать.

Основное назначение ИБП – обеспечение работы системы при пропадании питания. Длительность работы определяется емкостью аккумуляторных батарей (АКБ), которые могут быть как встроенными, так и внешними. Большинство ИБП содержат встроенные АКБ, но для увеличения емкости могут предлагаться дополнительные внешние АКБ, позволяющие увеличить время резервирования. При одновременной работе (комбинировании) с внутренними и внешними АКБ необходимо удостовериться в том, что суммарная энергия (W) этих АКБ, не превысит возможности ИБП.

Для удобства монтажа, а также для удовлетворения НПБ, блоки бесперебойного питания, как и блоки системы (оповещения), устанавливаются в электротехнический шкаф. Для экономии места лучше всего подойдут стоечные (рэковые) ИБП со встроенными АКБ, рис. 6.3.



Рис. 6.3. Внешний вид стоечного блока бесперебойного питания JRX-3000

В современных ИБП встроенные зарядные устройства управляются процессором, который осуществляет полный контроль, определяет и оптимизирует режим подзарядки, управляет внешней индикацией режимов. Программное обеспечение существенно повышает возможности ИБП, позволяя дистанционно контролировать и управлять его параметрами. К достоинствам ИБП можно отнести простоту монтажа, удобство в обслуживании и самое главное, большую безопасность. Что касается цены, то в последнее время прослеживается тенденция ее уменьшения.

Пример организации дежурного режима при использовании ИБП

На рис. 6.4 представлен фрагмент блок-схемы, демонстрирующей работу СОУЭ в дежурном режиме, на базе оборудования ITC-Escort, Roxton.

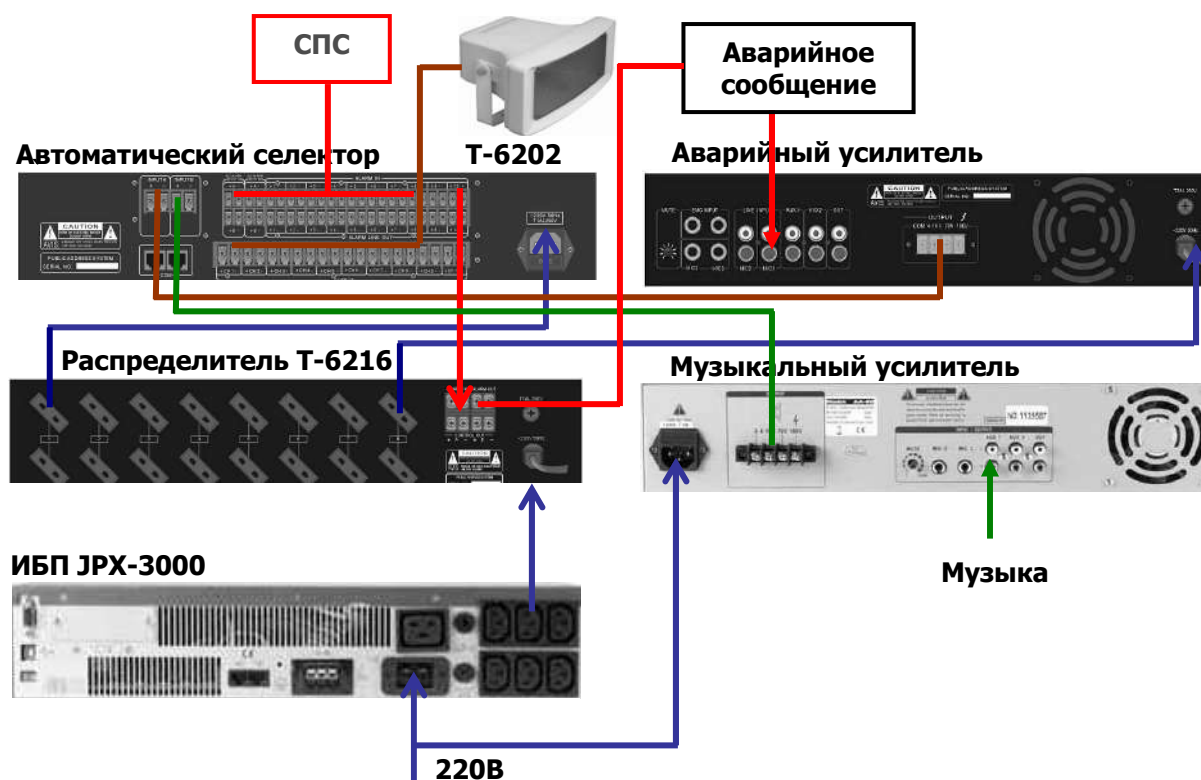


Рис. 6.4. Пример организации дежурного режима при использовании ИБП

На данной схеме представлен фрагмент системы оповещения, которая работает в 2-х режимах: режим тревожного оповещения и режим музыкальной трансляции. ИБП осуществляет резервирование по питанию только тех блоков, которые отвечают за тревожный режим. Блоки, реализующие музыкальную трансляцию, не резервируются.

Работа осуществляется следующим образом. К линиям громкоговорителей, через автоматический селектор Т-6202 подключены 2 усилителя – музыкальный и аварийный (работающий только в тревожном режиме). Аварийный усилитель запитан от отключаемых розеток распределителя питания Т-6216. В дежурном режиме данные розетки обесточены. Автоматический селектор подключен к неотключаемым розеткам распределителя питания Т-6216. При поступлении сигнала от СПС на выходе селектора Т-6202 возникает контрольный сухой контакт, который активирует распределитель Т-6216. На выходе отключаемых розеток возникает напряжение 220В, которое поступает на аварийный усилитель и дополнительное оборудование. К ИБП подключен минимальный комплект оборудования, отвечающий только за тревожный режим и находящийся большую часть времени в обесточенном состоянии.

При расчете времени резервирования не всегда оправдано, в качестве расчетных, брать только максимальные потребляемые мощности. Например, наиболее крупными потребителями в трансляционных системах оповещения являются усилители мощности. В большинстве звуковых систем оповещения используются усилители класса “АВ”, у которых потребляемая мощность существенно зависит от нагрузки и характера входного сигнала. Многие производители в паспорте на усилители указывают максимальную потребляемую мощность при 100% нагрузке, измеренной при входном сигнале “розовый шум”, плотность спектра которого гораздо больше плотности реального речевого сигнала. На практике трансляционный (трансформаторный) усилитель никогда не нагружают на полную мощность. Запас по мощности в разных случаях может составлять от 20 до 30%, следовательно, для тех же усилителей класса “АВ” потребляемая мощность уменьшится пропорционально снижению мощности нагрузки. Кроме того, при речевом сигнале потребление мощности, усредненное по времени, уменьшается еще больше.

6.4 Расчет времени работы ИБП

Для определения времени работы, времени, в течение которого ИБП может питать оборудование (систему), очень важно правильно оценить мощность нагрузки.

Мощность нагрузки – мощность потребления системы оповещения ($P_{\text{потр}}$, см. формулу 1.3), складывающаяся из мощности потребления всех блоков входящих в состав системы и подлежащих резервированию (от

ИБП). Параметры выбираемого ИБП должны быть рассчитаны на работу с максимальной мощностью нагрузки (P_n).

$$P_n \leq P_a$$

где P_n – максимальная мощность нагрузки, Вт.

P_a – активная мощность ИБП, Вт.

Если производитель ИБП не указывает значение активной мощности (P_a), то его можно оценить по приближенной формуле:

$$P_a \sim 0,7 P_{\text{ва}}$$

где $P_{\text{ва}}$ – полная мощность (емкость) ИБП, ВА (вольт-амперы).

Следует различать максимальную (паспортную) и среднюю мощность нагрузки.

Для расчета времени работы ИБП, очень важно правильно оценить среднюю мощность нагрузки ($P_{\text{ср}}$). Что такое средняя мощность нагрузки, поясним на примерах.

Пример 6.1: Номинальная мощность блока питания компьютера может быть 500 Вт, а реальное потребление 120 Вт (процессор небольшой мощности – 60 Вт, материнская плата с интегрированным видеоадаптером – 50 Вт и небольшой винчестер – 10 Вт).

Пример 6.2: В системах оповещения активно применяются усилители класса “АВ”, у которых мощность потребления практически линейно зависит от мощности нагрузки. Кроме того, усилители (наиболее крупные потребители) как нагрузка имеют ярко выраженный реактивный характер. Проведенные измерения показали, что для усилителей класса “АВ” среднюю потребляемую мощность можно оценить как $\sim 0.5P_{\text{гр}}$, где $P_{\text{гр}}$ – мощность нагрузки усилителя (суммарная мощность громкоговорителей).

По нормативным требованиям система оповещения резервируется на время работы в дежурном режиме + время работы в тревожном режиме.

Для увеличения времени работы ИБП, блоки системы оповещения разбиваются на две группы:

1) Блоки работающие в дежурном режиме, для которых рассчитывается средняя потребляемая мощность $P_{\text{д}}$.

2) Блоки работающие в тревожном режиме, для которых рассчитывается средняя потребляемая мощность $P_{\text{тр}}$.

Таким образом средняя мощность потребления (блоков) в течение дежурного режима (T_d) и в течение тревожного режима ($T_{тр}$), можно определить как:

$$P_{ср} = T_d \times P_d + T_{тр} \times (P_{тр} + P_d) \quad (6.4)$$

где P_d – средняя мощность, потребляемая оборудованием в дежурном режиме (Вт×ч);

$P_{тр}$ – средняя мощность, потребляемая оборудованием в тревожном режиме (Вт×ч);

T_d – время резервирования оборудования в дежурном режиме, ч;

$T_{тр}$ – время резервирования оборудования в тревожном режиме, ч.

Блоки работающие в тревожном режиме, в течение дежурного времени – обесточены. Блоки, работающие в дежурном режиме, в тревожном режиме – не обесточены, поэтому P_d учитывается 2 раза.

Время работы ИБП ($T_{раб}$) будет определяться параметрами (возможностями) встроенных (и/или внешних) аккумуляторов и средней мощностью нагрузки ($P_{ср}$).

Таким образом, время резервирования системы при помощи выбранных АКБ, в часах:

$$T_{раб} = E / P_{ср} \quad (6.5)$$

где E – суммарная энергия встроенного (и/или внешнего) аккумуляторов, Вт×ч.

ПРИМЕЧАНИЕ: E не должна превышать полную емкость ИБП ($E < P_{ва}$).

Запишем критерий правильности выбора ИБП:

$$T_{раб} \geq T_{рез} \quad (6.6)$$

где $T_{рез}$ – время резервирования, час.

6.5 Дополнительные поправки

Для расчета времени работы ИБП ($T_{р\ ибп}$), необходимо учитывать дополнительные параметры:

$$T_{р\ ибп} = \eta E / P_{ср} \quad (6.7)$$

где η – КПД инвертора ИБП (если производитель ИБП не указывает данное значение, то рекомендуется использовать $\eta = 0,85$).

Формула 6.5 приближенно верна для больших времен работы аккумуляторной батареи (более 8-10 часов) и небольших токах разряда ($<0.5C$). При быстром разряде (больших токах и малых временах) аккумулятор отдает только часть емкости. Точно эту величину можно узнать из технических характеристик аккумулятора рис. 6.5.

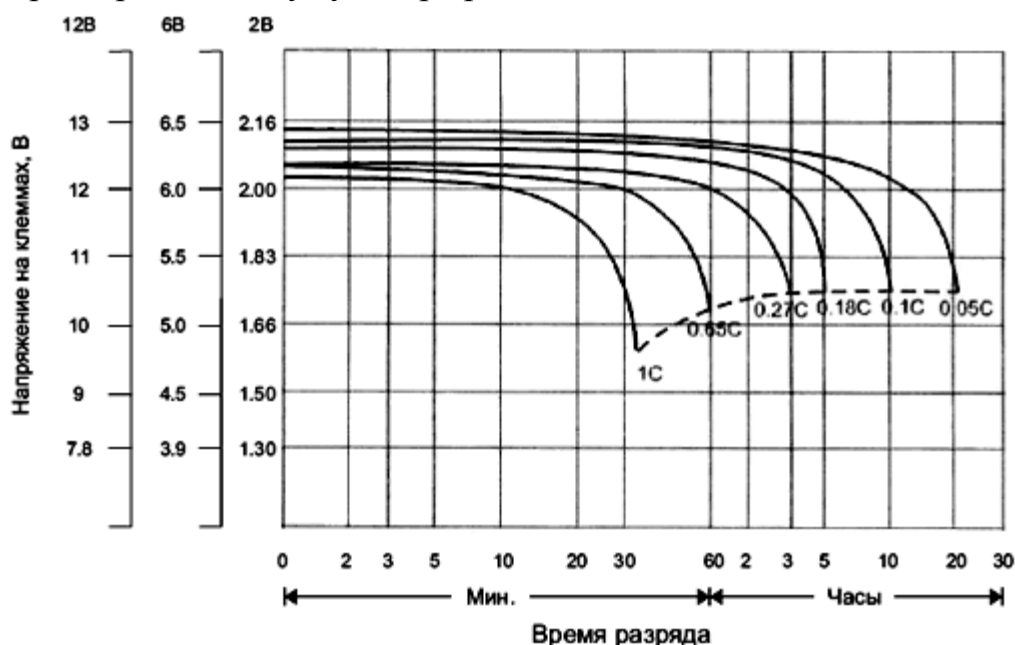


Рис. 6.5. Разрядные характеристики АКБ DJM 1245

Из данного графика можно определить зависимость напряжения на клеммах АКБ от величины нагрузки и времени разряда.

Из данного графика видно:

- 1) При времени разряда (времени резервирования), $T \leq 30$ мин, АКБ можно нагружать полностью и (остаточное) напряжение на клеммах определять по кривой 1C.
- 2) При времени разряда, $30 \text{ мин} < T \leq 60 \text{ мин}$, АКБ желательно нагружать не более $0.65C$ и напряжение на клеммах определять по кривой $0.65C$ и т.д.

Таким образом, в зависимости от величины нагрузки определяется кривая, а в зависимости от времени работы определяется напряжение на клеммах АКБ.

При работе с АКБ, необходимо обращать пристальное внимание на все данные, предоставляемые производителем. Например, емкость свинцово-кислотных АКБ существенным образом зависит от температуры окружающей среды. Соблюдение условий эксплуатации АКБ, в конечном счете, определяет срок их службы.

7.

**ОСОБЕННОСТИ
РАСЧЕТА ПОТЕРЬ
НА ПРОВОДАХ**

7.1 Краткие сведения о проводах

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 и выбора сечения токопроводящей жилы.

Дадим некоторые наиболее важные определения.

Жила является основной токопроводящей составляющей электрического провода.

Провод – это одна (или более) изолированная жила, поверх которой, в зависимости от условий прокладки и эксплуатации, может иметься металлическая оболочка, обмотка или оплетка волокнистыми материалами или проволокой. Провода могут быть голыми и изолированными.

Электрическим шнуром называется провод, состоящий из двух и более изолированных гибких или особо гибких жил сечением до $1,5 \text{ мм}^2$, скрученных или уложенных в параллель, покрытых, в зависимости от условий эксплуатации, неметаллической оболочкой или другими защитными покровами.

Кабелем называется одна или несколько скрученных вместе изолированных жил, заключенных, как правило, в общую резиновую, пластмассовую, металлическую оболочку. Оболочка служит для защиты изоляции жил от воздействия света, влаги, различных химических веществ, а также для их предохранения от механических повреждений.

Необходимые требования к проводам оговорены в нормативной документации:

Кабели, провода СОУЭ и способы их прокладки должны обеспечивать работоспособность соединительных линий в условиях пожара в течение времени, необходимого для полной эвакуации людей в безопасную зону.

По нормативным требованиям к линиям систем противопожарной защиты должны выполняться *Огнестойкими кабелями с медными жилами*.

Мы будем рассматривать токопроводящие медные жилы с круглым поперечным сечением, измеряемым в квадратных миллиметрах.

Для перехода от диаметра жилы (d , мм.), к сечению (S , мм^2), используется следующая зависимость:

$$S = \pi d^2 / 4 = 0,785 d^2, \quad (7.1)$$

где S — сечение токопроводящей жилы, мм^2 ;

d — диаметр провода, мм;

π — константа, 3,1415...

Диаметр проволоки (без изоляции) измеряют микрометром или штангенциркулем. Для многопроволочного проводника сечение равно сечению одной проволоки, умноженному на их число:

$$S = 0,785 n \cdot d^2 \quad (7.2)$$

где n — число проволок.

Для простых оценок, можно воспользоваться зависимостью диаметра токопроводящей жилы (d), от заданной силы тока (J) и нормы нагрузки (D):

$$d = \sqrt{1,27 J / D} \quad (7.3)$$

где J — сила тока, А;

D — норма нагрузки, А/мм².

Подставляя (7.3) в (7.1), получим:

$$S = J / D \quad (7.4)$$

При норме нагрузки $D = 2$ А/мм², получим практически полезную формулу:

$$S = 0,5 J_n \quad (7.5)$$

где J_n — сила тока протекающего в нагрузке, А;

Сечение выбранное по формуле 7.5 содержит расчетный запас, его называют рекомендуемым.

На практике для выбора сечения иногда пользуются готовыми таблицами⁴.

В таблице 7.1 представлена зависимость допустимых токов нагрузки медных (монтажных) проводов, от сечения провода.

Таблица 7.1

Допустимые токи нагрузки

Параметр	Сечение провода, мм ²														
	0,05	0,07	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,7	1	1,5	2	2,5	4	6	11
Наибольший допустимый ток, А	0,7	1	1,3	2,5	3,5	4	5	7	10	14	17	20	25	30	54

⁴ Данная таблица полезна тем, что по ней можно проверить или оценить допустимые границы (нагрузки), но она ничего не говорит о возможных при этом потерях и следовательно длинах провода (линии).

7.2 Выбор сечения токопроводящей жилы

Расчеты по формулам более точны, чем по таблицам, и необходимы в тех случаях, когда в таблицах отсутствуют нужные данные.

Определение сечения жилы в зависимости от длины провода и температуры

Сечение жилы провода зависит не только от силы протекающего в ней тока, но и от длины провода. С увеличением длины провода, увеличивается его сопротивление, что приводит к рассеиванию (потере) части мощности, поэтому для сохранения мощности в нагрузке, увеличение длины провода необходимо компенсировать увеличением его сечения.

Сопротивление токопроводящей жилы определяется следующей формулой:

$$R_{жс} = r \times L_{жс} / S \quad (7.6)$$

где r – удельное сопротивление ($0,0175 \text{ Ом} \times \text{мм}^2/\text{м}$ для меди, $0,028 \text{ Ом} \times \text{мм}^2/\text{м}$ для алюминия);

$L_{жс}$ – длина токопроводящей жилы (провода), м;

S – площадь поперечного сечения токопроводящей жилы (провода), мм^2 .

Площадь поперечного сечения токопроводящей жилы:

$$S = r \times L_{жс} / R_{жс} \quad (7.7)$$

Сопротивление (жилы) провода зависит от температуры окружающей среды (на практике данной зависимостью часто пренебрегают):

$$R_{жс} = R_1 [1 + a \times (t_2 - t_1)]$$

где a – температурный коэффициент электросопротивления (из таблицы);

R_1 – сопротивление жилы провода, при некоторой начальной температуре t_1 (из таблицы).

Обычно за t_1 принимают 18°C . Для простоты учета температуры можно воспользоваться готовой таблицей:

Таблица 7.2

Зависимость удельного сопротивления от температуры

Сопротивление 1 км медного провода в зависимости от температуры	$r \approx \frac{18 \pm 0,08t}{S}$	S – сечение, мм^2 ; t – температура, $^\circ\text{C}$
Сопротивление 1 км алюминиевого провода в зависимости от температуры	$r \approx \frac{29,0 \pm 0,12t}{S}$	

Определение сечения жилы в зависимости от длины и нагрузки в линии

Для получения данной зависимости примем два допущения.

Допущение 1:

Пусть вся нагрузка сконцентрирована в конце линии, рис 7.1.

Допущение 2:

Мы будем сравнивать (активное) сопротивление провода (Ом), с комплексным сопротивлением нагрузки (см. Примечание 3.1).

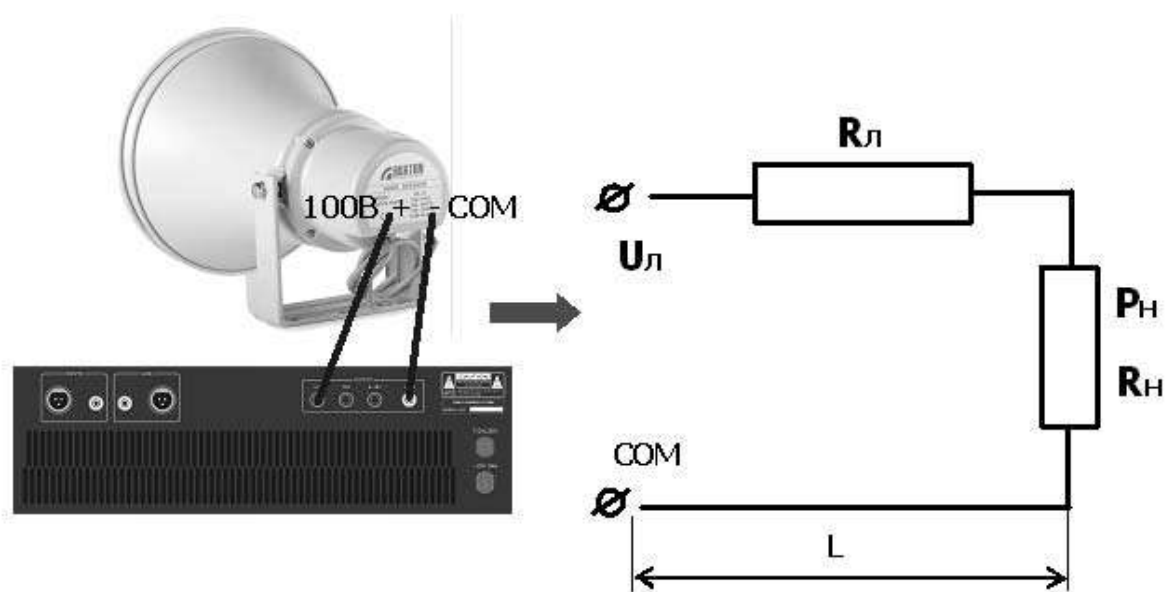


Рис. 7.1 Эквивалентная схема линии с подключенным громкоговорителем

Сечение жилы провода зависит от нормы нагрузки и от силы тока (см. формулу 7.5).

Сила тока в линии (J_n) определяется мощностью нагрузки (P_n) и напряжением в линии (U_n):

$$J_n = P_n / U_n \quad (7.8)$$

где P_n – мощность нагрузки в линии, Вт;

U_n – напряжение в линии, В.

Для нахождения сечения жилы провода в зависимости от нагрузки, подставим значение тока из формулы 7.8 в формулу 7.5:

$$S = 0,5 P_n / U_n \quad (7.9)$$

Данная формула все еще не учитывает длины жилы провода (линии).

Из схемы рис. 7.1 видно, что для подключения громкоговорителя используются 2 жилы провода, поэтому зависимость сечения от длины провода (7.7) примет вид:

$$S = 2 r \times L / R_{\text{л}} \quad (7.10)$$

где L – протяженность линии (расстояние от усилителя до громкоговорителя), м.

$R_{\text{л}}$ – сопротивление жилы провода (линии), Ом.

7.3 Определение потерь в линии

Суммарное сопротивление нагрузки усилителя (R) состоит из сопротивления нагрузки ($R_{\text{н}}$) и сопротивления линии ($R_{\text{л}}$):

$$R = R_{\text{н}} + R_{\text{л}}$$

Сопротивление линии выведем из формулы 7.10:

$$R_{\text{л}} = 2 r \times L / S \quad (7.11)$$

Сопротивление нагрузки возьмем из формулы 3.1 (см. Примечание 3.3):

$$R_{\text{н}} = U_{\text{л}}^2 / P_{\text{н}} \quad (7.12)$$

Сравнивая $R_{\text{л}}$ с суммарным сопротивлением нагрузки R , можно оценить Потери в линии (Π , %):

$$\Pi = (R_{\text{л}} / (R_{\text{л}} + R_{\text{н}})) \times 100\% \quad (7.13)$$

Величину “ Π ”, иногда называют потерями по напряжению (по теории электрических цепей, на большем сопротивлении падает большее напряжение).

Для быстрой оценки потерь удобно пользоваться готовыми таблицами.

Составим таблицу зависимости сопротивления провода ($R_{\text{л}}$), от сечения жилы провода (S) и длины линии (расстояния от усилителя до громкоговорителя), таблица 7.3.

Таблица 7.3

Зависимость сопротивления жилы провода от величины сечения и длины провода

$R_{\text{л}}, \text{Ом}$	Расстояние до громкоговорителей, м									
$S, \text{мм.кв.}$	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
0,20	8,75	17,50	26,25	35,00	43,75	52,50	61,25	70,00	78,75	87,50
0,50	3,50	7,00	10,50	14,00	17,50	21,00	24,50	28,00	31,50	35,00
0,75	2,33	4,67	7,00	9,33	11,67	14,00	16,33	18,67	21,00	23,33
1,00	1,75	3,50	5,25	7,00	8,75	10,50	12,25	14,00	15,75	17,50
1,20	1,46	2,92	4,38	5,83	7,29	8,75	10,21	11,67	13,13	14,58
1,50	1,17	2,33	3,50	4,67	5,83	7,00	8,17	9,33	10,50	11,67
2,00	0,88	1,75	2,63	3,50	4,38	5,25	6,13	7,00	7,88	8,75
2,50	0,70	1,40	2,10	2,80	3,50	4,20	4,90	5,60	6,30	7,00
3,00	0,58	1,17	1,75	2,33	2,92	3,50	4,08	4,67	5,25	5,83
3,50	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00
4,00	0,44	0,88	1,31	1,75	2,19	2,63	3,06	3,50	3,94	4,38

Задача 7.1

Построим (табличную) зависимость сечения жилы провода от длины провода (линии) и нагрузки в линии.

Так как формулы 7.9 и 7.10 никак не связаны друг с другом, то для их одновременного учета, необходимо зафиксировать (выбрать в качестве константы) какой либо параметр.

В качестве такого параметра можно использовать величину потерь в линии (далее мы продемонстрируем удобство такого подхода).

Определим сечение жилы провода, при котором, при заданной длине линии и величине нагрузки, потери в линии составят не более 10%.

ПРИМЕЧАНИЕ: Электроакустики считают, что потери, превышающие 12%, приводят к ухудшению качества звука.

При величине потерь $\sim 10\%$ можно записать следующее соотношение:

$$R_{\text{л}} = 0,1 R_{\text{н}}$$

При подстановке $R_{\text{л}}$ и $R_{\text{н}}$ в формулу 7.13, получим $\Pi = 9\%$.

Соотношение (7.10) примет вид:

$$S \sim 20 r \times L / R_{\text{н}} \quad (7.14)$$

где $R_{\text{н}}$ – сопротивление нагрузки в линии, Ом.

Подставляя в 7.14 значение $R_{\text{н}}$ из формулы 7.12, получим зависимость сечения медной ($r = 0,0175$) токопроводящей жилы от длины линии (L), мощности нагрузки ($P_{\text{н}}$) и напряжения в линии ($U_{\text{л}}$):

$$S \sim 0,35 \times L \times P_{\text{н}} / U_{\text{л}}^2 \quad (7.15)$$

Формула (7.15) определяет сечение жилы провода, при потерях (в линии) не более 10% и условии, что вся нагрузка сосредоточена в конце линии.

Рассчитаем необходимое сечение жилы провода, для различных длин и нагрузок в линии, для чего воспользуемся возможностями программы Microsoft Excel, результаты расчета представим в виде таблицы:

Таблица 7.4

Зависимость сечения жилы провода от нагрузки и длины линии

S , мм.кв.	Расстояние до громкоговорителей, м									
$P_{\text{н}}$, Вт	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
50	0,0875	0,175	0,2625	0,35	0,4375	0,525	0,6125	0,7	0,7875	0,875
75	0,13125	0,2625	0,39375	0,525	0,65625	0,7875	0,91875	1,05	1,18125	1,3125
100	0,175	0,35	0,525	0,7	0,875	1,05	1,225	1,4	1,575	1,75
150	0,2625	0,525	0,7875	1,05	1,3125	1,575	1,8375	2,1	2,3625	2,625
200	0,35	0,7	1,05	1,4	1,75	2,1	2,45	2,8	3,15	3,5
250	0,4375	0,875	1,3125	1,75	2,1875	2,625	3,0625	3,5	3,9375	4,375
300	0,525	1,05	1,575	2,1	2,625	3,15	3,675	4,2	4,725	5,25
350	0,6125	1,225	1,8375	2,45	3,0625	3,675	4,2875	4,9	5,5125	6,125
400	0,7	1,4	2,1	2,8	3,5	4,2	4,9	5,6	6,3	7
450	0,7875	1,575	2,3625	3,15	3,9375	4,725	5,5125	6,3	7,0875	7,875
500	0,875	1,75	2,625	3,5	4,375	5,25	6,125	7	7,875	8,75

Обобщим полученный результат в виде следующей зависимости:

$$S = 2 \times k \times r \times L \times P_n / U_n^2 \quad (7.16)$$

где r – удельное сопротивление ($0,0175 \text{ Ом} \times \text{мм}^2/\text{м}$ для меди, $0,028 \text{ Ом} \times \text{мм}^2/\text{м}$ для алюминия);

L – протяженность линии (расстояние от усилителя до громкоговорителя), м.

P_n – мощность нагрузки в линии, Вт;

U_n – напряжение в линии, В.

k – коэффициент определяемый допустимыми потерями в линии:

$$k = (100 - \Pi) / \Pi$$

где Π – ожидаемая величина потерь в линии, %.

7.4 Определение сечения жилы провода в линии, с равномерно распределенной нагрузкой

В реальных условиях нагрузка распределяется вдоль линии более или менее равномерно, см. рис. 7.2. При таком включении потери в проводе и выбираемое сечение жилы уменьшаются в (K) раз.

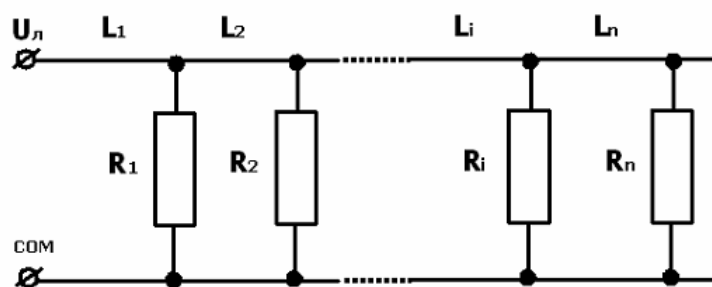


Рис. 7.2 Равномерное распределение нагрузки в трансляционной линии

Определим значение K для случая, когда нагрузка состоит из N громкоговорителей, равномерно расположенных вдоль линии. Длины участков между громкоговорителями (рис. 7.2) одинаковы: $L_1 = L_2 = \dots L_i \dots L_{n-1} = L_n$.

В этом случае коэффициент (K) можно представить как, среднее арифметическое между худшим случаем, при длине линии $L = L_1 + L_2 + \dots L_i + \dots L_{n-1} + L_n$ и лучшим случаем, при длине $L = L_1 = L_2 = \dots L_i = \dots L_{n-1} = L_n = L/N$. Тогда коэффициент K можно определить следующим образом:

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

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 громкоговорителей (при $N > 10$, $K \sim 0,5$), см. таблицу 7.5.

Таблица 7.5

Расчет коэффициента учитывающего потери в линии

N	$K = (1+N)/2N$
1	1,000
2	0,750
3	0,667
4	0,625
5	0,600
6	0,583
7	0,571
8	0,563
9	0,556
10	0,550
20	0,525
50	0,510
100	0,505

Учет потерь при электроакустическом расчете

Применим результат, полученный при решении задачи 7.1, для электроакустических расчетов.

В задаче 7.1 был продемонстрирован удобный подход, в котором заложив ожидаемую величину потерь, сечение жилы легко определяется по одной формуле (в одно касание). При этом эту самую ожидаемую величину потерь (по напряжению равную 10%) можно изначально заложить в электроакустические расчеты, например, в формулу для расчета звукового давления громкоговорителя:

$$P = SPL + 10 \lg(P_{гр})$$

где $P_{гр}$ – мощность громкоговорителя, Вт.

Учитывая зависимость мощности громкоговорителя ($P_{гр}$) от квадрата напряжения в линии ($P_{гр} = U_{л}^2/Z$), при потерях по напряжению $\Pi = 10\%$, $U_{л} = 0,9 U$, окончательная формула для определения звукового давления примет вид:

$$P \sim SPL + 10 \lg(0,8P_{гр})$$

Значение звукового давления, рассчитанное таким образом, можно интерпретировать как запас на потери и после этого обосновано пользоваться таблицей 7.4.

Примеры (алгоритмы) расчета

Исходные данные:

L – протяженность линии, м;

P_n – суммарная мощность нагрузки в линии, Вт;

$U_{\text{л}}$ – напряжение в линии В.

Выбора сечения токопроводящей жилы в зависимости от нагрузки в линии

- 1) Рассчитаем значение тока (J_n) в линии (7.8).
- 2) Определим сечение жилы в зависимости от тока (7.9).

Расчет потерь в линии

- 1) Рассчитаем сопротивление нагрузки линии (7.12).
- 2) Определим сопротивление линии (таблица 7.3).
- 3) Определим потери в линии (формула 7.13).

Выбор сечения токопроводящей жилы в зависимости от нагрузки, длины и потерь в линии

- 1) Зададимся величиной потерь P , %.
- 3) Определим сечение жилы по формуле (7.16).

ИСПОЛЬЗУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Свод правил СП 3.13130-2009.
2. Приказ МЧС РФ от 20 июня 2003 г. N 323 "Об утверждении норм пожарной безопасности. Проектирование систем оповещения людей о пожаре в зданиях и сооружениях" (НПБ 104-03).
3. НПБ 77-98 – Общетехнические требования к СОУЭ.
4. Проектирование систем оповещения и управления эвакуацией людей при пожарах в общественных зданиях, пособие (к СНиП 2.08.02-89).
5. Технические средства и системы оповещения людей о пожаре.
6. Акустика, Учебник. Ред. Проф. Ю.А. Ковалгина, Москва, 2009 г.
7. О. Б. Попов, С. Г. Рихтер Цифровая обработка сигналов в трактах звукового вещания, Москва, 2007 г.
8. IEC 60849 “Sound system for emergency purposes”.
9. Годный В. Г. ГОЧС системы оповещения и их особенности.
10. Три взгляда на акустику помещений, проф. МТУСИ А. П. Ефимов.
11. Сайт группы компаний “Escort”, г. Москва www.escortpro.ru
12. Сайт компании ООО “Статус-Связь”, г. Москва www.evacs.ru
13. Пожарное оповещение, электроакустический расчет, Тромбон, Москва, 2008г.
14. В.Г. Бастанов. 300 практических советов. Московский рабочий, 1986г.

ПРИЛОЖЕНИЯ

УРОВНИ ШУМА

№ п.п.	Назначение помещений	Уровень звука постоянного шума, дБА	Нормативный документ
1	Учебные заведения		
1.1	классные помещения, учебные кабинеты, аудитории учебных заведений, конференцзалы, читальные залы библиотеки	40	ГОСТ 12.1.036-81
2	Административные здания:		
2.1	помещения офисов, рабочие помещения, кабинеты в административных зданиях, конструкторских, проектных и научно-исследовательских организациях	50	ГОСТ 12.1.036-81
3	Предприятия торговли:		
3.1	торговые залы	60	ГОСТ 12.1.036-81
4	Медицинские учреждения:		
4.1	кабинеты врачей	40	ГОСТ 12.1.036-81
4.2	палаты больниц и санаториев	35	ГОСТ 12.1.036-81
5	Вокзалы и аэропорты:		
5.1	пассажирские залы	60	ГОСТ 12.1.036-81
6	Производство	зависит от конкретного производственного процесса	
7	Развлекательные и спортивные сооружения:		
7.1	спортивные залы	60	ГОСТ 12.1.036-81
7.2	зрительные залы клубов и кинотеатров	40	ГОСТ 12.1.036-81
7.3	фойе театров и кино театров	55	ГОСТ 12.1.036-81
8	Предприятия общественного питания:		
8.1	залы кафе, ресторанов, столовых	55	ГОСТ 12.1.036-81
9	Жилые помещения:		
9.1	квартиры, дома отдыха, пансионаты, дома-интернаты для престарелых и инвалидов, спальные помещения в детских дошкольных	40	ГОСТ 12.1.036-81

	учреждениях, спальных помещениях школ-интернатов		
9.2	гостиницы и общежития	45	ГОСТ 12.1.036-81
9.3	холлы гостиниц, общежитий и учреждений отдыха	50	ГОСТ 12.1.036-81
10	Культовые здания	40	ГОСТ 12.1.036-81
11	Уличные территории		
11.1	непосредственно прилегающие к зданиям больниц и санаториев городской местности	45	СН 2.2.4/2.1.8.562-96
11.2	непосредственно прилегающие к жилым домам, зданиям поликлиник, зданиям амбулаторий, диспансеров, домов отдыха, пансионатов, домов-интернатов для престарелых и инвалидов, детских дошкольных учреждений, школ и других учебных заведений, библиотек	55	СН 2.2.4/2.1.8.562-96
11.3	непосредственно прилегающие к зданиям гостиниц и общежитий	60	СН 2.2.4/2.1.8.562-96
11.4	площадки отдыха на территории больниц и санаториев	35	СН 2.2.4/2.1.8.562-96
11.5	площадки отдыха на территории микрорайонов и групп жилых домов, домов отдыха, пансионатов, домов-интернатов для престарелых и инвалидов, площадки детских дошкольных учреждений, школ и др. учебных заведений	45	СН 2.2.4/2.1.8.562-96

СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки»

РАСЧЕТ ПЛОЩАДИ ОЗВУЧИВАЕМОЙ НАСТЕННЫМ ГРОМКОГОВОРТЕЛЕМ С УЗКОЙ ШДН

Громкоговорители с узкой *ШДН*, как правило имеют большее звуковое давление, устанавливаются на больших высотах с большим углом наклона *УН*.

На рис.1, представлена диаграмма излучения (вид сбоку) и проекция излучения на плоскость проведенную параллельно полу на высоте 1,5м (вид сверху).

Продолжая увеличивать угол наклона (*УН*) громкоговорителя (см. главу 4), мы столкнемся с ситуацией (при $УН > ШДН/2$), когда верхняя образующая конуса также так же пересечет плоскость на отметке 1,5 м. Результатом такого пересечения будет эллипс. В этом случае, эффективная площадь озвучиваемая громкоговорителем будет совпадать с площадью эллипса:

$$S_{эл} = \pi \times A \times B$$

где *A* – большая полуось эллипса, м;

B – малая полуось эллипса, м.

Рассчитаем полуоси эллипса *A* и *B*, для этого перепишем значения $|OL_1|$ и $|OL_2|$ (см. формулы 4.3, 4.4):

Большая полуось эллипса:

$$A = (|OL_1| - |OL_2|) / 2$$

$$|OL_1| = (H - 1,5) / \operatorname{tg}(УН - ШДН/2)^5$$

где $|OL_1|$ – расстояние от стены (с установленным громкоговорителем) до точки *L*₁ (проекция верхней образующей конуса на отметку 1,5м), м.

$|OL_2|$ – расстояние от стены (с установленным громкоговорителем) до точки *L*₂ (проекция нижней образующей конуса на отметку 1,5м), м.

Для получения значения *B* обратимся к рис.1, вычислим длину отрезка:

$$|DC| = \sqrt{(H - 1,5)^2 + |OC|^2}$$

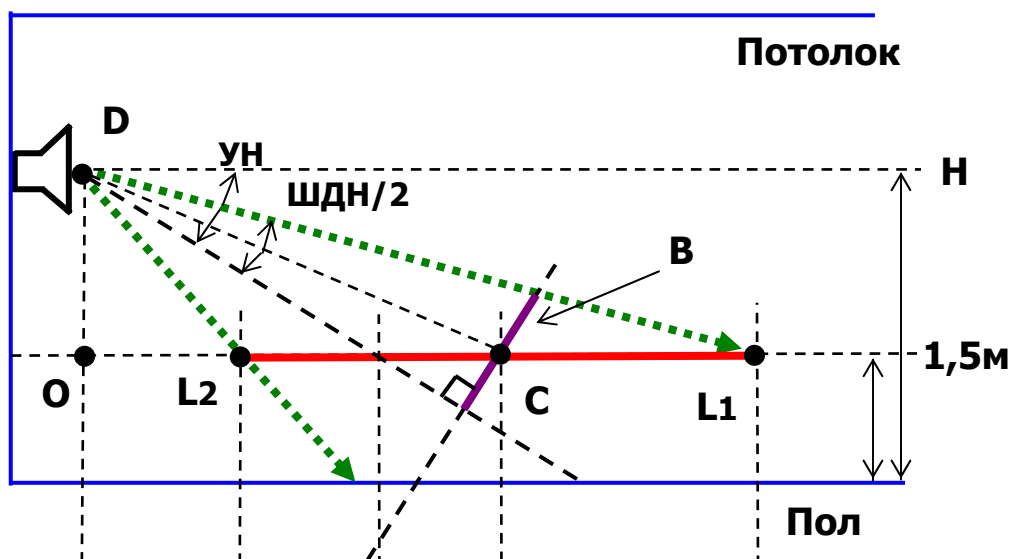
где $|OC| = (|OL_1| + |OL_2|)/2$

Можно видеть, что отрезок $|OC|$ встречается с плоскостью 1,5м, в точке (*C*), соответствующей середине эллипса. Таким образом, малая ось эллипса (*B*) может быть рассчитана: $B = |DC| \times \operatorname{tg}(ШДН/2)$

На практике для таких расчетов желательно пользоваться программными средствами, например, приложением Microsoft Excel.

⁵ Данная зависимость справедлива при $УН > ШДН/2$

ВИД СБОКУ



ВИД СВЕРХУ

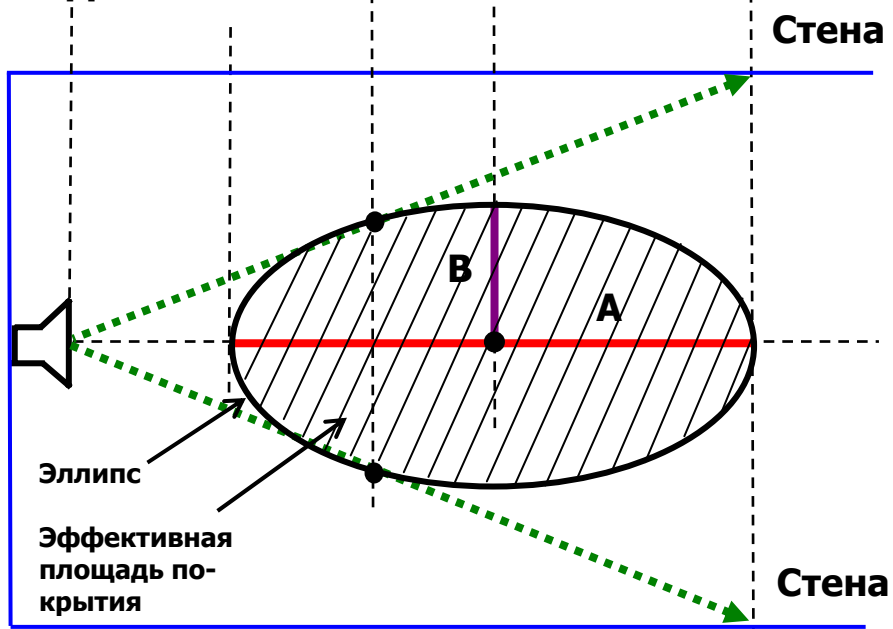


Рис. 1 К расчету площади, озвучиваемой настенным громкоговорителем с узкой диаграммой направленности

Критерием правильности выбора громкоговорителя в рассматриваемом случае будет соотношение, при котором верхняя образующая конуса будет доставать до отметки 1,5 м (до точки L_1):

$$(H - 1,5) / \sin(\gamma H - DH/2) < L$$

Результаты сравнения площади сектора $S_{ск}$ (для громкоговорителей с широкой ШДН) и площади эллипса $S_{эл}$ (для громкоговорителя с узкой ШДН) в виде процентного соотношения (D) представлены в таблице 1:

Таблица 1

УН, град.	ШДН, град.	$S_{ск}$, м.кв.	$S_{эл}$, м.кв.	D%
35,0	90,0	151,0	151,0	0,0
35,0	60,0	63,0	60,0	4,7
35,0	50,0	11,3	12,2	7,5
35,0	40,0	3,2	4,2	23,9
35,0	30,0	1,0	1,6	42,2
35,0	20,0	0,2	0,6	61,3

В таблице показана разница (в процентах) между площадью сектора и площадью эллипса при различных значениях ШДН. Из таблицы видно, что при ШДН от 50 до 90 град., различия между площадью эллипса и площадью сектора практически нет, но при узкой ШДН, оно появляется.

Для большинства рупорных громкоговорителей ШДН = 40 град. Для ШДН=40 град., отличие составляет 23%, следовательно, для рупорного громкоговорителя площадь можно рассчитать как площадь сектора и умножить полученное значение на коэффициент 1,23 (из таблицы).

КОМБИНИРОВАННАЯ НАСТОЛЬНАЯ СИСТЕМА ОПОВЕЩЕНИЯ И МУЗЫКАЛЬНОЙ ТРАНСЛЯЦИИ SX-240/480

Назначение

Комбинированная система оповещения SX-240/480 это моноблок, настольного исполнения, см. рисунок 1.

Данная система может эффективно использоваться на объектах различного назначения, например в учебных заведениях, супермаркетах, административных учреждениях и т. д. Блок стыкуется с системой пожарной сигнализации (СПС) и позволяет в автоматическом и полуавтоматическом режимах, осуществлять экстренное оповещение. Блок имеет встроенную систему автоматического контроля линий. К моноблоку может быть подключено до 4-х приоритетных дистанционных микрофонных консолей, что позволяет применять его на объектах с необходимостью постоянных объявлений, например автовокзалах, железнодорожных станциях. Встроенный универсальный музыкальный модуль, позволяет применять данную систему в торговых, спортивных, развлекательных комплексах.



Рис. 1 Комбинированная настольная система оповещения
и музыкальной трансляции SX-240/480

Состав

- Встроенный усилитель мощности 240/480Вт/100, 70В, 4 Ома;
- Встроенный предварительный усилитель-микшер;
- Встроенный селектор на 5 зон;
- Встроенный блок цифровых сообщений;
- Встроенный электретный микрофон;
- Встроенный громкоговоритель;
- Блок автоматического контроля линий;
- Встроенный mp3/WMA-декодер, FM-тюнер.

Встроенный блок цифровых сообщений

В состав комбинированной системы оповещения SX-240/480 входит блок цифровых сообщений. Блок сообщений интегрирован непосредственно в моноблок.

Блок цифровых сообщений, предназначен для автоматического и полуавтоматического аварийного оповещения о пожаре, позволяет записывать и хранить в цифровом виде речевое сообщение длительностью до 60 секунд. Сообщение хранится во внутренней памяти блока. Перезапись сообщения осуществляется как при помощи дополнительных внешних источников (через микрофонный и линейный входы), так и при помощи встроенного конденсаторного микрофона, для оперативного изменения текста сообщения.

В автоматическом режиме: При поступлении на вход моноблока сигнала управления от СПС, происходит автоматическое включение селектора, (выходы усилителя коммутируются к выходным клеммам), блока цифровых сообщений. В качестве сигнала управления могут быть использованы: открытый коллектор NPN-транзистора или нормально разомкнутый контакт реле. При замыкании контактов реле от СПС (кратковременное или постоянное) начинается воспроизведение предварительно записанного сообщения, повторяющегося до ручного отключения. Для постоянного воспроизведения сообщения, к выходу СПС подключают контакты (STAT и GND). При снятии сигнала управления воспроизведение прекращается.

В ручном режиме: Ручной (полуавтоматический) режим в данном приборе имеет самый высокий приоритет, активируется нажатием кнопки ALL на селекторе зон, происходит включение всех зон, при этом оператор имеет 2 возможности: 1) Сделать объявление через встроенный или выносной микрофоны. 2) Включить заранее записанное цифровое сообщение.

Встроенный блок автоматического контроля линий

В состав комбинированной системы оповещения SX-240/480 входит блок автоматического контроля линий. Блок контроля интегрирован непосредственно в моноблок.

Блок автоматического контроля линий предназначен для автоматического и ручного контроля состояния 5-ти линий громкоговорителей. Блок контроля включен в разрыв между встроенным селектором зон и контактами, к которым подключаются линии громкоговорителей. Принцип работы блока основан на измерении текущего состояния линии и сравнении измеренного значения со значением, полученным при контрольном измерении. Измерение импеданса линии происходит автоматически, по истечению интервала, установленного при помощи программного таймера или в ручном режиме. В случае отклонения измеренных значений, от контрольных (запомненных при тестировании), срабатывает сигнализация. Состояние линий отображается посредством световой, звуковой индикации, а также включения реле неисправности для осуществления удаленного контроля.

Встроенный музыкальный модуль

В состав комбинированной системы оповещения SX-240/480 входит музыкальный модуль. Данный модуль интегрирован непосредственно в моноблок. Данная функция позволяет применять блок для фонового озвучивания. Музыкальный модуль имеет низкий приоритет, который автоматически блокируется высшими приоритетами, микрофонными консолями, VOICE-активацией, экстренным оповещением.

В состав музыкального модуля входят: FM-тюнер, аудио декодер, поддерживающим форматы mp3, wma. Модуль снабжен дополнительными разъемами для установки USB/SD/MIMC-карт. Выбор и управление музыкальными источниками, осуществляется как с самого прибора, так и при помощи пульта дистанционного управления. Регулировка уровня и тембра осуществляется как при помощи регуляторов на самом приборе, так и при помощи пульта дистанционного управления. Для визуального отображения текущей информации номера трека, канала, функции, состояния, используется наглядный цифровой дисплей.

Приоритеты

Комбинированная система оповещения SX-240/480 – это многоприоритетная система.

Экстренное звуковое сообщение в автоматическом или полуавтоматическом режиме, транслируется по высокому приоритету, блокируя при этом работу более низких приоритетов. Многоприоритетность позволяет дежурному или оператору, при нестандартном развитии событий или в режиме тревоги, отключить (блокировать) низкий приоритет, например, музыкальную трансляцию.

В системе SX-240/480 реализованы следующие приоритеты (в порядке убывания):

- 1) Полуавтоматическое управление, автоматическое пожарное оповещение.
- 2) Управление микрофонной консолью 1.
- 3) Управление микрофонной консолью 2.
- 4) Управление микрофонной консолью 3.
- 5) Управление микрофонной консолью 4.
- 6) Аудио сигнал на линейном входе LINE.
- 7) Аудио сигнал на микрофонном входе MIC.
- 8) Аудио сигнал на музыкальном входе AUX, встроенные музыкальные источники.

Функции управления

Кроме вышеперечисленных, в состав комбинированной системы оповещения SX-240/480 входят следующие модули: встроенный селектор зон, многоприоритетный предварительный усилитель, усилитель мощности (240/480Вт). Эти блоки интегрированы непосредственно в моноблок.

Встроенный селектор на 5 зон:

Предназначен для ручной или автоматической коммутации 100В выхода усилителя к нужной линии громкоговорителей. Коммутация осуществляется при помощи (мощных) встроенных реле. К высоковольтным выходам селектора необходимо подключать только специализированные громкоговорители, содержащие трансформатор. Суммарная мощность всех линий не должна превышать 240/480 Вт. Коммутация линий осуществляется как в ручном, так и в автоматическом режимах.

Встроенный многоприоритетный предварительный усилитель (микшер).

К входу микшера может быть подключено несколько источников аудио сигнала, каждый из которых имеет свой приоритет. На передней панели расположены регуляторы уровней входных сигналов, регуляторы тембра и общего уровня звукового сигнала.

Встроенный усилитель мощности:

Встроенный усилитель мощности, предназначен для усиления звукового сигнала с целью его дальнейшей трансляции на низкоомные и трансформаторные громкоговорители. Выходной каскад усилителя содержит трансформатор, дополнительно повышающий напряжение усиленного сигнала. Кроме высоковольтных, усилитель имеет “низкоомные” выводы, для подключения стандартных высококачественных акустических систем.

Индикаторы уровня показывают уровень сигнала на выходе усилителя мощности относительно номинального значения в децибелах. При настройке необходимо добиться оптимального уровня сигнала (0дБ), не допуская перегрузки (+3дБ).

Управление от микрофонных консолей SX-R31

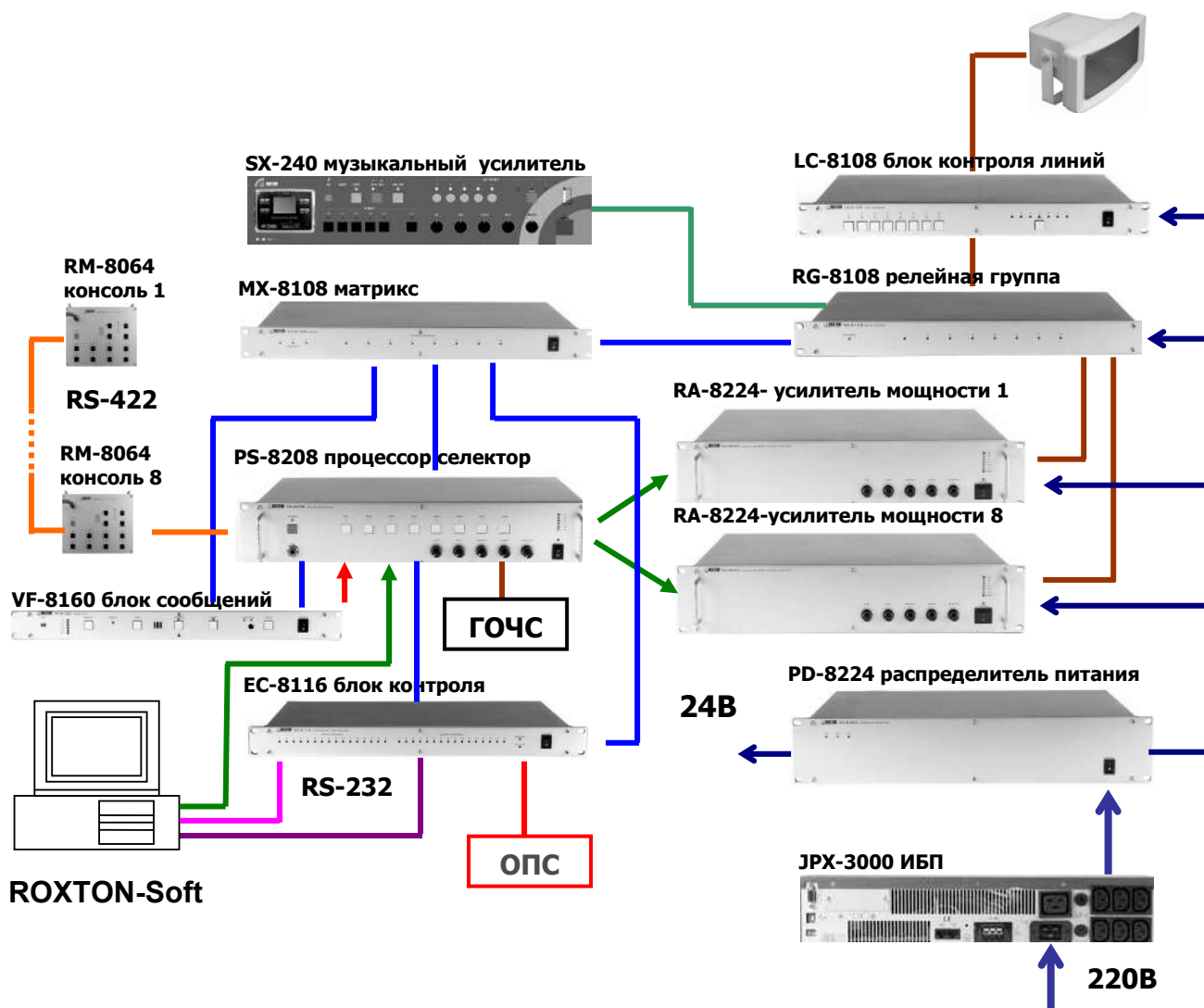
Микрофонная консоль SX-R31 работает совместно с комбинированной системой SX-240/480.

Микрофонная консоль - это устройство, совмещающее в себе функции селектора зон, микшера и микрофона. Консоль предназначена для дистанционного выбора и включения нужных зон (до 5 зон), передачу в них речевого сообщения с микрофона или музыкального источника, подключенного к разъему на задней панели. Консоль осуществляет дистанционное управление комбинированной системой SX-240/480, в заданном приоритете (1~4 приоритеты). Приоритеты означают, что консоль с высшим приоритетом, прерывает (блокирует) работу консоли с низшим (меньшим) приоритетом. Приоритет консоли устанавливается при помощи Dip-переключателя на задней панели.

Консоль питается от комбинированной системы SX-240/480 по информационному кабелю. Конструктивно консоль выполнена в пластиковом корпусе, имеет настольное исполнение.

8-МИ КАНАЛЬНАЯ 64 ЗОННАЯ, 14 ПРИОРИТЕТНАЯ СИСТЕМА ОПОВЕЩЕНИЯ, С ВОЗМОЖНОСТЬЮ РЕЗЕРВИРОВАНИЯ РАБОТЫ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА (ROXTON)

На рисунке ниже изображена функциональная схема системы оповещения ROXTON 8000 серия.



**Структурная схема системы оповещения
на базе оборудования ROXTON**

Сигнал от СПС в виде сухого контакта поступает на блок контроля EC-8116. В обычном режиме (при нормальном функционировании ПО и компьютера) происходит активация (заранее настроенного) алгоритма

оповещения, соответствующего номеру сухого контакта. На выходе контроллера ЕС-8116 возникают сигналы управления, которые поступают на процессор PS-8208 для подключения нужных линий. Заранее записанные аварийные сообщения (звуковые файлы) с выхода звуковой карты поступают на аудио вход процессора. В случае неисправности компьютера (контроль по RS-232) на дополнительных клеммах контроллера ЕС-8116 формируются сухие контакты, которые далее поступают на высокоприоритетный вход матрикса MX-8108. Контрольный выходной сухой контакт матрикса запускает блок цифровых сообщений VF-8160. Заранее записанное цифровое сообщение с блока VF-8160 поступает на приоритетный вход процессора PS-8208, далее на усилитель и в линию громкоговорителей, соответствующую номеру сухого контакта.

Процессор-селектор PS-8208 является центральным блоком системы. На его базе можно реализовать до 12-ти различных приоритетов, подключить до 8-ми микрофонных консолей RM-8064. Каждая консоль работает по своему приоритету. Приоритет определяется установкой DIP-переключателей на задних панелях консолей. Консоли осуществляют управление селектором PS-8208 по протоколу RS-485.

Сигналы ГОЧС поступают на высокоприоритетный вход процессора PS-8208, и далее в линии, соответствующие замыкаемым контактам.

Выходные сухие контакты селектора PS-8208 соединены со средним (одним из 3-х) приоритетом матрикса MX-8108. Матрикс – управляет релейной группой, передает до 8-ми сухих контактов с 3-х входов на 1 выход, в зависимости от приоритета.

Релейная группа RG-8108 осуществляет коммутацию 100В выходов, 2-х групп по 8 усилителей RA-8212/8224/8236 к 8-ми линиям громкоговорителей. Первая группа усилителей – аварийные. Аудио сигнал на эти усилители поступает с выхода микшера, встроенного в процессор PS-8208. Выходы усилителей коммутируются с линиями громкоговорителей автоматически, при поступлении управляющего сухого контакта на вход блока реле RG-8108. Вторая группа усилителей – музыкальные (SX-240). Аудио сигнал с выхода музыкальных усилителей поступает в линии громкоговорителей через нормально-замкнутые контакты релейной группы RG-8108. При активации нужной линии музыкальный канал отключается и его место замещает аварийный.

Самый высокий приоритет в данной системе имеет полуавтоматический режим, в котором служебное или аварийное сообщение может быть

подано с электретного микрофона, встроенного в блок сообщений VF-8160, для аварийного включения зон на селекторе PS-8208 имеется аварийная кнопка ALARM.

Для питания системы применен распределитель PD-8224. Данный распределитель раздает напряжение питания AC-220В и DC-24В блокам системы. В дежурном режиме часть блоков (например, усилители) могут быть обесточены, для этого они должны быть запитаны от так называемой динамической розетки распределителя, на выходе которой в дежурном режиме напряжение отсутствует. При поступлении на аварийные клеммы распределителя сухого контакта, на динамических клеммах и розетке возникают напряжения для питания нужных блоков.

Для резервирования по питанию, используется блок бесперебойного питания JРХ-3000, рассчитанный на работу с большими нагрузками.

СОДЕРЖАНИЕ

Краткая аннотация	3
ВВЕДЕНИЕ	4
1. ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СОУЭ	5
1.1. Основные термины и определения, нормативные требования	6
1.2. Основные этапы проектирования систем оповещения	7
1.3. Общие сведения о СОУЭ	12
1.4. Расчет мощности потребляемой системой оповещения	15
1.5. Электропитание технических средств СОУЭ	16
2. ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРО-АКУСТИЧЕСКОГО РАСЧЕТА	17
2.1. Основные термины и определения	18
2.2. Общие положения	19
2.3. Реверберация	25
2.4. Расчет уровня звукового давления	28
2.5. Основные этапы электроакустического расчета	32
3. ГРОМКОГОВОРИТЕЛИ ДЛЯ СИСТЕМ ОПОВЕЩЕНИЯ	41
3.1. Классификация громкоговорителей	42
3.2. Подключение громкоговорителей	52
4. РАССТАНОВКА ГРОМКОГОВОРИТЕЛЕЙ	57
4.1. Определение эффективной площади озвучиваемой настенным громкоговорителем	58
4.2. Оценка эффективной площади озвучиваемой потолочным громкоговорителем	63
4.3. Выбор и расстановка громкоговорителей	69
4.4. Расчет количества громкоговорителей	75
5. ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ ОПОВЕЩЕНИЯ	77
5.1. Классификация систем оповещения	78
5.2. Микрофоны. Микрофонные консоли	81
5.3. Многозонные системы звукового оповещения	84
5.4. Многоприоритетные системы оповещения	85
5.5. Комбинированные системы оповещения	88
5.6. Многоканальные системы звукового оповещения	90
5.7. Регуляторы громкости, селекторы программ	96

5.8 Реализация обратной связи зон пожарного оповещения с помещением пожарного поста-диспетчерской	101
5.9 Интеграция нескольких систем звукового оповещения	106
5.10 Цифровые системы оповещения	109
6. ОСОБЕННОСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕСПЕРЕБОЙНОГО ПИТАНИЯ СИСТЕМ ОПОВЕЩЕНИЯ	115
6.1 Общие положения	116
6.2 Питание системы оповещения от АКБ	116
6.3 Питание системы оповещения от ИБП	121
6.4 Расчет времени работы ИБП	123
6.5 Дополнительные поправки	125
7. ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА ПОТЕРЬ НА ПРОВОДАХ	127
7.1 Краткие сведения о проводах	128
7.2 Выбор сечения токопроводящей жилы	130
7.3 Определение потерь в линии	132
7.4 Определение сечения жилы провода в линии, с равномерно распределенной нагрузкой	134
ИСПОЛЬЗУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА	137
ПРИЛОЖЕНИЯ	138
Приложение 1 УРОВНИ ШУМА	139
Приложение 2 РАСЧЕТ ПЛОЩАДИ ОЗВУЧИВАЕМОЙ НАСТЕННЫМ ГРОМКОГОВОРТЕЛЕМ С УЗКОЙ ШДН	141
Приложение 3 КОМБИНИРОВАННАЯ НАСТОЛЬНАЯ СИСТЕМА ОПОВЕЩЕНИЯ И МУЗЫКАЛЬНОЙ ТРАНСЛЯЦИИ SX-240/480	144
Приложение 4 8-МИ КАНАЛЬНАЯ 64 ЗОННАЯ, 14 ПРИОРИТЕТНАЯ СИСТЕМА ОПОВЕЩЕНИЯ, С ВОЗМОЖНОСТЬЮ РЕЗЕРВИРОВАНИЯ РАБОТЫ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА (ROXTON)	149

Учебное издание

Олег Владимирович Кочнов

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ ОПОВЕЩЕНИЯ

Учебное пособие

Издание печатается в авторской редакции

Выпускающий редактор

А.М. Коськин

Издательство «Стерх» ИП Коськин А.М.

Лиц. изд. ИД № 06366.

Подписано в печать 31.10.2012. Формат 60х84/16.

Бумага для множит. техники. Гарнитура Times. Заказ № 28.

Усл. печ. л. 8,95. Уч.-изд. л. 6,58. Тираж 100 экз.

Адрес: 602200, Владимирская область,
г. Муром, ул. Муромская д. 3 кв.19.

sterx06366@rambler.ru