

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Управление промышленной и экологической безопасностью»

(наименование кафедры)

20.04.01 Техносферная безопасность

(код и наименование направления подготовки)

Управление пожарной безопасностью

(направленность(профиль))

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

на тему Исследование особенностей проектирования эффективных систем
оповещения и управления эвакуации людей при пожарах в социальных
объектах (на примере ФГБОУ ВО «ТГУ»)

Студент	<u>А.А. Санников</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Научный руководитель	<u>М.И. Фесина</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Консультанты	<u>В.Г. Виткалов</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)

Руководитель программы к.т.н., доцент И.И. Рашоян
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия) _____
« _____ » _____ 2018 г. (личная подпись)

Допустить к защите
Заведующий кафедрой д.п.н., профессор Л.Н.Горина
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия) _____
« _____ » _____ 20 _____ г. (личная подпись)

Тольятти 2018

СОДЕРЖАНИЕ

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ.....	3
ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 Система оповещения и управления эвакуации людей.....	7
1.1 Основные элементы и этапы системы оповещения и управления эвакуацией людей.....	7
1.2 Общие сведения о СОУЭ.....	13
1.3 Расчет мощности потребляемой системой оповещения.....	15
2 Особенности электроакустического расчета.....	17
2.1 Этапы электроакустического преобразования.....	17
2.2 Реверберация.....	23
2.3 Расчет уровня звукового давления.....	26
2.4 Основные этапы электроакустического расчета.....	30
3 Особенности построения систем оповещения.....	40
3.1 Классификация систем оповещения.....	40
3.2 Многоприоритетные системы оповещения.....	48
3.3 Реализация обратной связи зон пожарного оповещения с помещением пожарного поста-диспетчерской.....	66
3.4 Цифровые системы оповещения.....	74
3.5 Краткие сведения о проводах.....	80
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	83
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИСТОЧНИКОВ.....	85

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

СЗО - система звукового обеспечения;

СОУЭ - система оповещения и управления эвакуацией;

АКБ - аккумуляторная батарея;

SPL - уровень звукового давления;

ШДН - ширина диаграммы громкоговорителя;

СПС – система пожарной сигнализации;

ГОЧС – система гражданской обороны при чрезвычайных ситуациях;

АТС – автоматическая телефонная станция (система);

СУ - сигнал управления;

УМ - усилитель мощности;

ГОЧС - гражданская оборона и чрезвычайные ситуации.

ВВЕДЕНИЕ

Целью магистерской диссертации является исследование основных принципов построения и особенностей проектирования систем звукового обеспечения (СЗО), которые в определенных условиях, при удовлетворении норм пожарной безопасности могут выполнять функции систем оповещения и управления эвакуацией (СОУЭ).

Актуальность темы исследования. Необходимость рассмотрения темы магистерской диссертации продиктована дефицитом подобных публикаций в нашей стране. Нехватка информации вызвана быстро меняющимися условиями внутреннего и внешнего рынка, развитием (сменой) технологий, нарастающими темпами строительства новых объектов различного назначения.

Объект исследования. Основные принципы построения и особенностей проектирования систем звукового обеспечения. Материалы работы 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.

Теоретическая и методологическая база исследования. 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).

Научная новизна исследования заключается в разработке теоретических и практических положений, совокупность которых дает системное решение задачи проектирования систем оповещения и управления эвакуацией людей.

Теоретическая и практическая значимость диссертации заключается в том, что были исследованы основные принципы построения и особенности проектирования систем звукового обеспечения; проведено рассмотрение этапов

электроакустического преобразования, расчет уровня звукового давления, изучена цифровая система оповещения, также были рассмотрены возможности совершенствования СОУЭ.

Положения, выносимые на защиту.

Рассмотрены основные этапы проектирования систем оповещения (систем оповещения и управления эвакуацией СОУЭ 3-5 типов).

Проведен расчет мощности потребляемой системой оповещения.

Рассмотрены особенности электроакустического расчета, определение звукового давления в расчетных точках, включен теоретический материал, даны рисунки и алгоритмы расчета.

Рассмотрены звуковые оповещатели (громкоговорители), их конструктивные особенности, способы подключения, даны определения характеристик.

Рассмотрены особенности построения систем оповещения, приведены примеры, структурные.

Уделено внимание вопросам обеспечения бесперебойного питания, расчетам времени резервирования СОУЭ, способам организации дежурного режима.

Степень достоверности и апробация результатов.

Задача ответственного за СОУЭ при нестандартном развитии событий - иметь возможность приостановить и при необходимости скорректировать процесс аварийного оповещения.

Структура работы. Диссертация состоит из введения, 3 глав, заключения и списка используемых источников.

Во введении обосновываются актуальность и степень научной разработанности проблемы, определяются цель и задачи исследования.

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

Во второй главе рассмотрены особенности электроакустического расчета, определение звукового давления в расчетных точках, включен теоретический материал, даны рисунки и алгоритмы расчета. Рассмотрены звуковые оповещатели (громкоговорители), их конструктивные особенности, способы подключения, даны определения характеристик.

В третьей главе рассмотрены особенности построения систем оповещения, приведены примеры, структурные. Уделено внимание вопросам обеспечения бесперебойного питания, расчетам времени резервирования СОУЭ, способам организации дежурного режима.

В заключении в обобщённом виде сформулированы выводы и рекомендации, полученные в ходе выполнения выпускной квалификационной работы.

1 Система оповещения и управления эвакуацией людей

1.1 Основные элементы системы оповещения и управления эвакуацией людей

«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.

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

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

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

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.

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.

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» [1].

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» [2].

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.

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

Основные этапы проектирования систем оповещения

Основные этапы проектирования систем оповещения, представлены на рисунке 1.1.

«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» [2].

«Типы СОУЭ [1]:

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

Основные характеристики СОУЭ 3-5 типов [2]:

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.

б) 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 [3]:

- 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.

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 [3]

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 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».

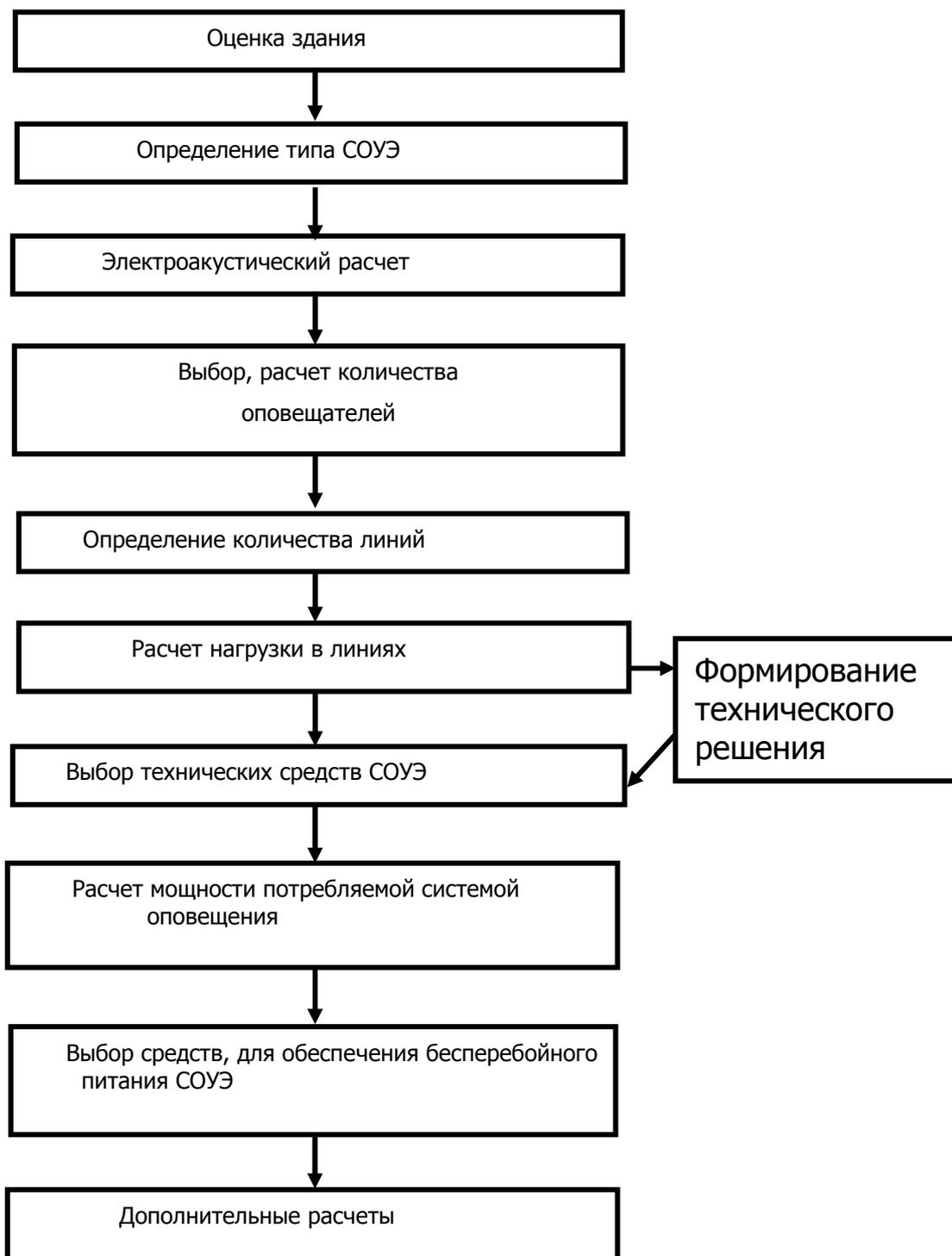


Рисунок 1.1 - Основные этапы проектирования систем оповещения

«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» [4].

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» [4].

1.2 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» [4].

Фрагмент классификации СОУЭ

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

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

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» [4].

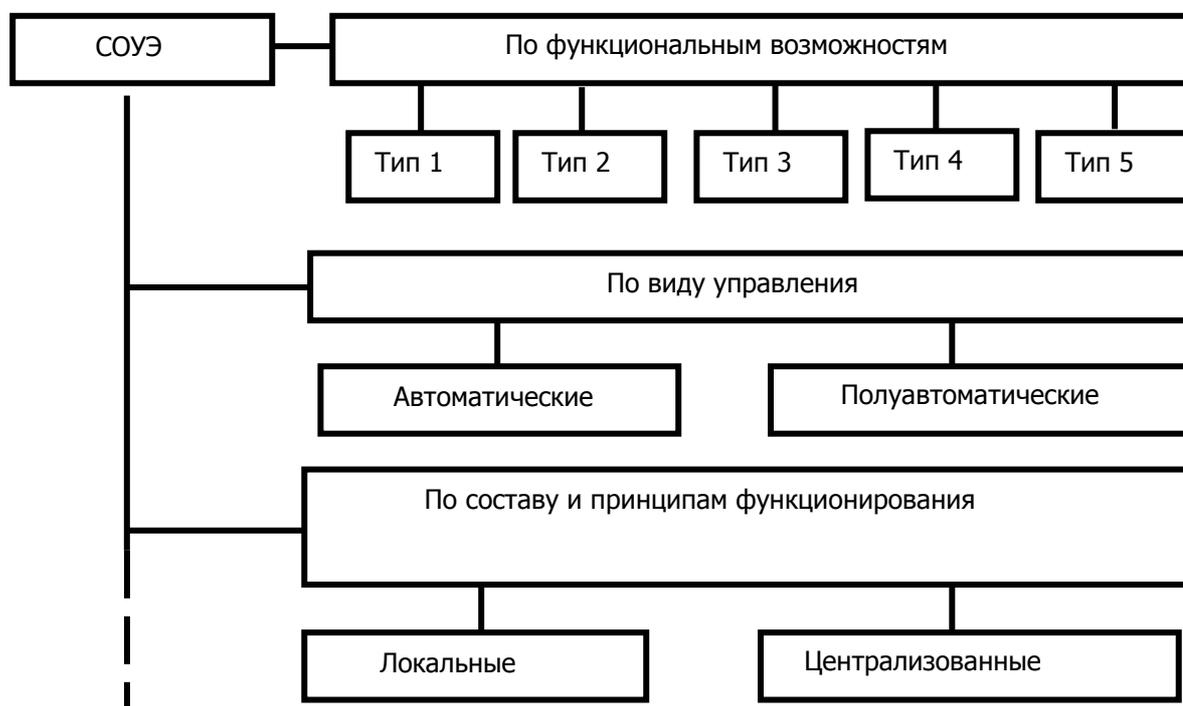


Рисунок 1.2 - Фрагмент классификации СОУЭ

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.

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.

Классификация технических средств СОУЭ

Технические средства можно классифицировать (см. рисунок 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 разделе).

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

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.

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.

1.3 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.

На рисунке 1.3 показана классификация технических средств СОУЭ.



Рисунок 1.3 - Классификация технических средств СОУЭ

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» [5].

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).

На рисунке 2.2 дано графическое представление волнового колебательного процесса.

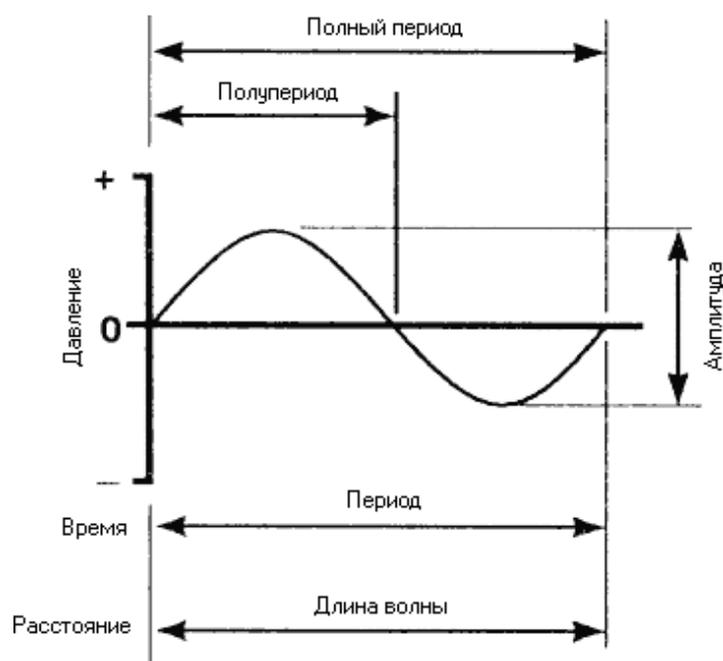


Рисунок 2.2 - Графическое представление волнового колебательного процесса

Полный период колебаний волны (звуковое давление) состоит из полупериода сжатия (увеличения давления) и последующего полупериода расхода воздуха (снижение давления). Звуки с большей амплитудой (громкие)

вызывают больше сжатия и истощения воздуха, чем звуки с меньшей амплитудой (тихие).

В зависимости от контекста существует множество различных определений звука: Звук - это упругие волны, которые распространяются продольно в среде и создают в нем механические колебания.

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

«Звук – это процесс последовательной передачи колебательного состояния в упругой среде» [6].

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

«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» [6].

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 рисунке 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 1дБ называется порогом слышимости AUX (от англ. auxiliary). 130 дБ – это болевой порог» [6].

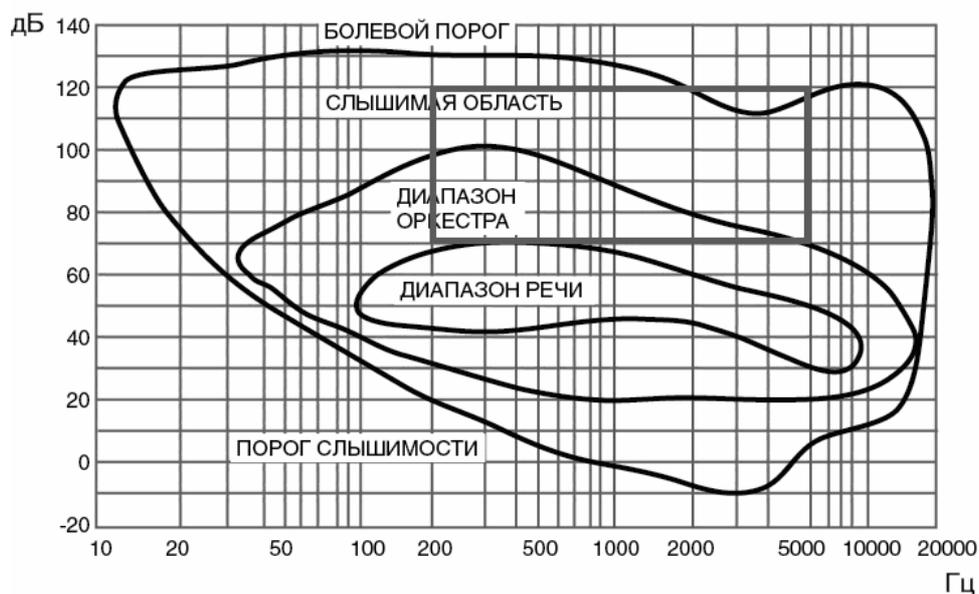


Рисунок 2.3 - Частотный и динамический диапазоны различных звуковых источников

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» [7].

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 АУХ. 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» [7].

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 рисунке 2.4. Для точных расчетов (при проектировании) используются регламентированные значения шумов. 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.

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.

Окружающая среда, в которой функционирует СОУЭ, должна рассматриваться как компонент системы. Тщательный анализ этой среды, является определяющим фактором в выборе элементов формируемой цепи.

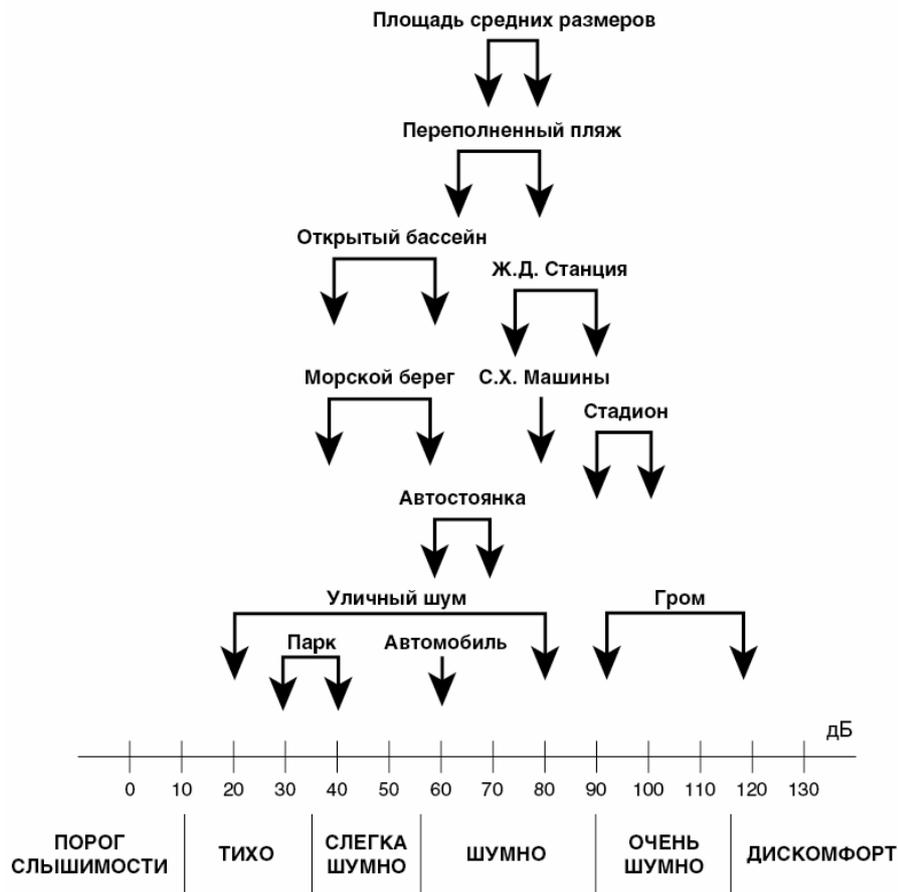


Рисунок 2.4 - Уровни шума для различных пространств

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 разборчивости" (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» [7].

2.2 Реверберация

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

Звук в закрытых или открытых пространствах различается по-разному. Стены комнаты отражают звуковые волны, а на открытой площадке волны проходят почти без столкновений с любыми препятствиями.

В замкнутом пространстве из-за отражений уровень звука выше. В открытом пространстве звук распространяется почти по прямой. Прямой звук идентичен оригиналу по качеству и форме. Отраженный звук, напротив, сильно зависит от отражательной способности места.

Отраженный звук после неопределенного количества отражений достигает слушателя со всех сторон, и слушатель не может точно определить точку его происхождения. Распространение звука в этом случае происходит через первичные и вторичные отражения исходного звука с горизонтальной и вертикальной поверхностей помещения. Уровень отражения в значительной степени зависит от природы стенок, типа материала, из которого они сделаны, их гладкости, поглощающих свойств и изменения поглощения на разных частотах. Мебель также может играть решающую роль в распространении звука - в зависимости от ее расположения и поглощающей способности. Слушатель должен воспринимать как прямой, так и отраженный звук. «Время, начиная с момента, когда источник звука перестает излучаться до точки, в которой звук больше не воспринимается, определяется как время реверберации» [8].

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

Отмечается, что любая среда характеризуется собственным «музыкальным цветом», связанным с распространением отраженных звуков и

временем реверберации, которое характеризует эту среду. Единственная переменная в существующей структуре - мебель. Наилучшие результаты можно получить при учете конструкции мебели, материала, из которого она изготовлена, и ее размещения 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 вы слышите прямой звук от источника, но отражаетесь от препятствий, встречающихся на пути звуковой волны или вмешательства другого характера» [8].

Чтобы предотвратить нежелательные эффекты отраженного звука по прямой линии, необходимо, чтобы последний с задержкой более 50 мс до слушателя уменьшался не более чем на 10 дБ. Время реверберации пропорционально объему окружающего пространства и обратно пропорционально полному поглощению поверхностей, которые его составляют. Отраженный звук, который достигает уха слушателя 40-50 мс после прямого, рассматривается как усиление, окраска исходного звука. «Отраженные звуки, которые поступают с задержкой 50-80 мс, наоборот, искажают исходный сигнал и могут привести к потере разборчивости» [8].

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

На рисунке 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:

$$T = |L_1 - L_2| / V \quad (2.1)$$

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.

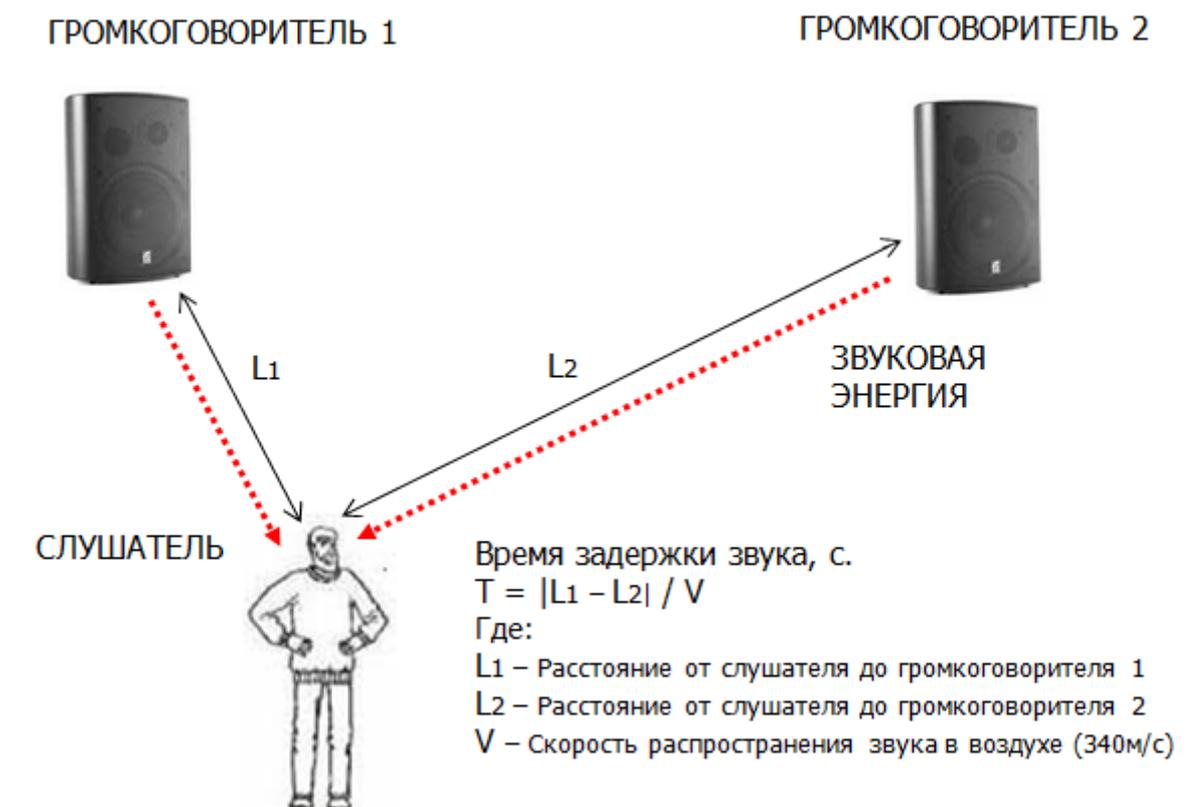


Рисунок 2.5 - Расчет времени задержки от 2-х громкоговорителей

2.3 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) – 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 (20-20000000 мкПа)» [6].

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
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. рисунок 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) [6].

Для построения зависимости уровня звукового давления от подводимой мощности обратимся к теории.

Мгновенное значение звукового давления в точке среды изменяется со временем, а также с переходом в другие точки среды, поэтому среднеквадратичное значение этой величины, называемое интенсивностью звука, представляет практический интерес:

«Интенсивность - это поток энергии в любой точке среды за единицу времени, проходящий через единицу поверхности (1 м^2), которая является нормалью к направлению распространения звуковой волны, измеренной в $\text{Вт}/\text{м}^2$. Интенсивность иначе называется силой звука» [6].

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:

$$I = 10 \lg(J / J_0) \quad (2.2)$$

где I – уровень интенсивности звука, дБ;

J – интенсивность исследуемого звука, $\text{Вт}/\text{м}^2$;

$$J_0 = 10^{-12} (\text{Вт}/\text{м}^2)$$

«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» [6].

$$P \text{ дБ} = 10 \lg (P \text{ Вт} / P_{\text{оп}}) \quad (2.3)$$

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

P Вт – мощность источника звука, Вт;

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

На практике значение $P_{оп}$ принимают равным 1 Вт, следовательно, формулу 2.3 можно переписать:

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

Данная формула очень актуальна и на техническом сленге называется «пересчет ватт в децибелы». Графически данная зависимость представлена на рисунке 2.6.

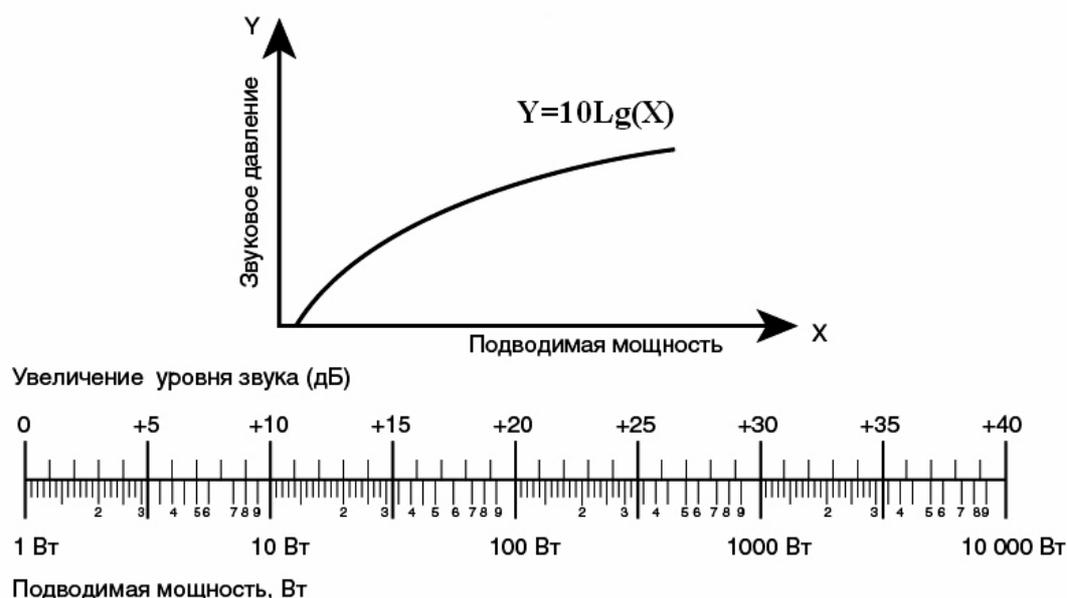


Рисунок 2.6 - Зависимость изменения звукового давления от мощности

Интерпретацию данной зависимости называют «правилом трех децибел».

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 рисунке 2.7.

Запишем данную зависимость в виде формулы:

$$P = 20 \lg (L) \quad (2.5)$$

где P – звуковое давление, дБ;

L – расстояние от источника звука до расчетной точки, м. Интерпретацию данной зависимости называют правилом шести децибел.

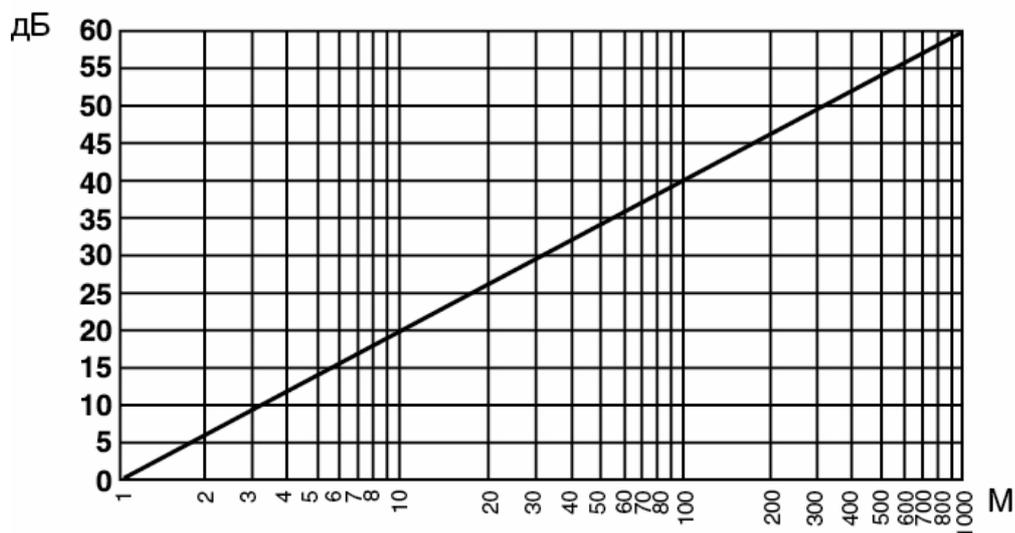


Рисунок 2.7 - Зависимость звукового давления от расстояния

2.4 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 комнате рассматриваются как постепенное снижение энергии волн, неоднократно отражаемых барьерами комнаты. Волновая теория, в которой, в отличие от статистической теории, сущность реверберации не является множественными отражениями, а постепенно затухает естественными колебаниями резонатора, независимыми от внешних воздействий». 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 [6].

Геометрическая (лучевая) теория акустических процессов (в комнатах) основана на законах геометрической оптики. В этой теории движение звуковых волн считается аналогичным движению световых лучей.

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;

H – высота установки громкоговорителя;

N – уровень шума в помещении;

S_п – 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 (Р), находящуюся в наиболее критическом (в геометрическом смысле) месте защищаемого помещения, см. рисунок 2.8.

Определим местоположение расчетной точки:

- 1) удостоверимся, что точка Р попадает во внутреннюю область угла раскрыва (в область диаграммы направленности громкоговорителя);
- 2) определим расстояние (L) от громкоговорителя до расчетной точки (Р).

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

На данном этапе примем, что условие 1 выполняется (априори). Критерии попадания расчетной точки (Р) внутрь области ограниченной шириной диаграммы громкоговорителя (ШДН), получают однозначное разрешение, при рассмотрении вопросов связанных с определением эффективных озвучиваемых площадей.

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

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

Значение L_1 проще всего вычислить по теореме Пифагора:

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

(2.6)

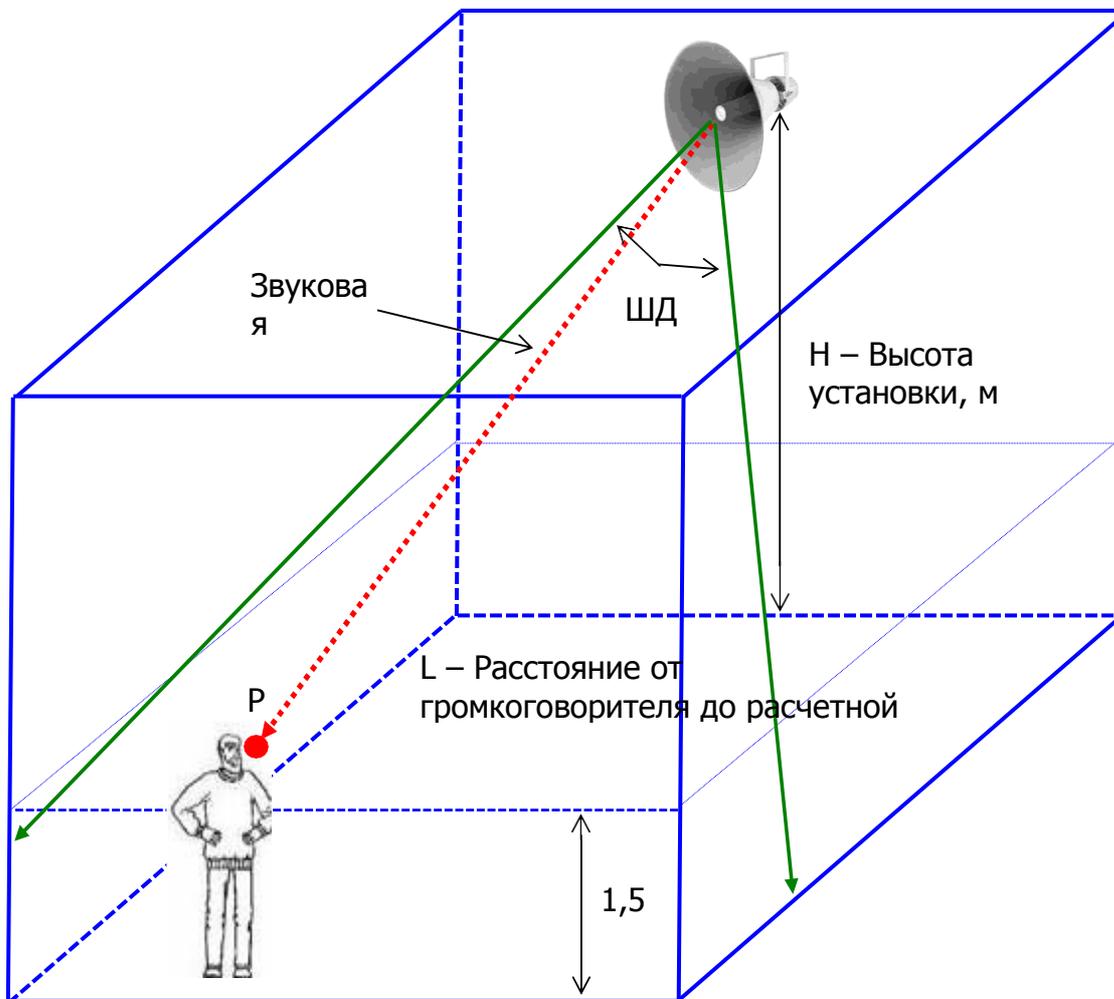


Рисунок 2.8 - Местоположение расчетной точки Р

где H – высота установки громкоговорителя, м;

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

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

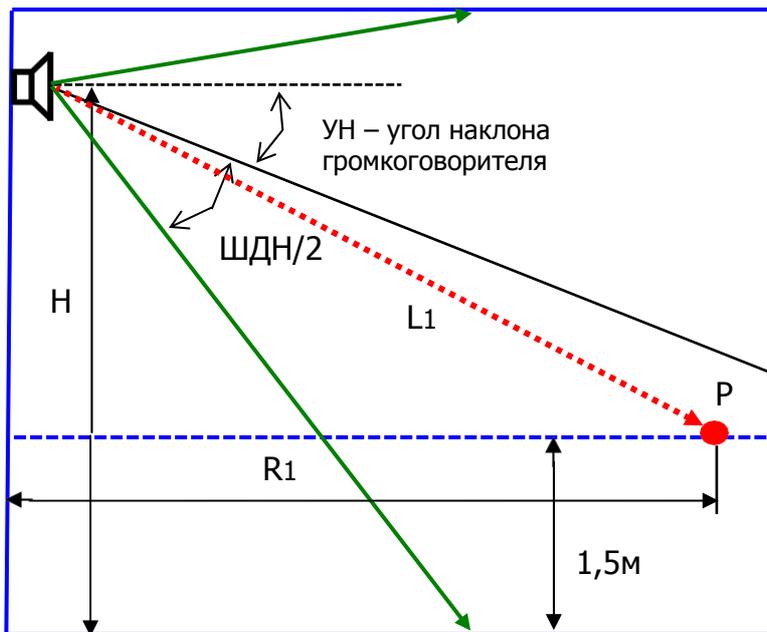


Рисунок 2.9 - Местоположение расчетной критической точки (вид помещения сбоку)

Рассмотрим рисунок 2.8 сверху (см. рисунок 2.10).

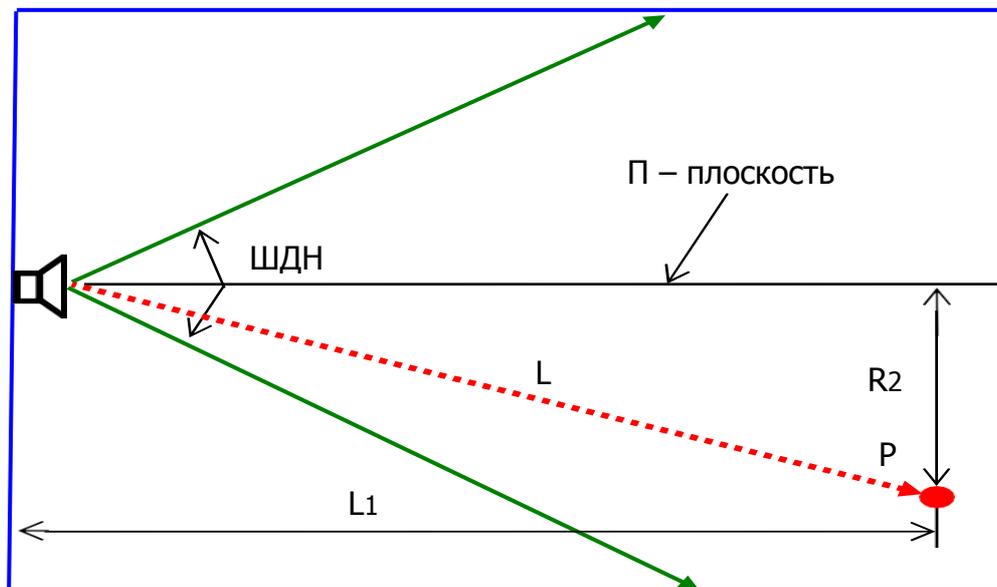


Рисунок 2.10 Местоположение расчетной критической точки (вид помещения сверху)

Из рисунка 2.10 видно:

L_1 – уже найдено (см. формулу 2.6);

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

Для нахождения расстояние L, еще раз применим теорему Пифагора:

$$L = \sqrt{R_2^2 + L_1^2} \quad (2.7)$$

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

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

$$L = \sqrt{(R_1^2 + R_2^2 + (H - 1.5)^2)} \quad (2.8)$$

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 (РдБ), соответствующего его номинальной электрической мощности (Рвт). Используя формулу 2.5, получим [10]:

$$P_0 = SPL + 10 \lg (P \text{ Вт}) \quad (2.9)$$

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 2.5):

$$P_1 = P_0 - 20 \lg(L) \quad (2.10)$$

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.

$$P_1 > N + 15 \quad (2.11)$$

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:

$$P_0 \geq N + 15 + 20 \lg(L) \quad (2.12)$$

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	256	512	1024	2048	4096
	Гц	Гц	Гц	Гц	Гц	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:

$$K_{отр} = 1 - K_{погл} \quad (2.13)$$

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

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

$$P_{погл} = 10 \lg(1 - K_{погл}) \quad (2.14)$$

Например:

Для кирпичной стены

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

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

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

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

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

На рисунке 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 2.10, если нет, то уровень звукового давления в точке (P), с учетом одного отражения можно рассчитать как:

$$P_1 = P_0 - 20 \lg(L_1) - 20 \lg(L_2) \quad (2.15)$$

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

L_2 – расстояние от пола, до слушателя, м.

Громкость, с которой слушатель

услышит приходящий звук, дБ:

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

Где (согласно рисунку):

L_1 – Расстояние от громкоговорителя, до пола, М.

L_2 – Расстояние от пола, до слушателя (Расчетная точка Р), М.

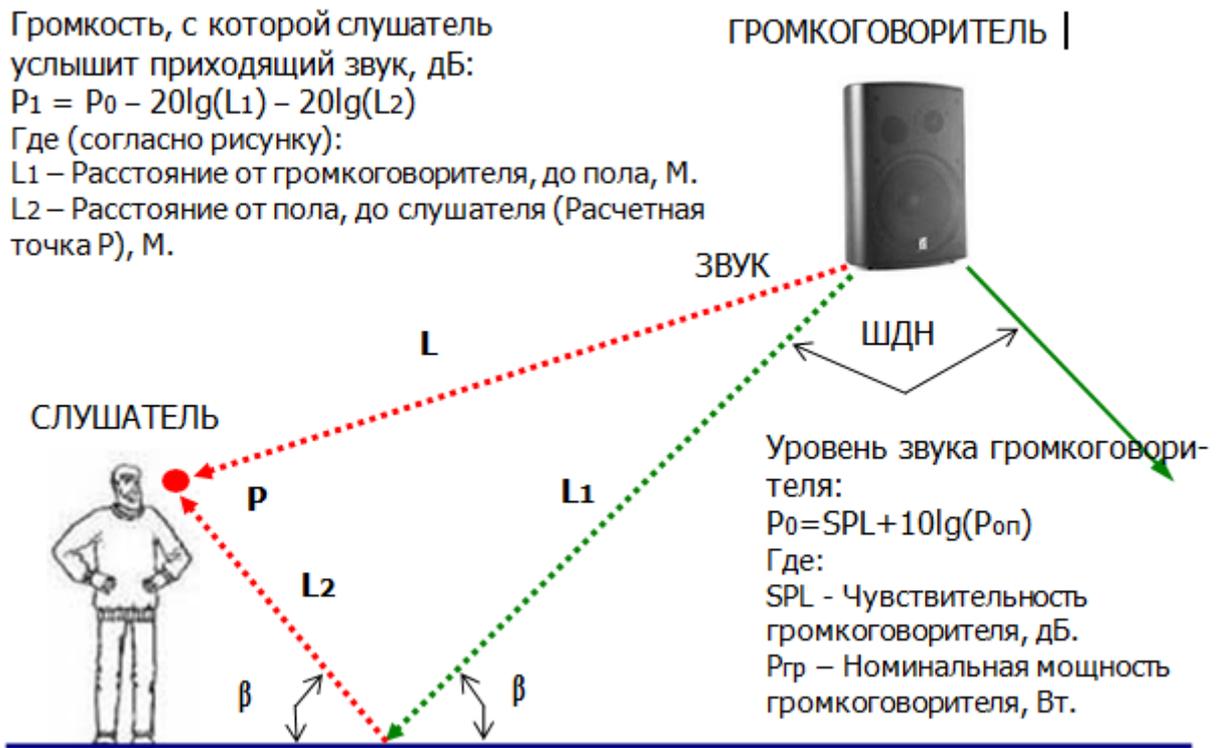


Рисунок 2.11 - Учет отражений при расчете звукового давления

3 Особенности построения систем оповещения

3.1 Классификация 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» [9].

«Системы оповещения можно классифицировать (см. рисунок 3.1) [9]:

- 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» [13].

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» [13].

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.

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 отдельно транслировать различную информацию в разные зоны по отдельным каналам. Если система обеспечивает возможность ручного или автоматического управления входными сигналами и перенаправления (переключения) их на разные (прямые или поперечные) каналы, то такие системы называются матрицами (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.

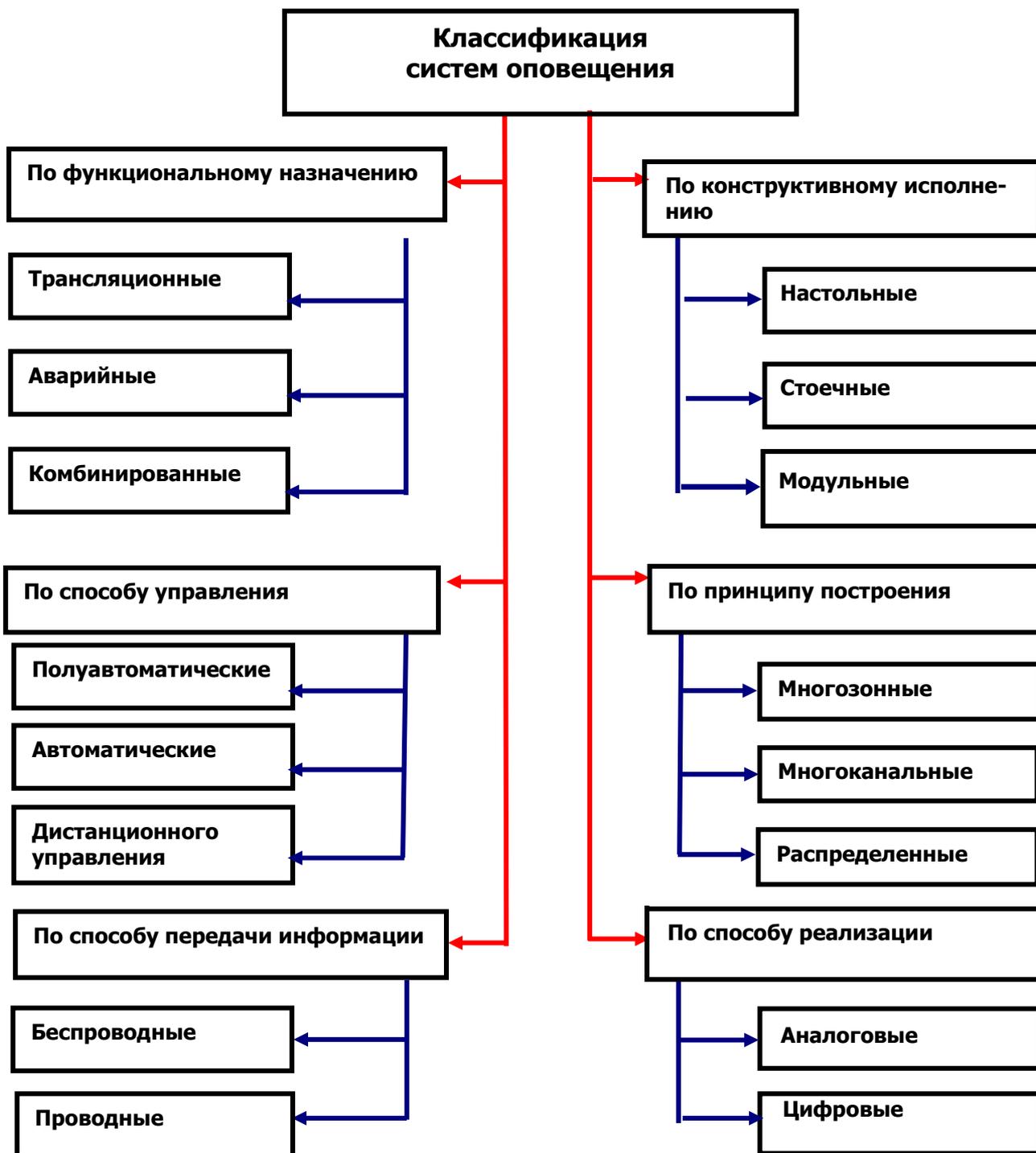


Рисунок 3.1 - Классификация систем оповещения

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» [13].

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.

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. рисунок 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 рисунке 3.2.

Основной компонент динамического микрофона - это мембрана с катушкой, движущейся в магнитном поле. Звуковое давление заставляет мембрану двигаться, катушка начинает двигаться в магнитном поле, создавая электрический ток.

Динамические микрофоны имеют свои преимущества и недостатки.

ДИНАМИЧЕСКИЙ МИКРОФОН

ЭЛЕКТРЕТНЫЙ МИКРОФОН

МИКРОФОННАЯ КОНСОЛЬ



Рисунок 3.2 - Внешний вид динамического, электретного микрофонов, микрофонной консоли

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).

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, рисунок 3.3, характерна максимальная чувствительность в направлении микрофона.

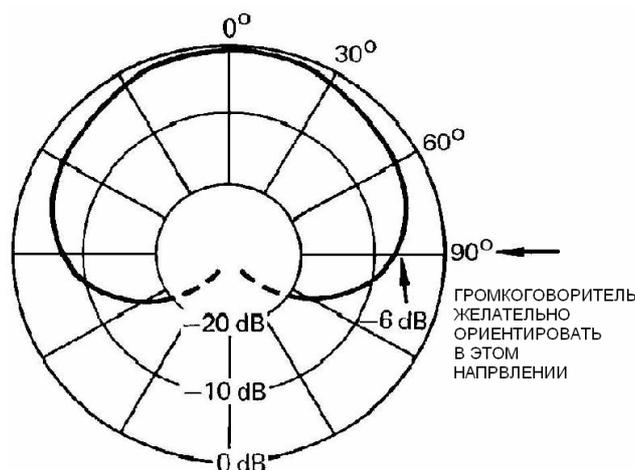


Рисунок 3.3 - Кардиоидная диаграмма направленности микрофона

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.

Многозонные системы звукового оповещения

Термин многозонные системы оповещения часто используется на практике, но он не совсем точен. 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 (рисунок 3.4).

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

При проектировании систем оповещения необходимо обращать внимание на характеристики используемых селекторов, например, на коммутационные характеристики реле.

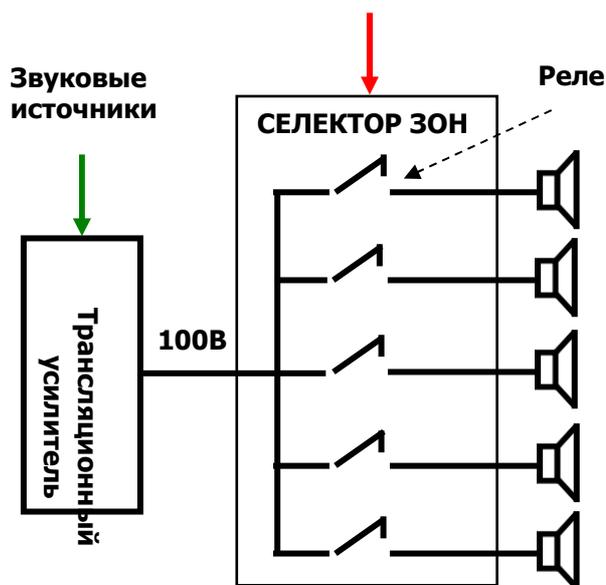


Рисунок 3.4 - Многозональная одноканальная система

Нагрузка в линии, которую коммутирует данное реле, не должна превышать его возможности.

Преимуществом такого способа реализации является простота.

3.2 Многоприоритетные системы оповещения

«Системам оповещения присуще понятие многофункциональности, важным свойством которой является многоприоритетность» [14].

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).

3) Где: СПС – система пожарной сигнализации;

4) ГОЧС – система гражданской обороны при чрезвычайных ситуациях;

5) 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 рисунке 3.5 приведена возможная (примерная) градация приоритетов.

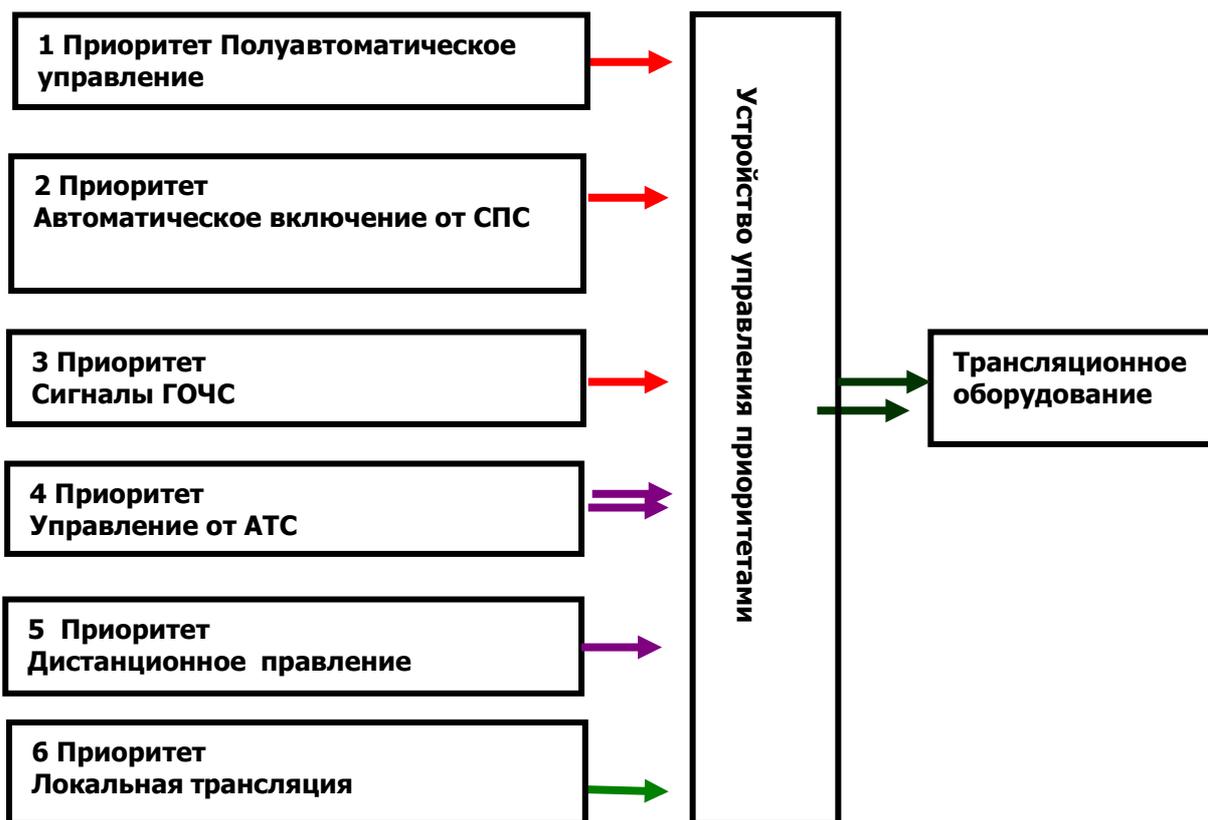


Рисунок 3.5 - Примерная градация приоритетов в системе оповещения

На рисунке 3.6 изображен пример схемы управления приоритетами, на базе трехприоритетного устройства.

«Коммутатор приоритетов выполнен на базе трехпозиционных реле, управляемых «сухим контактом» (англ. Short circuit)» [11].

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

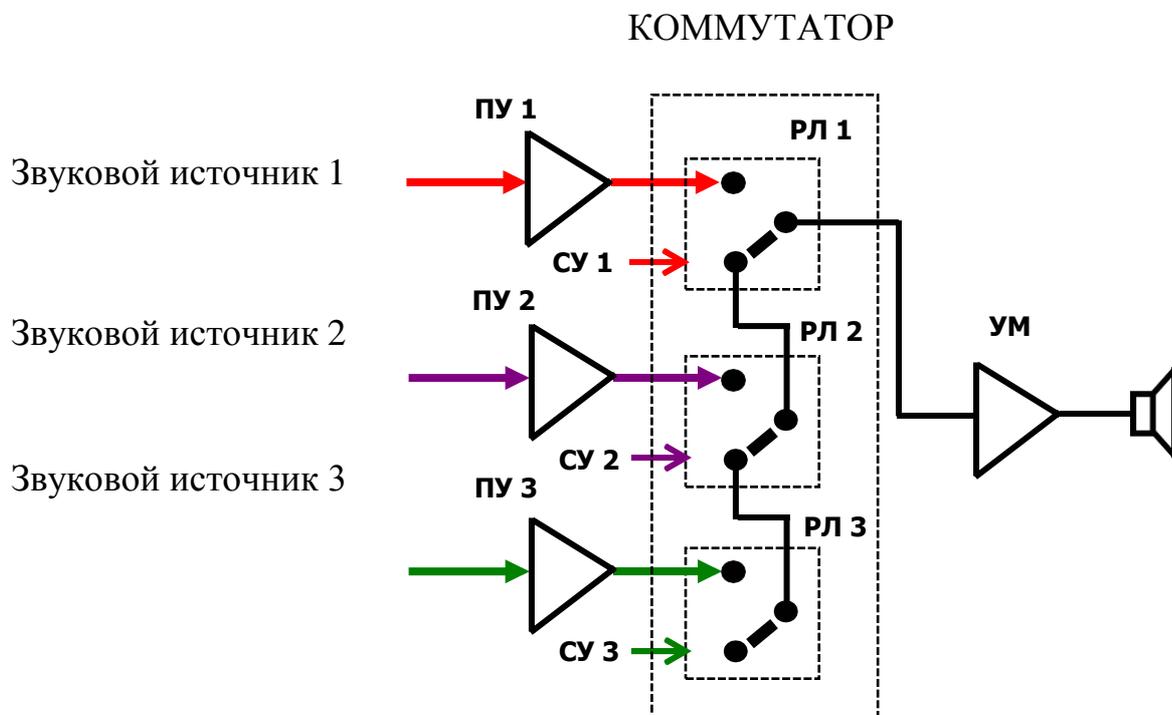


Рисунок 3.6 - Схема управления приоритетами.

Где: ПУ – предварительный усилитель;

СУ – сигнал управления;

РЛ – трехпозиционное реле;

УМ – усилитель мощности.

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.

Комбинированные системы оповещения

«В комбинированных системах оповещения объединяются различные возможности – автоматическое, полуавтоматическое управление, многозонность, контроль линий, дистанционное управление, радиотрансляция (фоновое озвучивание) и т.д.» [12].

На рисунке 3.7 представлена типовая структурная схема комбинированной системы оповещения.

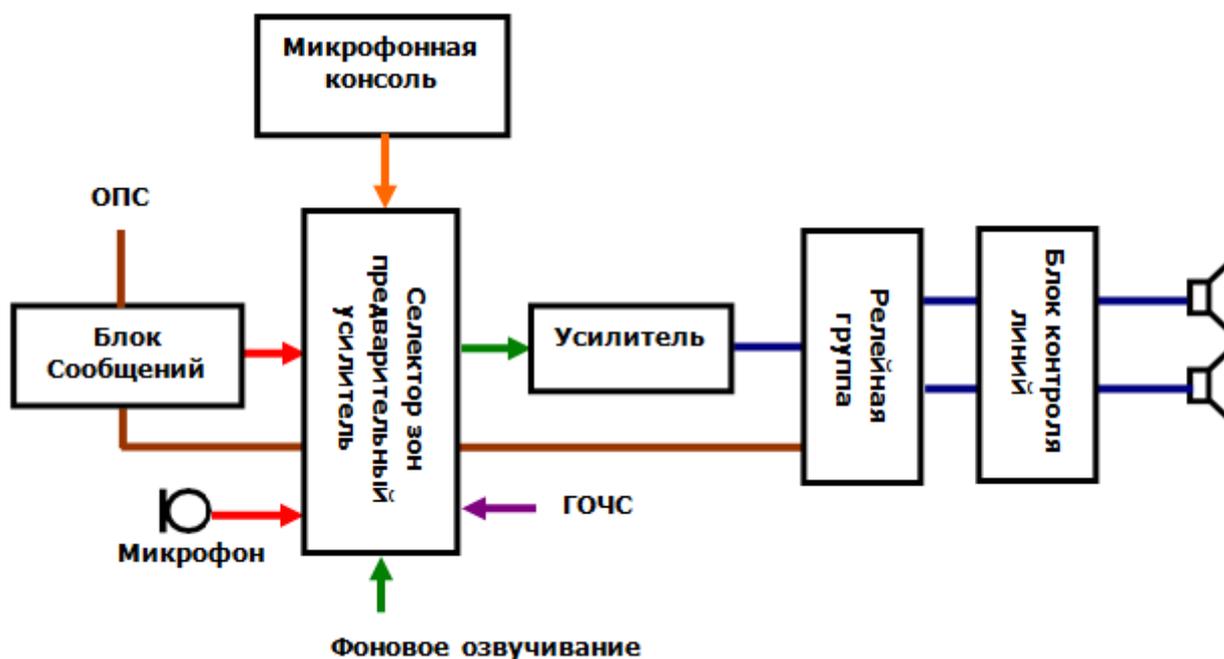


Рисунок 3.7 - Структурная схема комбинированной системы оповещения

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. рисунок 3.4).

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:

Автоматическое управление целостностью линий связи с исполнительными устройствами противопожарных систем и техническими средствами, которые регистрируют активацию 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, рисунок 3.8.

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

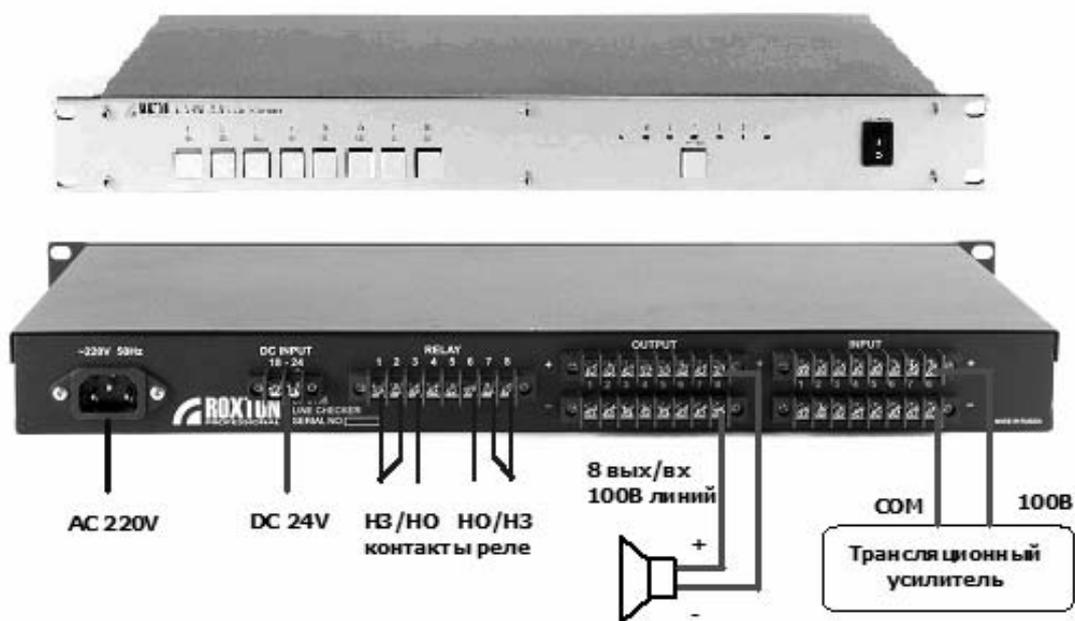


Рисунок 3.8 - Блок автоматического контроля линий ROXTON LC-8108

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.

Дан пример реализации, на базе комбинированной системы ROXTON SX-240/480.

Многоканальные системы звукового оповещения.

Многоканальная система – система, состоящая из нескольких (более одного) звуковых каналов. Каждый канал представляет собой отдельный звуковой тракт (рисунок 3.9), 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 рисунке 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.

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

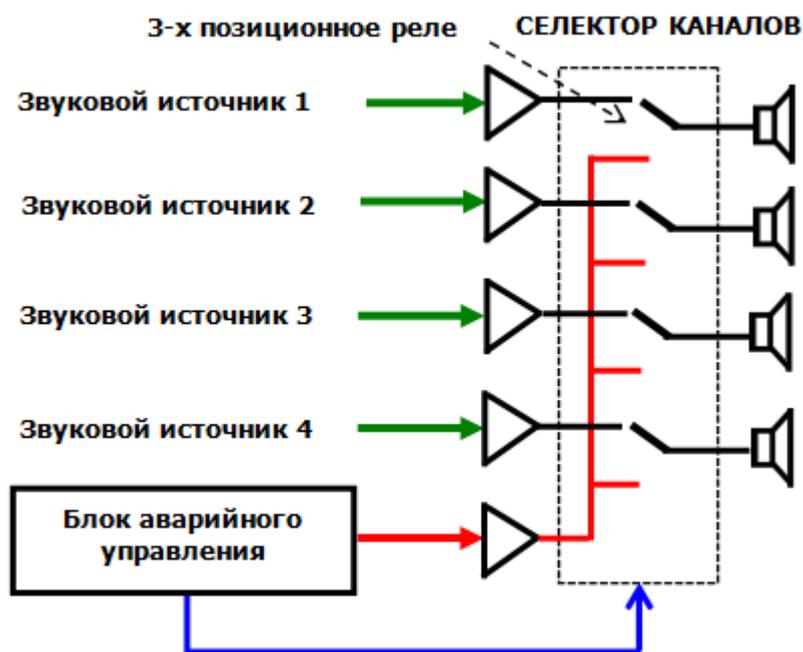


Рисунок 3.9 - Вариант реализации многоканальной трансляционной системы

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 рисунке 3.10 изображена 8-ми канальная система музыкальной трансляции и аварийного оповещения, построенная на базе 8-ми канального микшера (ITC-ESCORT T-6240).

«Оборудование ITC-ESCORT – это инновационное решение, состоящее из широкого набора различных устройств и блоков, предназначенных для построения систем звукового оповещения» [11].

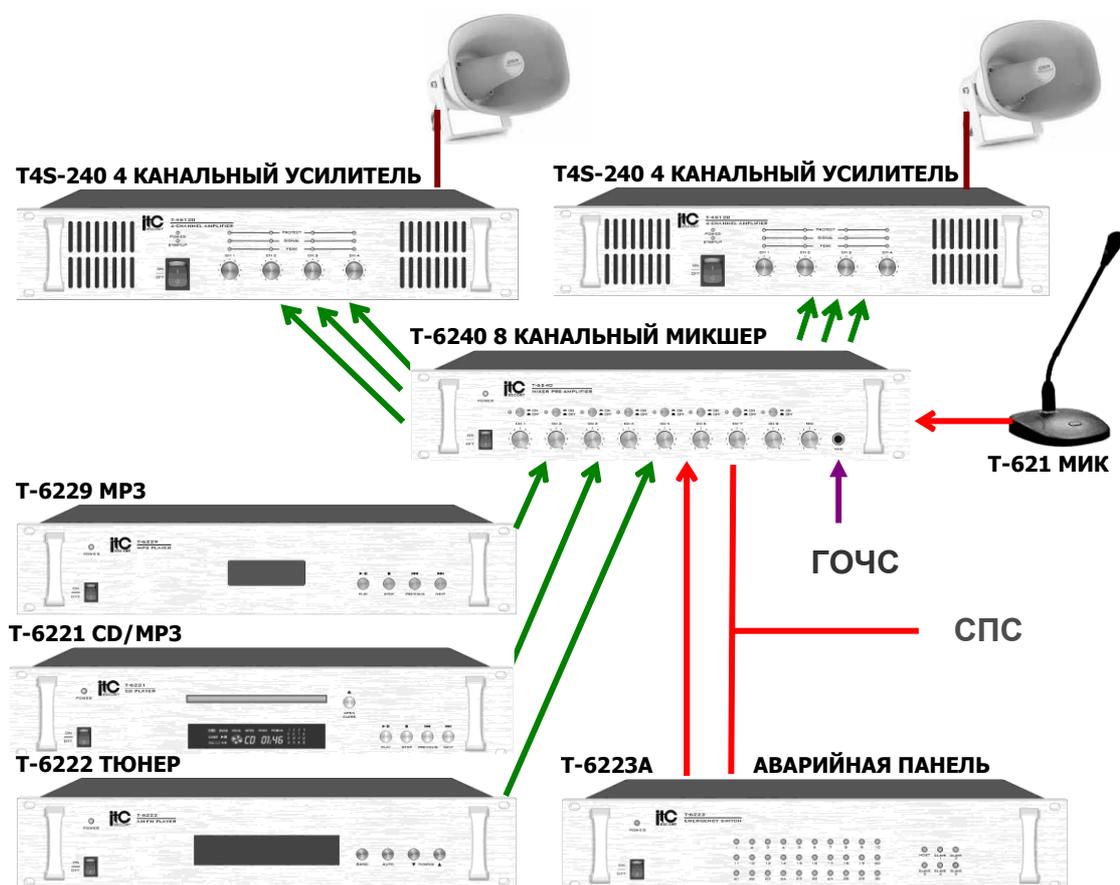


Рисунок 3.10 - Пример построения многоканальной системы оповещения

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» [11].

«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» [11].

«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» [11].

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, рисунок 3.11.

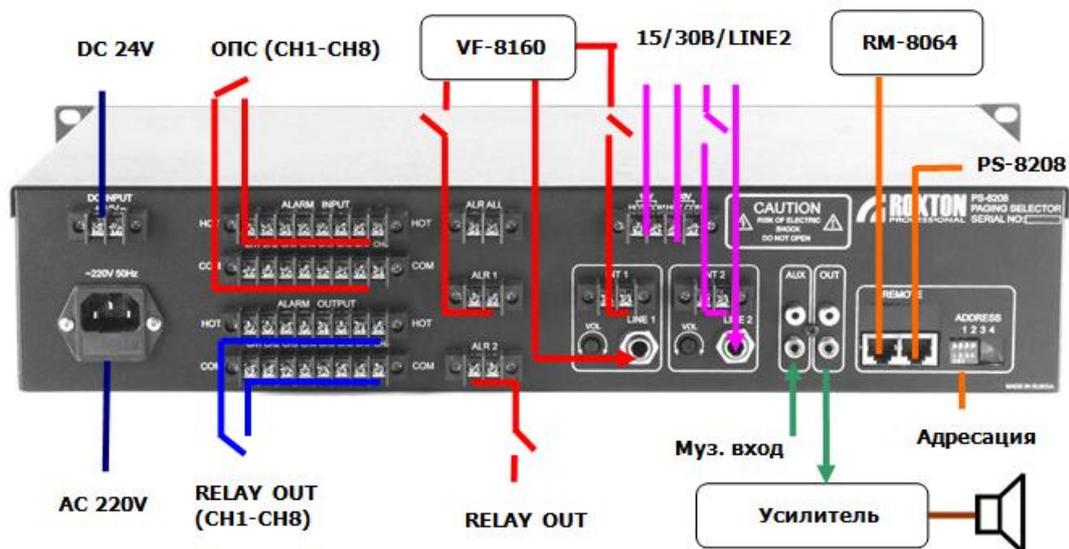


Рисунок 3.11 - Схема управления процессором-селектором ROXTON PS-8208

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). 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 встроены 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 активации 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.

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 рисунке 3.12 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.

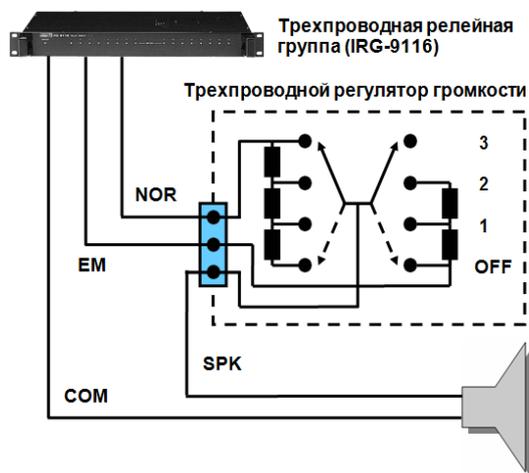


Рисунок 3.12 - Схема функционирования 3-х проводного регулятора громкости

4-х проводные регуляторы громкости

На рисунке 3.13, 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 24В, 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.

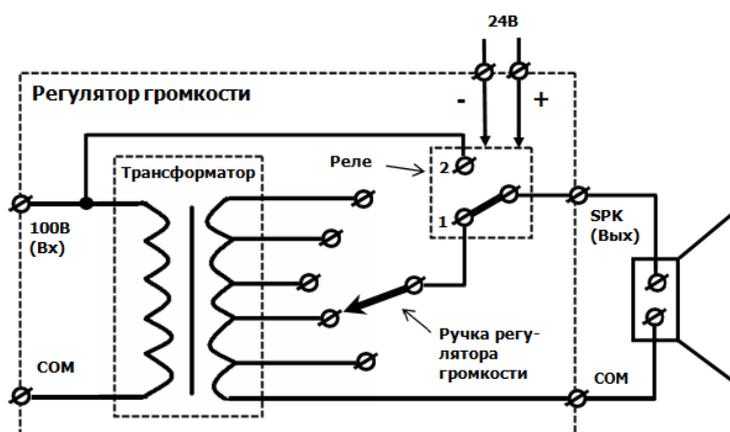


Рисунок 3.13 - Схема функционирования 4-х проводного аттенюатора

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

Пример использования 4-х проводного регулятора громкости

На рисунке 3.14 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) поступает в нужные линии (зоны) (выбранные на передней панели селектора Т-6212А). Уровень громкости в выбранных линиях устанавливается регулятором (Т-13F).

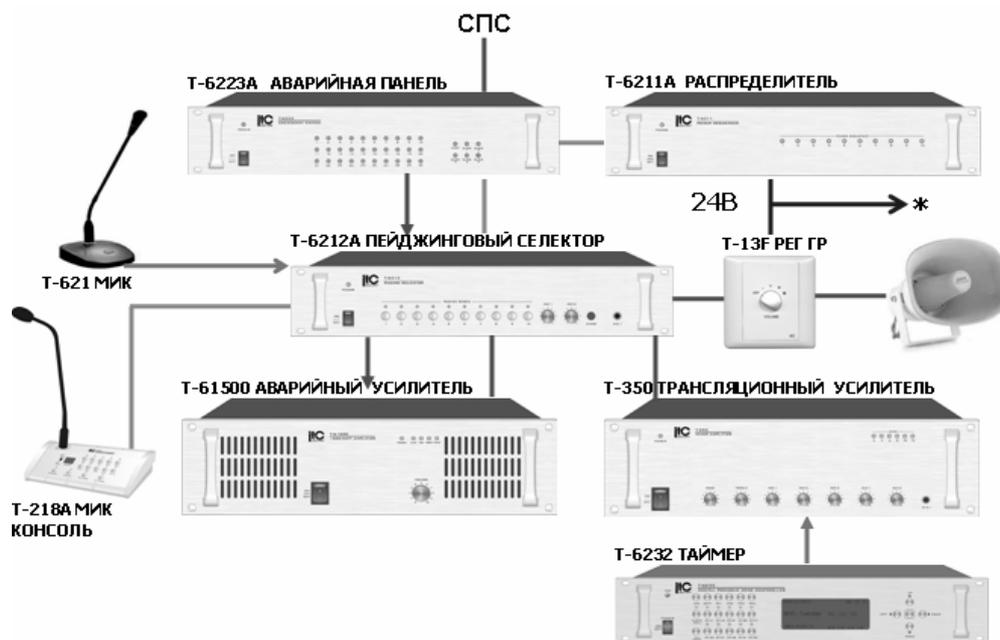


Рисунок 3.14 - Вариант реализации многоканальной трансляционной системы

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, рисунок 3.15.

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.

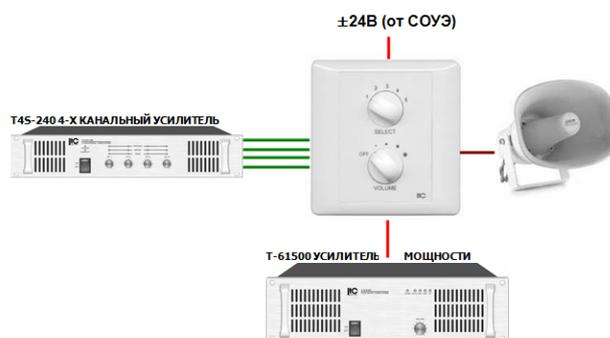


Рисунок 3.15 - Схема включения шестиканального селектора программ с регулятором громкости и реле принудительного включения ITC-Escort

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

3.3 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, вандализация, 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 рисунке 3.16.

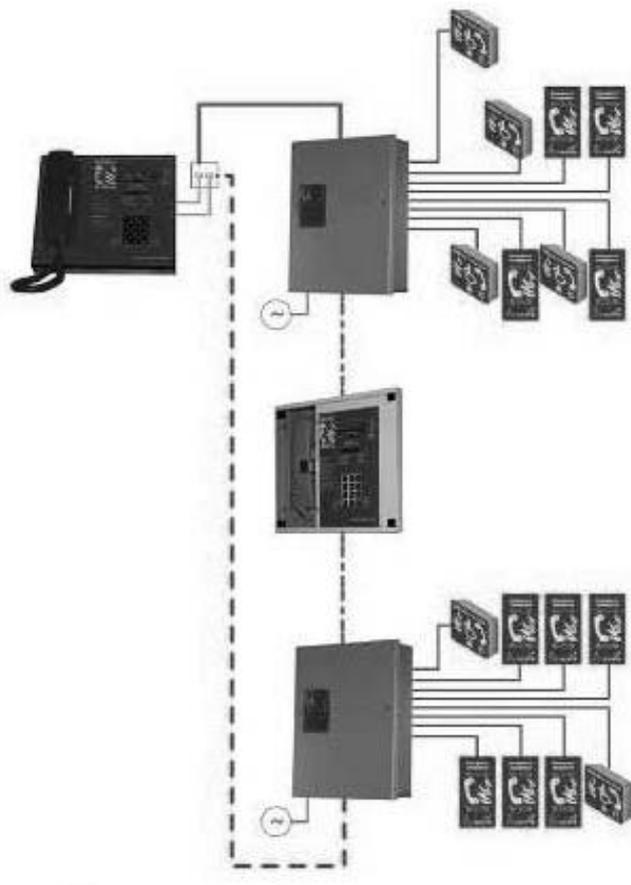


Рисунок 3.16 - Типовая структурная схема системы EVCS

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 реализовывать

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 рисунке 3.17 Изображен фрагмент функциональной схемы (на базе оборудования ИТС-ESCORT), реализующий сложный алгоритм оповещения (рисунок 3.14)» [11].

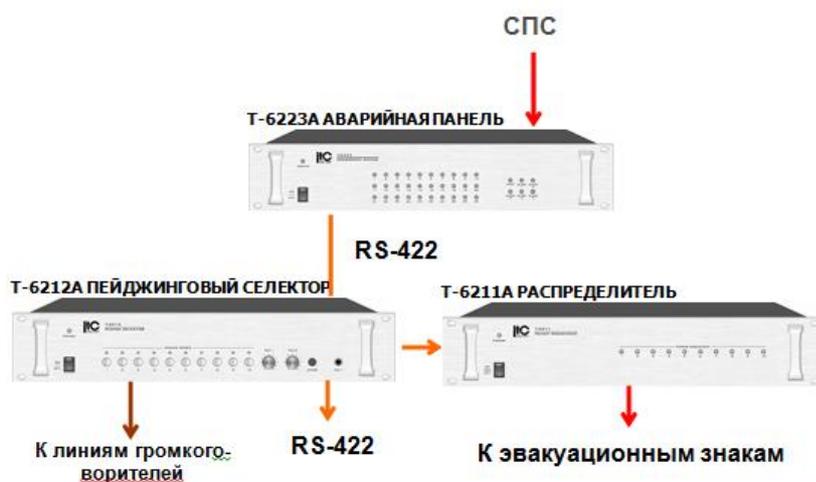


Рисунок 3.17 - Фрагмент блок-схемы реализующей сложный алгоритм оповещения

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» [11].

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 (EC-8116) и пакет программного обеспечения (ROXTON-Soft)» [11].

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 рисунке 3.18. Сценарии оповещения настраиваются заранее и хранятся на жестком диске компьютера.

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.

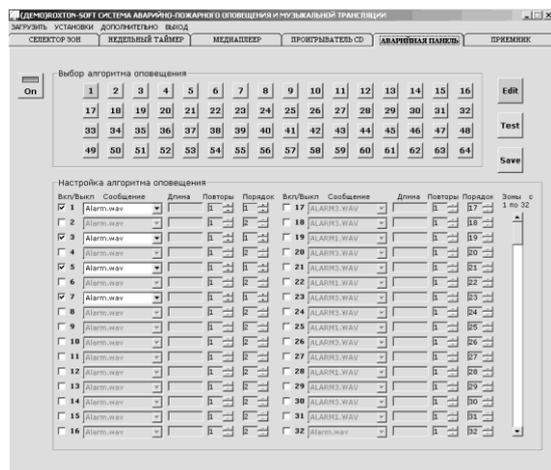
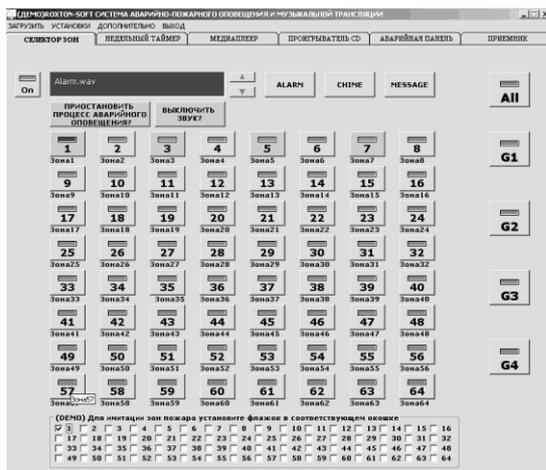


Рисунок 3.18 - Программное обеспечение для контроля и управления цифрово-аналоговыми системами оповещения (Inter-M, Roxton, Roxton-Inkel, ITC-Escort).

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.

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» [11].

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. рисунок 3.19.

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. рисунок 3.9). «Сухие контакты СПС активируют нужный канал локальной системы, аудио сигнал с которого поступает на свой терминальный усилитель» [11].

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.

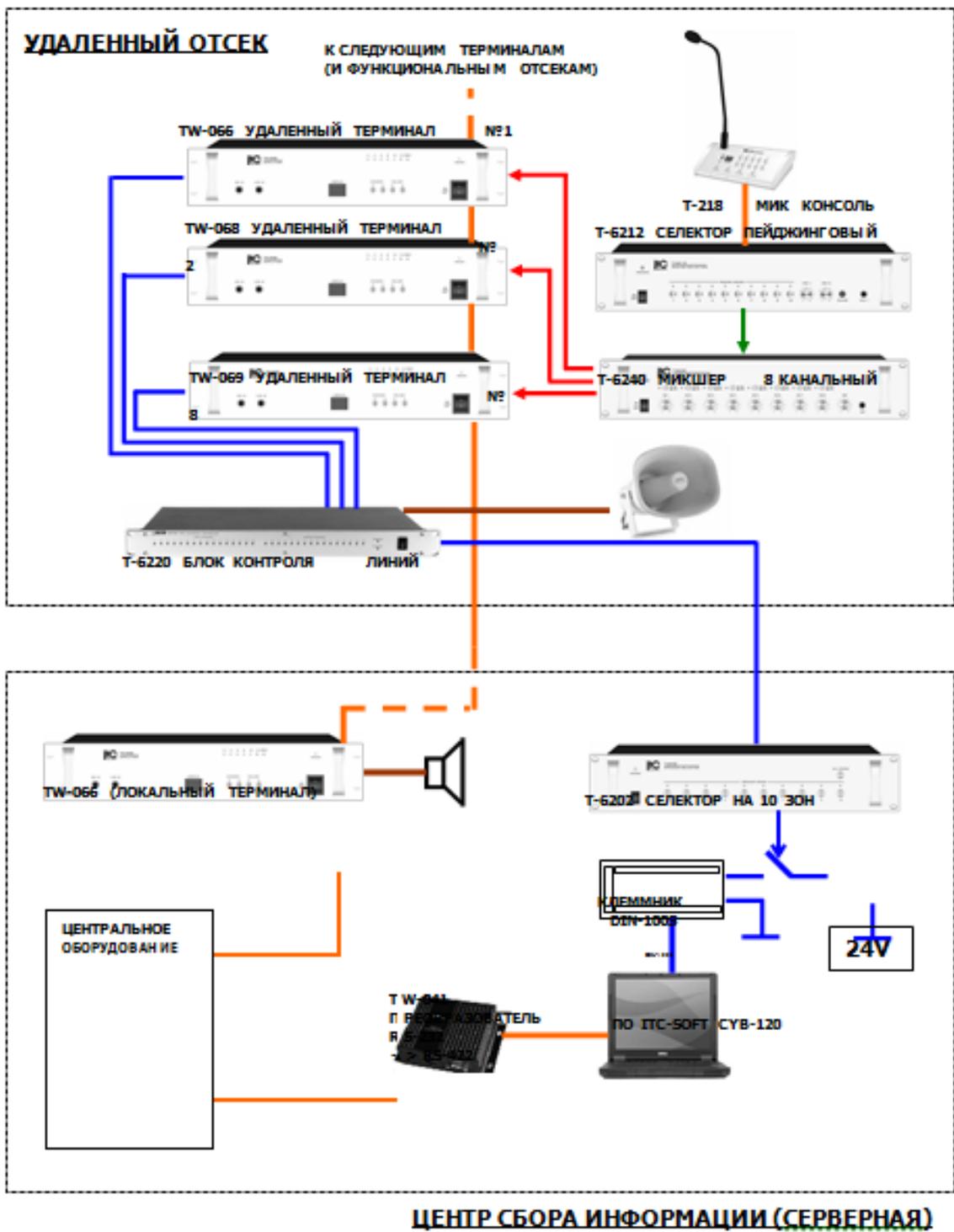


Рисунок 3.19 - Фрагмент схемы поясняющей особенности интеграции нескольких систем

Программное обеспечение, установленное на ПК, осуществляет контроль и управление 255 терминалами, рисунок 3.20.

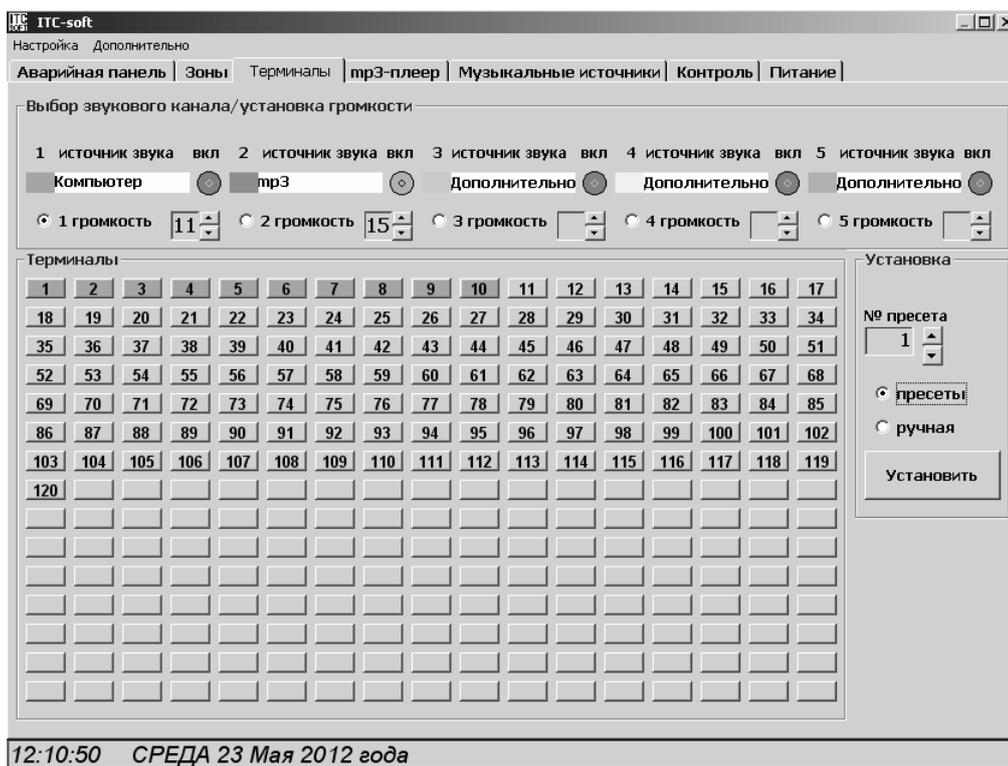


Рисунок 3.20 - Программное обеспечение для контроля и управления цифровой системой оповещения (ITC-Escort)

«Программное обеспечение центрального оборудования осуществляет следующие функции [11]:

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

3.4 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), рисунок 3.21.

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.

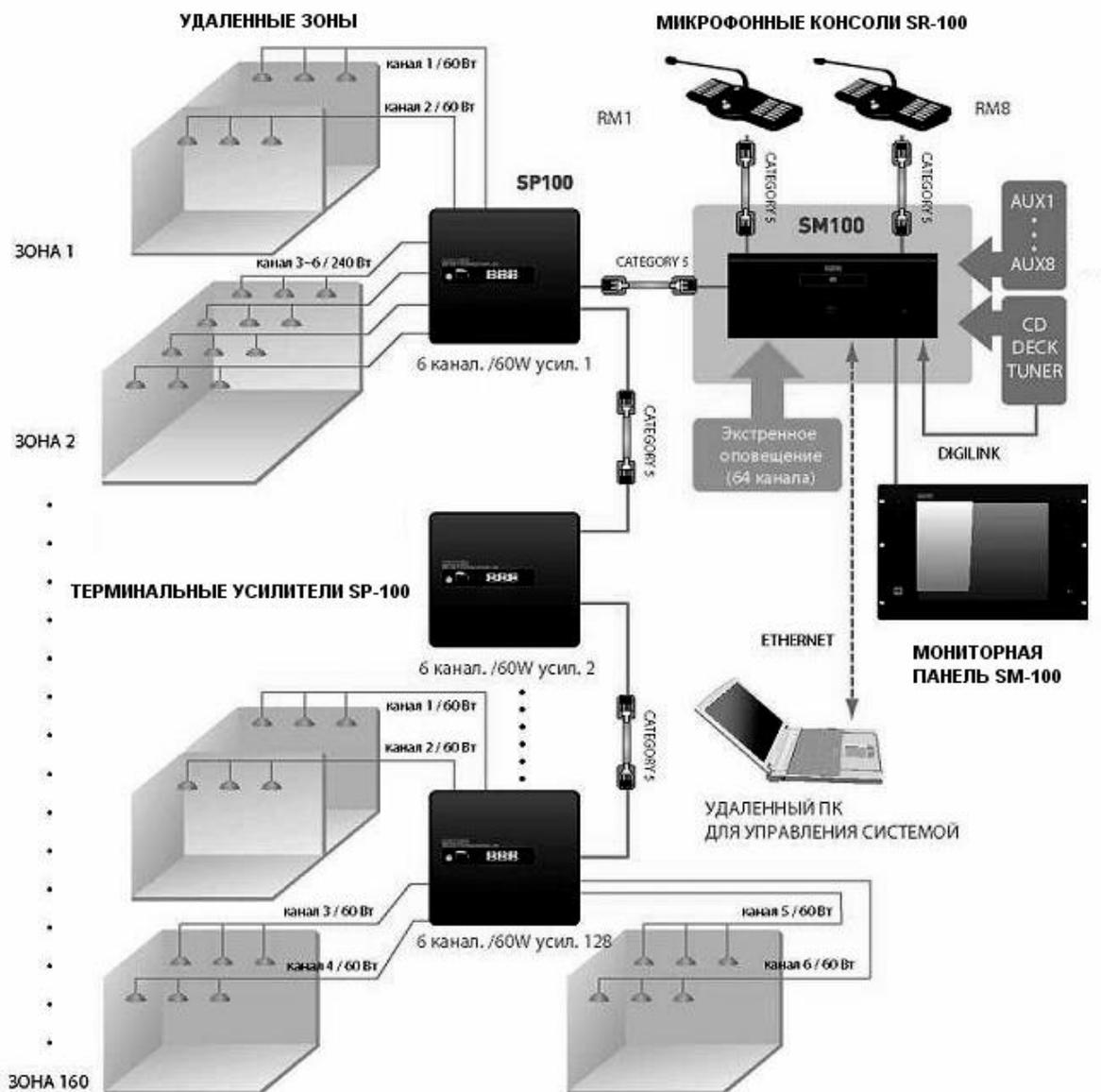


Рисунок 3.21 - Функциональная схема цифровой системы IPC-System Inter-M

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. рисунок 3.22). 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 правильной называть интерфейсами.

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).

Основные характеристики и отличия интерфейсов RS-232/422/485 приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 - 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 представляет собой своего рода проводную связь, использующую электромагнитное излучение оптического (ближнего инфракрасного) диапазона в качестве носителя информационного сигнала и волоконно-оптических кабелей в качестве направляющих систем. Из-за высокой несущей частоты и широких возможностей мультиплексирования пропускная способность волоконно-оптических линий во много раз превышает пропускную способность всех других систем связи и может измеряться терабит в секунду.

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 (рисунок 3.21), увеличить дистанцию передачи со 100м до 15км, рисунок 3.22.

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 (трансммиттер 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.



Рисунок 3.22 - 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.

3.5 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 представляет собой один (или более) изолированный сердечник, поверх которого, в зависимости от условий укладки и эксплуатации, может быть неметаллическая оболочка, намотка или оплетка волокнистыми материалами или проволокой. Провода могут быть голыми и изолированными.

Электрический шнур представляет собой провод, состоящий из двух или более изолированных гибких или особо гибких проводов с поперечным сечением до 1,5 мм², скрученных или параллельных, в зависимости от условий эксплуатации, с неметаллической оболочкой или другими защитными крышками.

Кабель представляет собой один или несколько скрученных изолированных проводов, заключенных, как правило, в общую резиновую, пластиковую, металлическую оболочку.

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.

На практике для выбора сечения иногда пользуются готовыми таблицами.

В таблице 3.1 представлена зависимость допустимых токов нагрузки медных (монтажных) проводов, от сечения провода.

Таблица 3.1 - 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

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).

Выбор сечения токопроводящей жилы

Вычисления по формулам более точны, чем для таблиц, и необходимы в тех случаях, когда в таблицах отсутствуют необходимые 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.

Пусть вся нагрузка сконцентрирована в конце линии, рисунок 3.23.

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

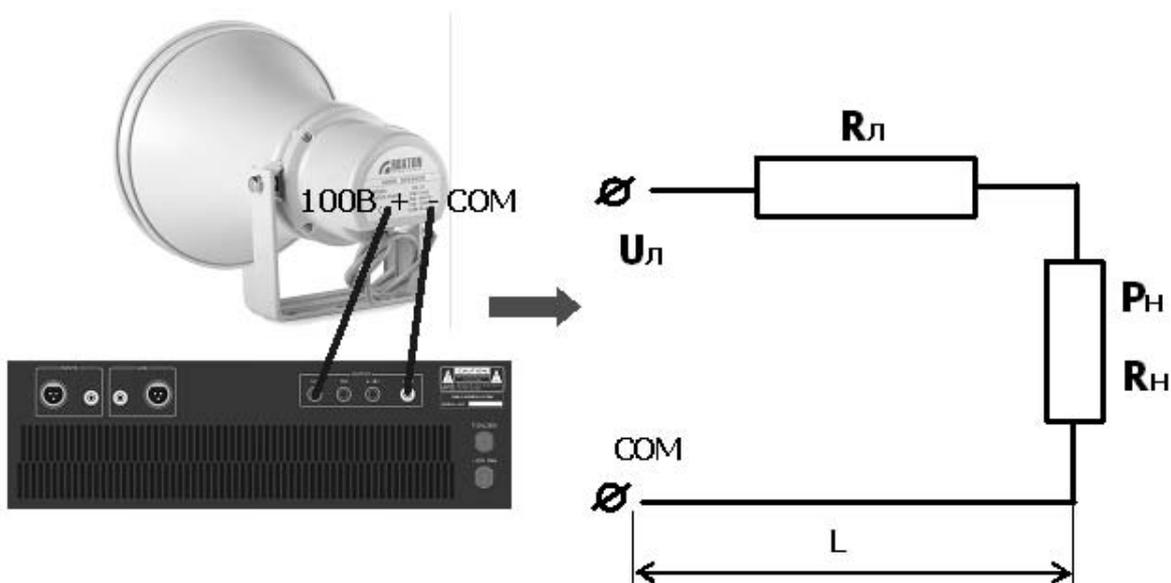


Рисунок 3.23 - Эквивалентная схема линии с подключенным громкоговорителем

Для быстрой оценки потерь удобно пользоваться готовыми таблицами. Составим таблицу зависимости сопротивления провода ($R_{л}$), от сечения жилы провода (S) и длины линии (расстояния от усилителя до громкоговорителя), таблица 3.3.

Таблица 3.3 – Зависимость сопротивления жилы провода от величины сечения и длины провода

$R_{л}, \text{ Ом}$	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

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

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.

В рамках данной работы поставленные задачи для достижения цели решены в полном объеме. Были рассмотрены основные принципы построения и особенности проектирования систем звукового обеспечения; проведено рассмотрение этапов электроакустического преобразования, расчет уровня звукового давления, изучена цифровая система оповещения, также были рассмотрены возможности совершенствования СОУЭ.

В результате проведенной работы можно сделать вывод о том, что в настоящее время проблема организации СОУЭ остается одной из актуальных во многих организациях.

Непрерывное улучшение СОУЭ дает следующие преимущества:

- повышает психологическую стабильность, стабильность мировоззрения из-за большего сознания безопасности;
- способствует сокращению потерь, экономии средств в их предотвращении и ликвидации последствий;
- создает благоприятные условия для повышения эффективности и качества деятельности, защиты здоровья и благополучия.

Общая система оповещения и управления эвакуацией людей должна:

- включаться автоматически от командного сигнала, формируемого автоматической установкой пожарной сигнализации или пожаротушения;
- быть многозонной;
- классификация систем оповещения;
- быть обеспечена обратная связь зон пожарного оповещения с помещением пожарного поста-диспетчерской;

- иметь возможность реализации нескольких вариантов организации эвакуации из каждой зоны оповещения;

- осуществляться из помещения пожарного поста, диспетчерской или другого специального помещения, отвечающего требованиям пожарной безопасности, предъявляемым к указанным помещениям.

Задача ответственного за СОУЭ при нестандартном развитии событий - иметь возможность приостановить и при необходимости скорректировать процесс аварийного оповещения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИСТОЧНИКОВ

1. Свод правил СП3.13130-2009 [Текст].
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) [Текст].
3. НПБ 77-98 – Общетехнические требования к СОУЭ [Текст].
4. Проектирование систем оповещения и управления эвакуацией людей при пожарах в общественных зданиях, пособие (к СНиП 2.08.02-89) [Текст].
5. Технические средства и системы оповещения людей о пожаре [Текст].
6. Акустика, Учебник [Текст]. Ред. Проф. Ю.А. Ковалгина, Москва, 2009 г.
7. О. Б. Попов, С. Г. Рихтер Цифровая обработка сигналов в трактах звукового вещания [Текст], Москва, 2007 г.
8. IEC 60849 “Sound system for emergency purposes” [Текст].
9. Годный, В. Г. ГОЧС системы оповещения и их особенности [Текст].
10. Три взгляда на акустику помещений [Текст], 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 [Текст], Тромбон, Москва, 2008г.
14. Бастанов, В.Г. 300 практических советов. Московский рабочий [Текст], 1986г.
15. Занько, Н. Г. Безопасность жизнедеятельности [Текст]: учебник / Н. Г. Занько, К. Р. Малаян, О. Н. Русак ; под ред. О. Н. Русака. - Изд.17-е, стер. -

Санкт-Петербург : Лань, 2017. - 704 с.: ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ISBN 978-5-8114-0284-7.

16. Еременко, В. Д. Безопасность жизнедеятельности [Текст]: учеб. пособие / В. Д. Еременко, В. С. Остапенко. - Москва: РГУП, 2016. - 368 с. - ISBN 978-5-93916-485-6.

17. Мельников, В. П. Безопасность жизнедеятельности [Текст]: учебник / В. П. Мельников. - Москва: КУРС: ИНФРА-М, 2017. - 400 с. - ISBN 978-5-906818-13-3.

18. Каменская, Е. Н. Безопасность жизнедеятельности и управление рисками [Текст]: учеб. пособие / Е. Н. Каменская. - Москва: РИОР: ИНФРА-М, 2016. - 252 с. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-369-01541-4.

19. Петрова, А. В. Охрана труда на производстве и в учебном процессе [Текст]: учеб. пособие / А. В. Петрова, А. Д. Корощенко, Р. И. Айзман. - Новосибирск: Сибир. унив. изд-во, 2017. - 189 с. - (Университетская серия). - ISBN 978-5-379-02026-2

20. Данилина, Н. Е. Расследование несчастных случаев и профессиональных заболеваний [Текст] : учеб.-метод. пособие для студентов очной формы обучения / Н. Е. Данилина ; ТГУ ; ин-т машиностроения ; каф. "Управление промышленной и экологической безопасностью". - ТГУ. - Тольятти: ТГУ, 2017. - 162 с. : ил. - Библиогр.: с. 142-144. - Прил.: с. 145-162. - ISBN 978-5-8259-1152-6

21. Феоктистова, Т. Г. Производственная санитария и гигиена труда [Текст]: учеб. пособие / Т. Г. Феоктистова, О. Г. Феоктистова, Т. В. Наумова. - Москва: ИНФРА-М, 2017. - 382 с.: ил. - (Высшее образование. Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-004894-9

22. Ветошкин, А. Г. Техногенный риск и безопасность [Текст] : учеб. пособие / А. Г. Ветошкин, К. Р. Таранцева. - 2-е изд. - Москва : ИНФРА-М, 2017. - 198 с.: ил. - (Высшее образование. Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-009261-4.

23. Тимофеева, С. С. Промышленная экология [Текст] : практикум :

учеб. пособие / С. С. Тимофеева, О. В. Тюкалова. - Москва: Форум: ИНФРА-М, 2017. - 128 с.: ил. - (Высшее образование. Бакалавриат). - ISBN 978-5-91134-862-5

24. Карпенков, С. Х. Экология [Текст]: учебник / С. Х. Карпенков. - Москва: Логос, 2016. - 397 с.: ил. - ISBN 978-5-98704-768-2

25. Широков, Ю.А. Экологическая безопасность на предприятии [Текст]: учеб. пособие / Ю. А. Широков. - Санкт-Петербург: Лань, 2017. - 360 с.: ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ISBN 978-5-8114-2578-5

26. Данилина, Н.Е. Производственная безопасность [Текст]: учеб.-метод. пособие для студентов оч. формы обучения / Н. Е. Данилина, Л. Н. Горина; ТГУ; Ин-т машиностроения; каф. "Управление пром. и экол. безопасностью". - ТГУ. - Тольятти: ТГУ, 2017. - 155 с. - Библиогр.: с. 151-155. - ISBN 978-5-8259-1141-0

27. Собурь, С. В. Пожарная безопасность предприятия [Текст]: Курс пожарно-технического минимума : учеб. - справ. пособие / С. В. Собурь. - 17-е изд., перераб. - Москва: ПожКнига, 2017. - 479 с.: ил. - ISBN 978-5-98629-079-9

28. Данилина, Н. Е. Пожарная безопасность [Текст]: учеб. - метод. пособие для студентов очной формы обучения / Н. Е. Данилина, Л. Н. Горина; ТГУ; ин-т машиностроения; каф. "Управление промышленной и экологической безопасностью". - ТГУ. - Тольятти: ТГУ, 2017. - 247 с.: ил. - Библиогр.: с. 244-247. - ISBN 978-5-8259-1170-0

29. Meijer, F. and H. Visscher (1998), The deregulation of building controls: a comparison of Dutch and other European systems, Environment and Planning B: Planning and Design, volume 25, p. 617-629, Pion, London.

30. Степаненко, А. В. Пожарная безопасность объектов [Текст]: учеб.-метод. пособие для студентов очной формы обучения / А. В. Степаненко; ТГУ; ин-т машиностроения; каф. "Управление промышленной и экологической безопасностью". - ТГУ. - Тольятти: ТГУ, 2017. - 114 с.: ил. - Библиогр.: с. 114. - ISBN 978-5-8259-1175-5

31. Фролов, А.В. Управление техносферной безопасностью [Текст]: учеб. пособие / А. В. Фролов, А. С. Шевченко. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва: Русайнс, 2016. - 267 с.: ил. - ISBN 978-5-4365-0587-9

32. Рашоян, И. И. Устойчивость объектов при пожаре [Текст]: учеб.-метод. пособие для студентов очной формы обучения / И. И. Рашоян; ТГУ; Ин-т машиностроения; каф. "Управление пром. и экол. безопасностью". - ТГУ. - Тольятти: ТГУ, 2017. - 258 с. - Библиогр.: с. 116. - Прил.: с. 117-258. - ISBN 978-5-8259-1123-6

33. Горина, Л. Н. Организация надзорной деятельности по пожарной безопасности [Текст]: учеб.-метод. пособие для студентов очной формы обучения / Л. Н. Горина; ТГУ; Ин-т машиностроения; каф. "Управление пром. и экол. безопасностью". - ТГУ. - Тольятти: ТГУ, 2017. - 114 с. - Библиогр.: с. 114. - ISBN 978-5-8259-1021-5

34. Масаев, В. Н. Основы организации и ведения аварийно-спасательных работ: Спасательная техника и базовые машины [Текст]: учеб. пособие / В. Н. Масаев, О. В. Вдовин, Д. В. Муховиков; Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России. - Железногорск: СибПСА, 2017. - 179 с.: ил.

35. Рыков, В. В. Надежность технических систем и техногенный риск [Текст]: учеб. пособие / В. В. Рыков, В. Ю. Иткин. - Москва: ИНФРА-М, 2017. - 192 с.: ил. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-16-010958-9.

36. Visscher, H.J. (2000), *Bouwtoezicht en kwaliteitszorg; een verkenning van alternatieven voor de technische controles door het gemeentelijk bouwtoezicht*, Delft University Press, Delft, 2000.

37. Bickerdike Allen Partners / Department of the Environment (1996), *Design Principles of Fire Safety*, HMSO, London.

38. Institute of Building Control (1997), *Review of European Building Regulations and Technical Provisions*, Epsom Surrey.