



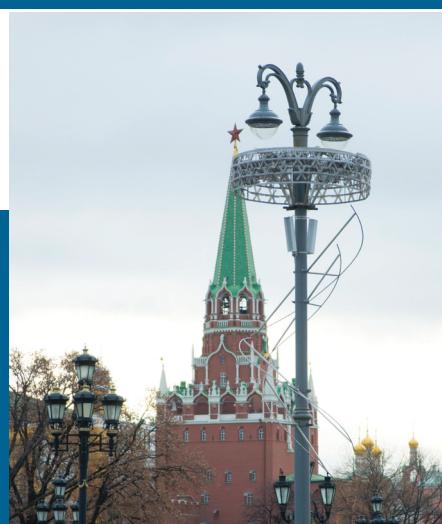
O. V. Kochnov,
заместитель
генерального директора
группы компаний ESCORT

109044, Москва, ул. Мельникова, д. 7, оф. 32,
8 (495) 937-5341/42, 663-9144 (многоканальные),
8 (800) 3333-005 (бесплатный),
info@escortpro.ru, support@escortpro.ru,
www.escortpro.ru



ЗВУКОФИКАЦИЯ УЛИЦ ГОРОДА МОСКВЫ

Согласно распоряжению Правительства г. Москвы, во исполнение федеральных законов, в 2018 году был запланирован и успешно запущен проект звукофикации улиц города Москвы. Проект предполагает поэтапную реализацию комплекса проектных, монтажных и пусконаладочных мероприятий по внедрению систем звукового оповещения (СЗО) улиц города Москвы в целях оповещения и информирования населения в случае возникновения или угрозы возникновения чрезвычайных ситуаций (ЧС). Группа компаний ESCORT приняла активное участие в подготовке и реализации данного проекта в части построения типовой линии оповещения.



Системы оповещения о ЧС

Основная задача любой системы оповещения состоит в обеспечении передачи звуковой или речевой информации о существующей или только предстоящей угрозе и чрезвычайной ситуации людям, оказавшимся в месте, подверженном данной угрозе. Своевременно переданная информация позволит человеку принять оптимальное решение, касающееся как личной безопасности, так и безопасности людей, находящихся рядом, особенно детей, стариков и инвалидов.

Условно системы оповещения можно разделить на две категории – системы оповещения о пожаре (СОУЭ) и системы оповещения о чрезвычайной ситуации (ЧС). Так как о СОУЭ написано уже достаточно много, то имеет смысл поговорить о второй категории. Системы оповещения о ЧС начали внедряться в нашей стране сравнительно недавно. Построение систем оповещения о ЧС осуществляется в рамках программы гражданской обороны (ГО) и регламентировано множеством федеральных законов (ФЗ). На основании данных законов построена вертикаль управления и сбора данных, включающая подразделения, каждому из которых соответствует своя система оповещения:

- Федеральная система оповещения (ФСО)
- Региональные системы оповещения (РСО)
- Территориальные системы оповещения (ТСО)
- Местные системы оповещения (МСО)

- Локальные системы оповещения (ЛСО)
- Объектовые системы оповещения (ОСО).

Федеральная система оповещения функционирует автоматически. Она собирает информацию со всех пунктов сбора извещений о ЧС и передает ее региональным системам оповещения (РСО), а также органам, силам и средствам, находящимся в подчинении служб федерального уровня.

Региональные системы (РСО) в свою очередь, получив информацию от ФСО, передают ее органам и службам ГО ЧС, находящимся в их подчинении и т.д.

Местные системы оповещения (МСО) передают сигналы о ЧС, поступающие от органов гражданской обороны (ГО) города и района, дежурным диспетчерским службам (ДДС), руководителям и населению.

Локальные системы оповещения (ЛСО) создаются и устанавливаются на потенциально опасных объектах и служат для оповещения как сотрудников данного объекта, так и территории, прилегающих к нему.

Область применения и действия объектовых систем оповещения (ОСО) ограничивается территорией объектов, предприятий, на которых они устанавливаются.

Что такое и для чего нужна уличная звукофикация?

На сегодняшний день во исполнение федерального закона 68-ФЗ от 21/12/94 «О защите населения и территории от ЧС природного и техногенного характера», указа президента РФ от 16/11/12 №1522 «О создании комплексной системы экс-

тренного оповещения населения об угрозе возникновения или возникновении ЧС» и мн. др., происходит внедрение комплексной системы экстренного оповещения, функционирующей на различных уровнях: федеральном, региональном, межрегиональном, областном, местном (города, районы), локальном (места вблизи опасных объектов) и объектовом (опасные объекты).

Основную координационную и мониторинговую деятельность по всем уровням осуществляет центр управления кризисных ситуаций ЦУКС ГУ МЧС России. В ЦУКСе, обслуживающем региональный уровень, установлено и функционирует оборудование, в состав которого входит РСО (иногда называемое ЦСО – централизованной системой оповещения).

Система уличной звукофикации является одним из важнейших элементов (подсистемой) региональной системы оповещения (РСО), обеспечивающей своевременное доведение сигналов звукового оповещения о ЧС до населения мегаполиса. На рис.1 представлена упрощенная структурная схема управления системой звукофикации г. Москвы.

Центр управления кризисными ситуациями осуществляет сбор и мониторинг информации, касающейся обеспечения безопасности, и связан с такими службами, как, например, «Служба спасения (система 112)», центром мониторинга и прогнозирования ЧС. В случае поступления, подтверждения и принятия решения о передаче извещения о ЧС оперативный

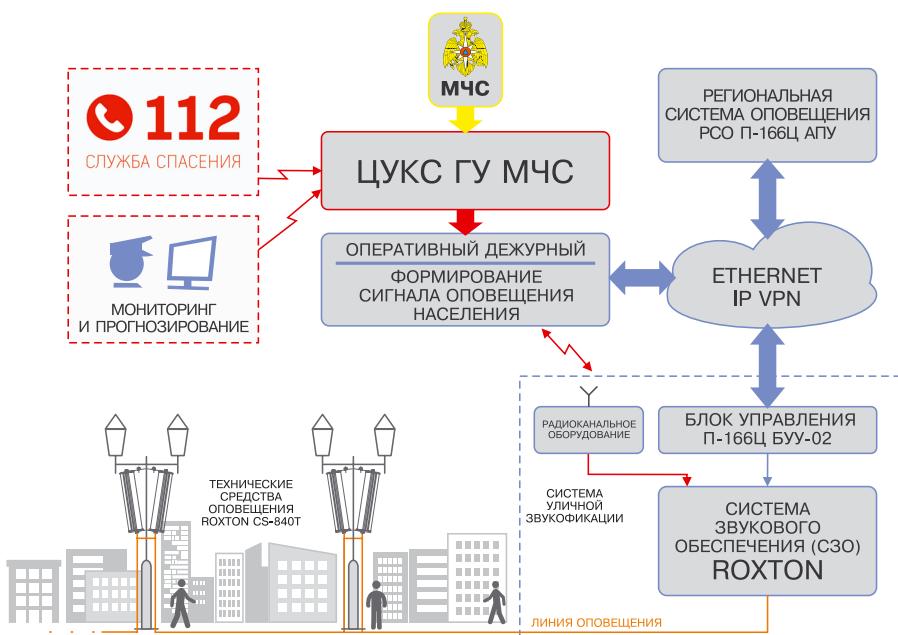


Рис. 1. Упрощенная структурная схема управления системой звукофикации г. Москвы

дежурный, используя комплекс аппаратуры и программных средств, активирует соответствующие каналы связи, в том числе радиоканал. Одним из таких каналов является цифровой канал, находящийся в ведомстве аккредитованных операторов связи. По данному (в частности IPVPN) каналу происходит передача извещения на автоматизированный пульт управления аппаратурой П-166Ц АПУ, активирующий в свою очередь и систему звукофикации.

Следует отметить, что систему уличной звукофикации можно рассматривать частью еще одной подструктуры КСЭОН – комплексной системы экстренного оповещения, как комплекса программно-технических средств мониторинга опасных природных явлений и техногенных процессов и систем оповещения с целью доведения необходимых сигналов до населения и органов управления и ликвидации ЧС.

Среди наиважнейших задач, возлагаемых на региональную систему оповещения, подсистемой которой является система звукофикации, следует отметить такие, как:

- **Оперативность** – возможность оповещения населения в максимально короткие сроки – сроки, не превышающие минимального времени начала гарантированной эвакуации в безопасное место

- **Надежность** – высоконадежное техническое исполнение, позволяющее обеспечить бесперебойную работу в течение сроков, указанных в ТУ

- **Избирательность** – доведение информации только тем группам населения, которым они предназначены

- **Достоверность** – обеспечение возможности доведения до населения максимально разборчивой информации.

Систему звукофикации можно рассматривать как комплекс организационных мероприятий и технических средств, включающих три составляющие – радиоканальное оборудование, систему управления, функционирующую по цифровому каналу, и систему звукового обеспечения (СЗО), предназначенную для трансляции экстренной звуковой и речевой информации, поступающей от ЦУКСа до населения.

Техническое задание на проектирование линии оповещения

Проектирование системы звукофикации осуществлялось согласно техническому заданию (ТЗ), а также техническим условиям (ТУ) на подключение линии уличной звукофикации к региональной системе оповещения (РСО) населения города Москвы о ЧС на основании:

- Свода правил СП 133.13330.2012 «Сети проводного радиовещания и оповещения в зданиях и сооружениях. Нормы проектирования»

- Постановления Правительства Москвы от 01.12.2015 № 795-ПП «Об организации оповещения населения города Москвы о чрезвычайных ситуациях».

Согласно ТЗ необходимо было:

- Реализовать часть проекта под общим названием типовая линия оповещения, расширяющая возможности комплексной системы экстренного оповещения населения Москвы, в целях оповещения и информирования населения города в случае возникновения или угрозы возникновения чрезвычайных ситуаций
- Сформировать рабочий комплект линии уличной звукофикации системы экстренного оповещения населения Москвы,

состоящий из станционного и линейного оборудования. Комплект станционного оборудования должен включать:

- Комплект средств связи линии уличной звукофикации, обеспечивающий образование канала связи между блоком управления универсальным (см. далее) и АПУ РСО города Москвы, функционирующего на базе аппаратуры П-166Ц, в составе:

- Приемопередатчика
- Антенны
- Контроллера обработки сигналов

- Блока управления универсального, который должен обеспечивать:

- Прием с цифровых сетей команд, поступающих непосредственно, без дополнительных устройств сопряжения, с АПУ РСО города Москвы

- Системы звукоусиления, полностью совместимой с универсальным блоком управления, позволяющей принимать команды управления и выдавать сигналы квиртирования, согласно основным требованиям по совместимости.

Таким образом, типовая линия оповещения представляет собой структуру, включающую в свой состав звуковой тракт и блоки сопряжения с аппаратурой т.н. верхнего звена, в состав которого входят такие элементы регионального оповещения, как аппаратура П-166Ц и приемопередающая радиостанция, осуществляющие прием и передачу сигналов извещения о ЧС по цифровому каналу и радиоканалу.

В качестве системы звукового оповещения было предложено использовать цифроаналоговую систему оповещения российского производства ROXTON-8000 (подробное описание):

http://www.escortpro.ru/page/article/article113_roxton_8000.htm.

В качестве окончательных средств оповещения было предложено использовать звуковые колонны производства ROXTON, обладающие необходимыми характеристиками – высокой эффективностью, внешним исполнением, хорошим акустическим качеством, широкой диаграммой направленности.

Согласно ТЗ в части проекта были выполнены все необходимые виды расчетов, в том числе электроакустические (ЭАР).

ЭАР были выполнены на основании следующих методик:

- Специфика расстановки речевых оповещателей (громкоговорителей):

http://www.escortpro.ru/page/article/article117_rasstanovka_gromkogovoriteley.htm

- Методика расчета сечения жилы провода и определение потерь в распределенной линии оповещения:

<http://www.escortpro.ru/page/article/article92.htm>

- Методика расчета времени резервирования технических средств оповещения: http://www.escortpro.ru/page/article/article118_vremya_reservirovania.htm

Основные результаты расчетов, описание работы и функционирование оборудования, схемы подключения типовой линии приводятся в статье далее.

Совместимость оборудования

Цифроаналоговая система оповещения российского производства ROXTON-8000 хорошо известна отечественному рынку безопасности, зарекомендовала себя с лучшей стороны и вот уже более 10 лет активно используется в данной сфере. Универсальное, многофункциональное исполнение и широкая линейка позволяют применять данное оборудование практически в любых сферах – оповещения о пожаре, оповещения о ЧС, в транспортной отрасли и т.д.

Согласно нормативному законодательству, в том числе постановлению 795-ПП «Об организации оповещения населения города Москвы о чрезвычайных ситуациях» в местах с массовым скоплением людей, на объектах с количеством работников более 50 человек, на социально важных объектах, объектах жизнеобеспечения населения вне зависимости от одномоментного нахождения, должны быть созданы системы оповещения о чрезвычайных ситуациях.

На сегодняшний день в каждом регионе Российской Федерации сформированы центры управления кризисных ситуаций, где располагается оборудование высшего звена (например, «П-166», управляемое программным комплексом. В случае возникновения ЧС сигналы и извещения передаются через сеть Ithernet по IP VPN-каналам до объектов оповещения (жилые дома, торговые центры и магазины, поликлиники и больницы, театры, музеи, выставочные залы, школы, детские сады, институты, бизнес-центры, промышленные предприятия, спортивные сооружения и т.д.).

В Москве и в Санкт-Петербурге в качестве приемника и расшифровщика таких сигналов от сети Ethernet используется блок П-166Ц (автоматизированный пульт управления АПУ + блок управления БУУ-02), преобразующий передаваемые пакеты сигналов в речевое сообщение, сигналы управления и квитирования. Одной из причин, по которой в качестве основного звена для построения звукового тракта выбрана цифроаналоговая система оповещения ROXTON, является полная аппаратная совместимости обоих систем.

В 2018 году цифроаналоговое оборудование системы речевого оповещения ROXTON прошло совместные испытания на предмет совместимости с оборудованием РАСЦО в составе блока П-166Ц

БУУ-02 по цифровым каналам связи. В результате испытаний получены протоколы, подтверждающие обеспечение следующих требований:

- Аппаратная совместимость линейных аналоговых входов при приеме звуковых сообщений от оборудования верхнего звена
- Аппаратная совместимость входов / выходов управления для активации системы оповещения при поступлении команд от оборудования верхнего звена
- Обеспечение приоритетности сигналов, поступающих от оборудования верхнего звена, относительно сигналов оповещения о пожаре и местного речевого оповещения, служебных и бизнес-сообщений, а также трансляции фоновой музыки
- Обеспечение наивысшего приоритета сигналам аварийного оповещения в ручном или в автоматическом режимах от пожарной сигнализации
- Обеспечения режима возвращения системы оповещения в состояние, предшествующее перехвату при пропадании сигнала управления от оборудования верхнего звена
- Выдача сигнала квитирования, подтверждающего запуск оповещения от оборудования верхнего звена.

Используемое оборудование

Для реализации части проекта звукофикации улиц г. Москвы применена цифроаналоговая система оповещения российского производства ROXTON-8000. В состав базового комплекта оборудования входят следующие блоки:

1. Комплект средств связи
2. Блок управления П-166Ц БУУ-02
3. Комбинированный преобразователь ROXTON RP-8264
4. Усилитель трансляционный ROXTON PA-8450
5. Комплект аккумуляторных батарей АКБ LEOCH DJM1245
6. Всепогодный шкаф ROXTON TR-126W
7. Полка ROXTON PB-60
8. Звуковые колонны ROXTON CS-840T.

Комбинированный преобразователь ROXTON RP-8264

На рис. 2 изображены внешний вид и состав комбинированного преобразователя ROXTON RP-8264.

Универсальный комбинированный преобразователь ROXTON RP-8264 представляет собой моноблок высотой 2U, совмещающий в себе функции 8-зонного селектора, блока автоматического контроля линий, резервирования по питанию, включающий модули приема и выдачи сигналов управления от систем пожарной сигнализации, системы ГОЧС, возможности удаленного контроля и управления от других блоков системы. Данный моноблок представляет собой полнофункциональную систему оповещения и может функционировать как отдельно, так и в составе системы ROXTON-8000. В составе системы может функционировать до 32 моноблоков данного типа. Моноблоки соединяются между собой по витой паре и управляются по интерфейсу RS-485. Каждому моноблоку назначается свой уникальный адрес и адрес группы с возможностью одновременного управления от периферийных управляющих устройств – 8-ми микрофонных консолей типа RM-8064, блока контроля и управления PS-8208, аппаратно-программного комплекса ROXTON-Soft. В системе предусмотрена возможность дистанционного контроля целостности линий, питания и функционирования блоков системы. Разбивка блоков на группы позволяет упростить процесс управления.

Система ROXTON-8000 имеет 3-канальную реализацию, позволяющую осуществлять передачу звуковой информации по трем каналам одновременно, реализовать гибкие алгоритмы оповещения. Для увеличения мощности в системе используются дополнительные 4-канальные усилители мощности класса «D». Система имеет много приоритетное (до 40 приоритетов) и многозонное (до 256 зон / линий) управление, позволяющее использовать ее в самых широких сферах применения.



Рис. 2. Внешний вид и состав комбинированного преобразователя ROXTON RP-8264

4-канальный трансляционный усилитель ROXTON PA-8450

На рис. 3 изображен внешний вид четырехканального усилителя мощности класса «D» ROXTON PA-8450.



Рис. 3. Внешний вид четырехканального усилителя мощности класса «D» ROXTON PA-8450

Четырехканальный усилитель мощности класса «D» PA-8450 входит в состав системы оповещения и используется для построения систем автоматического аварийного оповещения и музыкальной трансляции на базе дополнительного оборудования. Данный блок предназначен для усиления звукового сигнала с целью его дальнейшей трансляции на оконечные технические средства оповещения (громкоговорители). Усилитель имеет 4 независимых канала звукоусиления, для каждого из которых предусмотрен собственный импульсный блок питания, что повышает надежность усилителя. Выходные каскады усилителя работают в импульсном режиме, обеспечивая блоку высокий КПД и малое тепловыделение. Высокую надежность усилителя обеспечивает автоматическая умная система охлаждения. Скорость вращения вентиляторов изменяется в зависимости от температуры внутри устройства. В блоке предусмотрены симметричные балансные входы. Симметричность обеспечивает эффективное подавление электромагнитных помех. В усилителе предусмотрен дежурный (иногда спящий) режим, активируемый подачей сигнала управления DC 24 В. Данный режим позволяет существенно сэкономить на резервном питании. Усилитель имеет дополнительную защиту от перегрузки, короткого замыкания, перегрева.



Рис. 4. Внешний вид аккумуляторной батареи АКБ LEOCH DJM1245

Аккумуляторные батареи АКБ LEOCH DJM1245

На рис. 4 изображен внешний вид аккумуляторной батареи АКБ LEOCH DJM1245.

Аккумуляторная батарея АКБ LEOCH DJM1245 – герметичная аккумуляторная батарея (АКБ), не требующая обслуживания. АКБ имеет высококачественное и надежное исполнение, работает в стационарном и буферном режимах. При работе в буферном режиме батарея в течение всего срока службы (12 лет) не требует добавления электролита. АКБ характеризуется широким температурным диапазоном использования. АКБ сертифицирована Росстандартом и имеет Декларацию о соответствии общим техническим требованиям. Данные АКБ давно и успешно используются в сферах телекоммуникации и связи для резервирования системы аварийного освещения, систем пожарной и охранной сигнализации, электростанций и подстанций, устанавливаются в источники бесперебойного питания, системы резервного питания различных промышленных объектов автоматики, железнодорожного и воздушного транспорта.

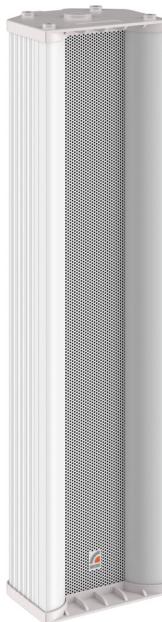


Рис. 6. Звуковая колонна ROXTON CS-840T

Всепогодный шкаф ROXTON TR-126W

Всепогодный шкаф ROXTON TR-126W, рис. 5, предназначен для размещения телекоммуникационного, электротехнического, кроссового и иного оборудования, выполненного в 19-дюймовом стандарте.



Рис. 5. Всепогодный шкаф ROXTON TR-126W

Конструкция шкафа представляет собой цельносварной корпус со съемными дверьми. Шкаф выполнен в системе несущих конструкций серии 482,6 мм ГОСТ 28601-90 (19-дюймовый стандарт IEC 297). Шкаф изготовлен в климатическом исполнении УХЛ категории 1.1 по ГОСТ 15150-69 и предназначен для эксплуатации на открытом воздухе при температуре окружающего воздуха от -40°C до +40°C и относительной влажности окружающего воздуха до 80% при 25°C. Базовая степень защиты по ГОСТ 14254-96 (МЭК 529-89) – IP-54.

Звуковая колонна ROXTON CS-840T

Внешний вид звуковой колонны ROXTON CS-840T изображен на рис. 6.

Звуковая колонна ROXTON CS-840T широко используется в трансляционных системах оповещения различного назначения, используется в качестве оконечного технического средства в системах оповещения о ЧС и в качестве речевого оповещателя в системах оповещения о пожаре СОУЭ. Звуковая колонна, как оконечное техническое средство оповещения, идеально подходит для использования на открытых площадках, в спортивных сооружениях, в парках, для озвучивания промышленных предприятий.

Колонна выполнена в металлическом корпусе, имеет дополнительное крепление, позволяющее применять ее для настенного монтажа с обеспечением необходимого угла наклона. Четыре встроенных, вертикально расположенных громкоговорителя обеспечивают различные величины вертикальной и горизонтальной диаграмм направленности. Варьируя диаграммами и углом наклона, можно получать различные характеристики звукового поля на озвучиваемом пространстве. Грамотная расстановка звуковых колонн позволяет выравнивать звуковое поле в определенных точках озвучиваемого пространства. Варьирование диаграммами направленности позволяет опираться на дополнительные звуковые отражения, повышающие эффективность озвучивания. Звуковые колонны рекомендуется использовать в помещениях с большой вероятностью возникновения паразитных акустических обратных связей.

Звуковые колонны ROXTON CS-840T имеют высокий класс защиты, что позволяет использовать их на открытых площадках.

Описание работы и функционирования системы оповещения

На рис. 7 изображена схема функционирования комплексной системы экстренного оповещения населения на базе цифроаналоговой системы оповещения ROXTON-8000, блока сопряжения П-166Ц БУУ-02 и комплекта каналаобразующего оборудования.

Сигнал экстренного оповещения о ЧС передается от ЦУКС ГУ ГО г. Москвы на систему оповещения по двум каналам связи: цифровому и радио. По радиоканалу сигнал о ЧС принимает специализированная радиостанция связи (АМГА-1327-КСС), использующая концепцию транкинга с выделенным управляющим каналом, на основе спецификаций протокола МРТ-1327. По цифровому – универсальный блок управления П-166Ц БУУ-02. Оба устройства подключены к многоприоритетному входу комбинированного преобразователя **ROXTON RP-8264**. Радиостанция подключена к среднему приоритету системы, блок управления – к высокому. В случае необходимости приоритеты можно поменять местами, используя только настройки при-

бора. Преимущество двухприоритетного включения заключается в повышении общей надежности, по причине возможности дублирования информации.

По цифровому защищенному VPN-каналу информация о ЧС поступает от автоматизированного пульта управления (АПУ) на блок сопряжения П-166Ц БУУ-02. Блок П-166Ц БУУ-02 осуществляет декодирование полученной информации и преобразует ее в звуковой сигнал и команды управления.

Активация системы оповещения, предназначенной для приема, усиления и трансляции звукового сообщения, производится управляющим сигналом в виде «сухого контакта», поступающего с блока управления П-166Ц БУУ-02 на высокоприоритетный контактный разъем комбинированного преобразователя **ROXTON RP-8264**, а с радиостанции – на среднеприоритетный разъем. При одновременном поступлении двух команд отрабатывается высокий приоритет, при этом средний приоритет находится в режиме ожидания.

При поступлении управляющего сигнала на преобразователь **ROXTON RP-8264**

активируется встроенный селектор, подключающий к усилителю мощности до 8 линий громкоговорителей. Вместе с управляющим сигналом на линейные (высокоприоритетные и среднеприоритетные) аудиовходы комбинированного преобразователя **ROXTON RP-8264** с блоков П-166Ц БУУ-02 и радиостанции поступают линейные аудиосигналы. Система приоритетов позволяет блокировать все команды нижнего уровня (фоновая трансляция, управление с микрофонных консолей).

Звуковой сигнал о ЧС с выхода встроенного в преобразователь предварительно усиленного поступает на линейный выход для дальнейшего усиления, осуществляемого четырехканальным усилителем мощности **ROXTON PA-8450**. Усиленный звуковой сигнал с повышенной до 100 В амплитудой с выходного разъема усилителя **ROXTON PA-8450** возвращается на мощные клеммы комбинированного преобразователя **ROXTON RP-8264**, к которому подключено до 8 линий оповещения. При активации, как высокого, так и среднего приоритета, преобразователь **ROXTON RP-8264** отдает сигналы квитирования, необходимые блоку П-166Ц БУУ-02. Сигнал квитирования подтверждает активность и исправность блоков системы.

Комбинированный преобразователь **ROXTON RP-8264** удовлетворяет существующим нормативным требованиям, осуществляет автоматический контроль всех линий оповещения, выдавая соответствующие команды в случае обнаружения неисправности на линии. Резервирование питания всей системы оповещения осуществляется с помощью аккумуляторных батарей АКБ DJM-1245. Заряд и контроль АКБ осуществляют комбинированный преобразователь **ROXTON RP-8264**.

Элементы электроакустического расчета

В процессе электроакустического расчета решались 3 основные задачи:

- Расчет времени резервирования технических средств
- Обоснование выбора типа и мощности звуковых колонн, способа их установки на уличных столбах. Расчет эффективной дальности, обеспечиваемой звуковыми колоннами ROXTON CS-840
- Обоснование выбора сечения основной и дополнительной жилы провода.

Расчет времени резервирования

Согласно ТЗ при пропадании питания система должна функционировать в течение 24 часов в дежурном режиме и 30 минут в режиме тревоги. Резервирование системы, при электропитании от основного ввода 220В/50Гц и резервировании системы от аккумуляторных батарей АКБ LEOCH DJM1245

Рис. 7. Схема функционирования комплексной системы экстренного оповещения населения на базе цифроаналоговой системы оповещения ROXTON-8000, блока сопряжения П-166Ц БУУ-02 и радиоканальной станции

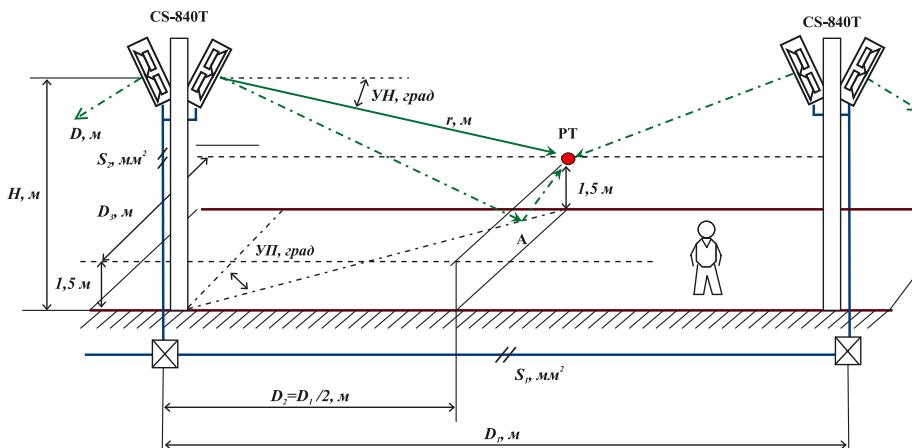


Рис. 8. Фрагмент схемы расстановки звуковых колонн, необходимый для ЭАР

должно осуществляться таким образом, чтобы при пропадании питания на основном вводе система оставалась полностью работоспособной без выдачи ложных срабатываний в течение указанного времени.

В расчетной части было определено отношение суммарной мощности, потребляемой всей системой в дежурном и тревожном режимах (Вт/Ч), к реальной мощности АКБ (Вт/Ч) с учетом реальной нагрузочной характеристики выбранных АКБ, как:

$$P_{\text{сум}}/W = 0,59.$$

Из полученного коэффициента видно, что по сравнению с худшим случаем, когда $P_{\text{сум}}/W = 0,65$, запас резервирования составляет 10%, что гарантирует обеспечение требований Т3.

Электроакустический расчет

Согласно Т3 в качестве окончательных технических средств оповещения (речевых оповещателей или громкоговорителей) были выбраны звуковые колонны ROXTON CS-840T. Согласно Т3 данные громкоговорители предполагалось монтировать попарно на равноотстоящих друг от друга столбах:

- Высота установки громкоговорителей: $H=8$ м
- Расстояние между столбами: $D_1 = 50$ м
- Максимальная ширина озвучиваемой площадки: $D_3 = 8$ м.

Громкоговорители предполагалось монтировать по паре на один столб и направлять под некоторым углом в разные стороны, рис. 8.

Перечислим задачи, которые решались в процессе электроакустического расчета:

- Обоснование типа и мощности громкоговорителей
- Определение оптимального угла наклона (УН) и поворота (УП) громкоговорителей
- Определение среднеожидаемых уровней шума
- Полная проверка на соответствие требованиям ФЗ №-123 ФЗ и свода правил СП 3.13130.2009.

В результате расчета было установлено полное соответствие нормативным требованиям при условии:

- Использования предложенного типа громкоговорителей
- Не превышения рекомендованного шага расстановки, угла поворота и угла наклона громкоговорителей, рис. 8.

Согласно рисунку и фактическому положению вещей наиболее критичной, с точки зрения расположения звуковых колонн, является расчетная точка (РТ), выбранная ровно посередине между столбами и при этом на максимальном удалении от линии, соединяющей столбы, а также в месте максимального шума. Для расчета звукового давления в расчетной точке (РТ) были учтены факторы, обеспечивающие как необходимые, так и достаточные условия:

1. Определены углы поворота (УП) громкоговорителей

2. Определены углы наклона громкоговорителей (УН) к уже выполненному повороту

3. Осуществлен расчет звукового давления в наиболее критической расчетной точке (РТ) с учетом сложения прямой и отраженной звуковой энергии, а также результирующего воздействия соседнего громкоговорителя

4. Произведена оценка ожидаемых уровней шумов вблизи автострады (комментарий ниже)

5. В расчетной части была произведена оценка эффективной дальности (дальность действия), обеспечиваемой одним громкоговорителем. При уровне шума 70 дБ, с учетом отражений, она составила 39 м.

Комментарий: Согласно СП 51.13330.2011 эквивалентный уровень шума на территориях, непосредственно прилегающих к зданиям, предлагается принимать равным УШ=55 дБ, что является категорически недостаточным значением. В непосредственной близи и на некотором удалении от автострад были проведены многочисленные измерения (при помощи спектр-анализатора MASTECHMS6708).

Измерения проводились в часы пик, в условиях повышенного шума и наиболее критических условиях (мокрые дороги). Измерения показали, что:

- Уровень среднего шума на улице, отдаленной от трассы: УШ₁ = 55 дБ
- Уровень среднего шума на улице недалеко от трассы (~15 м): УШ₂ = 65 дБ
- Уровень среднего шума на улице вблизи трассы (~2 м) при низкой интенсивности: УШ₃ = 70 дБ
- Уровень среднего шума на улице вблизи трассы (~2 м) при средней интенсивности: УШ₃ = 75 дБ
- Уровень среднего шума на улице вблизи трассы (~2 м) при высокой интенсивности: УШ₃ = 80 дБ.

Согласно требованиям ГОСТ-12.1.036-81, ГОСТ-27296-87, СП 51.13330.2011 данные измерения необходимо усреднять в периоде времени не менее 4 часов (часы пик), на основании чего было принято решение использовать среднее значение уровня шума: УШ=75 дБ. Таким образом, в основном «мейнстриме» людского потока, расстояние от которого до автострады никак не менее 2 м, можно было принять равным 70 дБ. Расчеты показали, что звуковое давление в РТ, в предлагаемой схеме расстановки, превышает средний ожидаемый шум более чем на 15 дБ, что обеспечивает основное требование НД. Выбранные громкоговорители обладают высоким качеством звучания, имеют неравномерность АЧХ, в диапазоне 0,2–5 кГц, не превышающую 4 дБ, из чего следует, что требование к качеству согласно НД также выполнено.

Расчет сечения жилы провода

Согласно Т3 в процессе расчета были решены две задачи:

1. Определено оптимальное сечение токопроводящей жилы провода

2. Решена сопряженная с ней задача определения ожидаемых потерь в линии при уже выбранном согласно Т3 и ТУ проводе

Оптимальное сечение токопроводящей жилы рассчитывалось исходя из требований, предъявляемых к речевым оповещателям, изложенных в ГОСТ 53325-2012.

В расчетах был подтвержден выбор (согласно Т3) огнестойкого кабеля:

Кабель огнестойкий КСРПнг(А)-FRHF 1x2x1,78 (сечением 2,5 мм²)

Результаты расчета показали, что для обеспечения требований ГОСТ 53325-2012 и Т3 сечение жилы провода должно быть не ниже 2 мм². Следовательно, сечение жилы используемого кабеля ($S=2,5$ мм²) выбрано корректно. Дополнительные расчеты показали, что для данного сечения ($S=2,5$ мм²) потери по напряжению в конце линии составят не более 21%, что на 4% превышает нормативные требования.