

Звуковые указатели путей эвакуации

Игорь Неплохов,
кандидат технических наук,
эксперт компании "Систем Сенсор"

По действующей нормативной базе в системах оповещения и управления эвакуацией людей при пожарах в зданиях и сооружениях используются звуковые, речевые и световые способы оповещения. Информация о маршрутах эвакуации и о расположении пожарных выходов передается при помощи визуальных средств: световых мигающих указателей, световых оповещателей "Выход", статических и динамических указателей направления. Однако практика показывает, что при пожаре в большом здании даже на стадии относительно небольшого задымления использование визуальной информации проблематично.



Для решения этой важной задачи был разработан новый тип звуковых оповещателей, которые позволяют по звуковому сигналу определить путь эвакуации даже в сложном здании, и значительно повысить эффективность системы эвакуации. Обычные звуковые оповещатели с постоянной или линейно изменяющейся звуковой частотой не могут обеспечить определение расположения пожарных выходов. В помещении звуковые сигналы отражаются от стен, потолка, пола, окружающих предметов, что обычно не позволяет даже примерно определить расположение звукового оповещателя. Человек в условиях ограниченной видимости, к тому же в состоянии стресса, затрудняется в определении направления на такой источник звукового сигнала. Для обеспечения данной функции должна быть возможность определения точного направления на источник звука. Решение этой проблемы - использование звуковых источников специального типа для указания мест расположения пожарных выходов

Локализация звукового сигнала

Ясно, что надежда только на визуальные средства не оправдывает себя в

современной практике эвакуации людей. Необходимо задействовать слуховые каналы восприятия, но использовать специальные типы звука, например, широкополосный шумоподобный звук. Расположение источника такого звука легко и быстро определяется органами слуха человека практически в любой обстановке, что делает этот метод идеальным средством для обеспечения быстрой эвакуации. Активируемые существующей системой пожарной сигнализации, источники направляющего звука **Exit Point**, расположенные в тщательно выбранных точках, направляют людей к эвакуационным выходам. Кроме того, дополнительный звуковой сигнал может передавать информацию о дальнейшем направлении пути эвакуации: в горизонтальном направлении, вверх или вниз по лестнице.

Обычно, все виды использования звука в случаях эвакуации представляют собой звуковой сигнал тревоги, оповещающий людей о надвигающейся опасности. Эти звуковые сигналы не дают информации ни о направлении к ближайшему пожарному выходу, ни о месте его расположения. Даже если обычные звуковые оповещатели расположены непосредственно над выходами, их все равно сложно найти, поскольку используемые типы звуковых сигналов не имеют направляющего действия.

Человек слышит широкий диапазон частот, примерно от 20 Гц до 20000 Гц, который условно можно разделить на три части: диапазон низких, средних и высоких частот (см. **рис. 1**). Речь занимает диапазон примерно от 500 Гц до 3,5 КГц. Наиболее слышимые частоты в области 2-3 КГц относятся к средним частотам. В этом диапазоне обычно устанавливаются частоты звуковых оповещателей. Возможности локализации звуковых источников в большой мере зависят от диапазона частот и от условий окружающей среды.

Определение расположения источника звуковых сигналов в горизонтальной плоскости возможно по разнице в уровне сигналов, по временной задержке сигнала и по разности фаз. При расположении источника прямо перед слушателем звуковые сигналы воспринимаются обоими ушами с одной громкостью, одновременно и соответственно разность фаз равна нулю. Если источник расположен справа

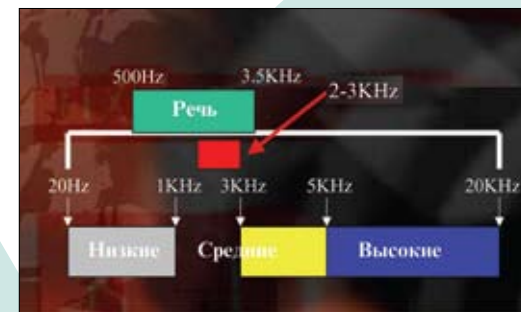


Рис. 1 Диапазоны звуковых частот



Рис. 2. Сигналы левого и правого уха при расположении источника справа

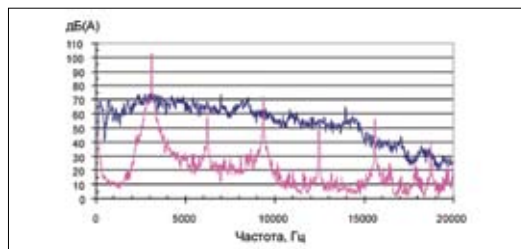


Рис. 3 Спектр сигнала звукового оповещателя на 3 кГц (красная линия) и шумового сигнала (синяя линия)

от слушателя, то громкость звука правого уха будет больше, чем левого, звук достигнет правого уха раньше и соответственно появляется разность фаз (см. **рис. 2**). Задержку по времени прихода сигнала можно определять по сравнительно коротким сигналам либо по сигналам со сложным спектром. По непрерывному одночастотному сигналу определяется только разность фаз, которая зависит от частоты звукового сигнала. Так как однозначное измерение разности фаз в двух точках обеспечивается лишь в пределах $0^\circ - 360^\circ$, то при частотах выше 1 КГц одному значению разности фаз соответствует несколько направлений прихода сигнала.

С другой стороны, в помещении звуковые сигналы отражаются от окружающих предметов, что приводит к ошибке в определении расположения источника звука, даже если он локализовался в условиях открытого пространства. Например, при воспроизведении одного звукового сигнала через два разнесенных громкоговорителя слушателю кажется, что источник расположен точно посередине между ними. Все это обуславливает невозможность использования стандартных звуковых оповещателей для определения расположения пожарных выходов.

Exit Point - направляющий звук

Путем анализа различных видов сигналов было разработано устройство Exit Point - "Точка выхода", в котором синтезирован шумовой сигнал, источник которого локализуется даже в условиях замкнутых пространств сложной конфигурации, например на борту океанского лайнера. Учитывая свойства данного вида звукового сигнала, его вполне можно назвать направляющим звуком. Это шумовой сигнал с широкополосным спектром, с отношением максимальной частоты к минимальной порядка 10. На **рис. 3** для сравнения приведены спектры стандартного звукового оповещателя на 3 кГц и широкополосного шумового сигнала. Спектр оповещателя имеет линейчатый характер, максимумы располагаются на 3 кГц и на гармониках. Спектр шумового сигнала напротив - непрерывный и практически равномерный во всем диапазоне звуковых частот.

Эффективность устройств Exit Point оценивалась в различных условиях. Первый тест проводился в относительно большой телевизионной студии студенческого городка Университета Лидса в Англии. Испытуемых поместили в студию, заполненную искусственным дымом, и снимали на инфракрасную камеру. Полагаясь, в основном, на свою память об окружающей обстановке и двигаясь на ощупь, испытуемые затратили 3 минуты 50 секунд, чтобы найти традиционный значок аварийного выхода. И наоборот, когда включены звуковые источники широкополосного



Рис. 4 Скрытая за панелью лестница даже в нормальных условиях обнаруживается с трудом

шума, которые были расположены непосредственно над выходами, им потребовалось только 15 секунд, чтобы найти выход.

Для определения эффективности использования технологии направляющего звука, Exit Point были размещены на путях эвакуации, в точках изменения направления движения и на лестницах в здании заброшенной школы. После заполнения здания искусственным дымом, каждый испытуемый был доставлен в исходную точку движения на втором этаже по внешней пожарной лестнице. Испытуемые не имели информации о расположении помещений в здании и устройств Exit Point. Путь эвакуации был отмечен источниками направленного звука Exit Point, расположенными в наиболее важных точках, главным образом над пожарными выходами (см. **рис. 4**). Там, где за пожарным выходом лестничный пролет вел вверх, широкополосный звук чередовался с сиреной, нарастающей по частоте, что являлось указанием "вверх по лестнице". Там, где дальнейший путь вел вниз по лестнице в промежутках звучал сигнал сирены, снижающийся по частоте - указание о необходимости спуститься по лестнице. Кроме того, установленные на различных этапах пути эвакуации излучали шумовые импульсы с различной частотой. На первом этапе Exit Point шумовые импульсы подавались с частотой 1,5 Гц, т.е. примерно через 0,66 с. На двух промежуточных этапах частота шумовых импульсов последовательно повышалась и в точке выхода из здания составляла уже примерно 5 Гц. Изменение частоты следования шумовых импульсов наглядно показывало продвижение людей к выходу из здания.

И снова эффективность устройств Exit Point была очевидна. Никто из испытуемых ни на одном пути эвакуации не ошибся в выборе маршрута выхода. Все испытуемые после теста подтвердили, что повышающиеся и понижающиеся тональности сирен они воспринимали как информацию о наличии лестницы и как указание о необходимом направлении движения. Они интуитивно поняли ассоциативное значение каждого звука. Время эвакуации приближалось к периоду времени, которое можно было бы ожидать при эвакуации в условиях идеальной видимости и хорошего знания плана здания. Эти испытания показывают, что технология Exit

Point с направляющим звуком является также важным средством информации людей, имеющих проблемы со зрением. Обеспечивая информацию по направлению движения, сигналы сняли необходимость предварительного изучения здания, снизили степень неуверенности и полностью устранили ошибки при выборе пути. В общем, время эвакуации было существенно сокращено, в некоторых случаях - более чем на две трети.

В экспериментах, когда проверялись возможности ориентации в лабиринте, участники были проведены через серию комнат в поисках безопасного выхода. В лабиринте были установлены устройства Exit Point и визуальные указатели, показывающие направление к выходу из лабиринта. Цель исследования заключалась в определении времени нахождения участниками теста безопасного выхода в различных условиях. Устройства Exit Point были отрегулированы на уровень сигнала 93 дБ(А) и находились на высоте 3,2 фута (0,97 м). Участники эксперимента, которых попросили просто найти выход из комнаты, заполненной дымом, потратили на поиски до 124 секунд (в среднем - 97,8 секунды). При использовании технологии направляющего звука Exit Point и визуальных указателей, было затрачено минимум 13,3 секунды (в среднем 51,3 секунды). Причем при поиске выхода из комнаты без дыма, на поиски выхода было затрачено до 14 секунд, а при включении устройства Exit Point и визуальных средств, тестируемые вышли к безопасному выходу через 7 секунд.

Один из интересных выводов, вытекающих из проведенных экспериментов, заключается в том, что использование одновременно звуковых сигналов Exit Point и световых указателей приводит в результате к более быстрой эвакуации, при использовании только световых указателей.

Технические подробности

Устройство направляющего звука Exit Point выполнено на базе динамического громкоговорителя (см. **рис. 5**), имеет терминалы для подключения к источнику питания 24 В, к устройству управления, а также переключатель для выбора типа и уровня сигналов. Переключатели 1, 2, 3 позволяют дискретно регулировать мощность в широких пределах: 4, 2, 1, 0,5 и 0,25 Вт. Переключатель 4 предназначен для выбора логики управления: включение звукового сигнала при замыкании терминалов 3 и 4, либо включение при их размыкании.



Рис. 5 Расположение терминалов и переключателей

Переключатели 5 и 6 предназначены для выбора типа звукового сигнала в паузах между излучением шумового направляющего звука: стандартный звуковой сигнал пожарной тревоги - три одночас-

тотных импульса с паузой (см. **рис. 6**), увеличивающаяся по частоте сирена, снижающаяся по частоте сирена, либо дополнительный сигнал выключен.

Вид дополнительного сигнала определяется по направлению пути эвакуации за точкой выхода: вверх по лестнице, вниз по лестнице или в горизонтальном направлении.

Включение переключателей от 7 до 10 обеспечивает возможность передачи информации об этапе эвакуации в сложном здании. Низкая частота излучения звуковых последовательностей (SLOW) - выход из внутренних помещений здания, средняя частота 2 (MED2) и средняя частота 1 (MED1) - выход из средних помещений, высокая частота (FAST - exit) - эвакуационный выход из здания. В зависимости от частоты излучения звуковых последовательностей и выбранной мощности изменяется ток потребления звукового направляющего оповещателя (**таблица 1**).

Устройства направляющего звука Exit Point могут подключаться к приемно-контрольному прибору аналогично звуковым, световым и светозвуковым оповещателям (см. **рис. 7**), при необходимости с использованием внешнего управления посредством коммутации терминалов 3 и 4.

Устанавливается звуковой направляющий оповещатель с использованием монтажной коробки размером 4" x 4" x 2,25" при помощи двух винтов (см. **рис. 8**)

Специфика использования устройств направляющего звука Exit Point

Технология направляющего звука Exit Point не заменяет традиционных звуковых и световых оповещателей, но достаточно хорошо сочетается с ними. Стандартные звуковые сигналы пожарных оповещателей имеют линейчатый спектр (см. **рис. 3**), либо импульсный вид (см. **рис. 6**) и практически не мешают локализации устройств Exit Point. При распределении обычных звуковых оповещателей необходимо учитывать зоны озвучивания устройствами Exit Point и установленный на них уровень звуковых сигналов. Если два и более оповещателя Exit Point будут звучать одновременно, то обычно люди начинают двигаться в направлении более интенсивного сигнала оповещателя, т.е. к ближайшему выходу, что оптимально в большинстве случаев.

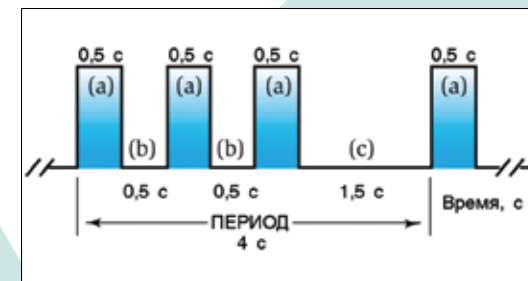


Рис. 6 Временная диаграмма стандартного сигнала оповещения для пожарных сигнализаций
(a) - звуковой сигнал "включен" в течение 0,5 секунды $\pm 10\%$;
(b) - звуковой сигнал "выключен" в течение 0,5 секунды $\pm 10\%$;
(c) - звуковой сигнал "выключен" в течение 1,5 секунды $\pm 10\%$; [(c) = (a) + 2(b)].
Общая продолжительность периода равна 4 секундам $\pm 10\%$.

Таблица 1 Изменение тока потребления звукового направляющего оповещателя в зависимости от частоты излучения звуковых последовательностей и выбранной мощности

Частота последовательностей	Мощность, Вт	Ток потребления, макс. мА (при напряжении 16-33 В)	Звуковой сигнал в безэховой комнате, на расстоянии 3 м, дБА	Звуковой сигнал в комнате с реверберацией, на расстоянии 3 м, дБА
FAST (exit)	4	225	85	78
FAST (exit)	2	114	82	76
FAST (exit)	1	75	79	73
FAST (exit)	0,5	62	76	69
FAST (exit)	0,25	49	73	66
MED1	4	221	85	77
MED1	2	112	82	74
MED1	1	74	79	71
MED1	0,5	61	76	68
MED1	0,25	48	73	65
MED2	4	203	85	78
MED2	2	103	82	75
MED2	1	68	79	73
MED2	0,5	56	76	69
MED2	0,25	44	73	66
SLOW	4	189	85	76
SLOW	2	96	82	73
SLOW	1	63	79	70
SLOW	0,5	52	76	67
SLOW	0,25	41	73	64

При сочетании с речевым оповещением возможно разделение оповещения по времени с указанием в тексте технологии использования направляющих звуковых сигналов устройств Exit Point. При использовании адресно-аналоговых СПС возможно включение устройств Exit Point на оптимальных путях эвакуации и т.д.

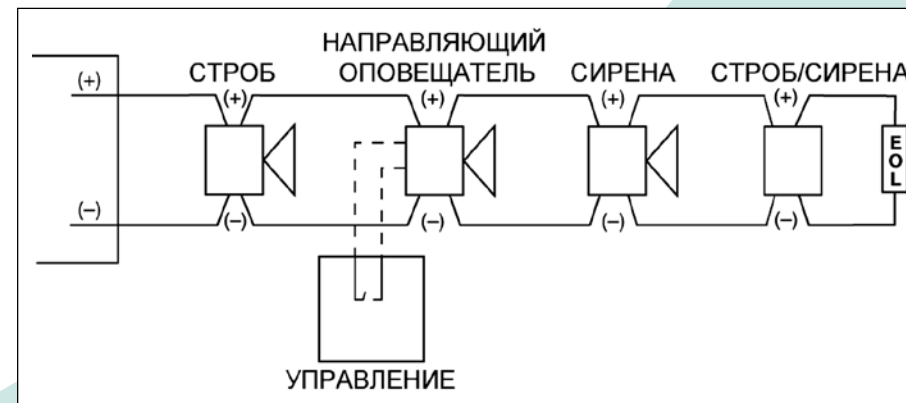


Рис. 7 Подключение звукового направляющего оповещателя к ПКП

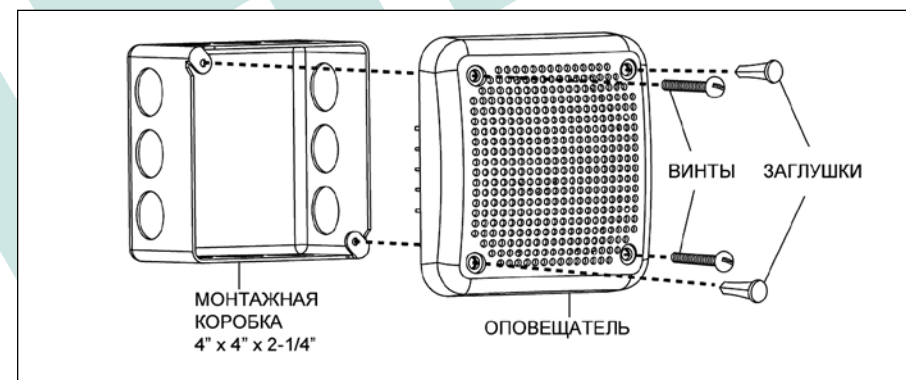


Рис. 8 Установка звукового направляющего оповещателя

Заключение

Звуковые оповещатели типа Exit Point обеспечивают значительное сокращение времени эвакуации в любых условиях. Они незаменимы при эвакуации в условиях задымления или в случае у людей проблем со зрением. Использование комбинации визуальных и звуковых средств Exit Point указывающих путь эвакуации позволяет достичь требуемого уровня безопасности на сложных объектах.