

УДК 614.842.4

## ИССЛЕДОВАНИЕ БЕСПРОВОДНЫХ СИСТЕМ ПОЖАРНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ НА ПРЕДМЕТ ПРОХОЖДЕНИЯ РАДИОСИГНАЛА В РАЗЛИЧНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЯХ И УСЛОВИЯХ РАДИОПОМЕХ

Д.Л. ЕСИПОВИЧ, С.Ю. ВОРОБЬЕВ

*Научно-исследовательский институт пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций  
Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь  
Солтыса, 183а, Минск, 220013, Беларусь*

*Поступила в редакцию 15 апреля 2010*

Рассматриваются радиоканальные системы пожарной сигнализации, прохождение радиосигнала через различные строительные конструкции и при воздействии радиопомех, преимущества радиоканальных систем пожарной сигнализации над проводными.

*Ключевые слова:* пожар, пожарная сигнализация, мониторинг, радиоканал.

### Введение

Беспроводные системы пожарной сигнализации применяются в организации пожарного мониторинга стационарных объектов. Данные системы отличаются быстротой развертывания, возможностью охвата больших площадей контролируемой территории и простотой их дальнейшего расширения благодаря использованию наращиваемой сети ретрансляторов.

Обеспечение надежной радиосвязи является основной проблемой, которую приходится решать при внедрении подобных систем.

В условиях современного мегаполиса создание и содержание надежной сети связи требует постоянных усилий на весь период ее эксплуатации.

Необходимость обратной связи с объектом, выбор частотного диапазона и определение количества необходимых рабочих частот, эффективное использование полученного частотного ресурса — все это, так или иначе, связано с экономической целесообразностью [1].

Немаловажным аспектом функционирования системы после ввода в эксплуатацию является ее техническое обслуживание. Оно является обязательным и регламентируется нормами пожарной безопасности [2].

Повышение эффективности беспроводных систем пожарной сигнализации достигается за счет работы в диалоговом режиме всех устройств системы, использования резервных каналов связи, постоянной самодиагностики устройств, входящих в систему, а также контролем качества радиосвязи между устройствами.

Учитывая вышеизложенное, можно сказать, что беспроводные системы пожарной сигнализации обеспечивают надежность в работе, аналогичную традиционным проводным системам. Как показывает практика, на сегодняшний день беспроводная пожарная сигнализация по стоимости сопоставима с проводной сигнализацией, а в некоторых случаях даже дешевле.

### Теоретический анализ

В последние годы возросло количество сетей, использующих беспроводную связь внутри помещений. При этом возникает ряд проблем, связанных с учетом препятствий на пути рас-

пространения сигналов, а также многолучевого распространения сигналов и большого количества переотражений.

Материал стен и массивных предметов обстановки оказывает влияние на распространение радиоволн. Стены и перекрытия из дерева, синтетических материалов, стекла оказывают небольшое влияние на распространение радиоволн; препятствия из кирпича, бетона — среднее; железобетона и стен с фольговыми утеплителями — высокое. Металлические стены и перекрытия существенно влияют на дальность, вплоть до полной невозможности связи. Неоднозначно влияние некапитальных гипсокартонных стен — от слабого до очень высокого в зависимости от конструкции решетки в ее основе — и в ряде случаев может колебаться при изменении влажности в помещении.

Строительные материалы ослабляют радиосигналы, т.е. они как бы разделяют ответственность за сокращение радиуса действия радиосистемы с другими предметами. В табл. 1 представлены значения ослабления радиосигнала для различных строительных материалов.

Таблица 1. Значения ослабления радиосигнала для различных строительных материалов

Материал	Ослабление, дБ
Дерево, гипс, непокрытое стекло, без металла	0...10
Жженный кирпич, плиты из прессшпана	5...35
Бетон с железной арматурой	10...90
Металл, кашированный алюминий	90...100

Интерференционный характер электромагнитного поля внутри помещений за счет многократных отражений от предметов выражен более резко, чем вне помещений. Проявляется это в осцилляции напряженности поля и изменении исходной плоскости поляризации волн. В большей части помещений можно столкнуться и с так называемыми "мертвыми зонами", в которых прием сигнала сильно затруднен. Такая ситуация возможна, даже если передатчик и приемник находятся в прямой видимости. Образование "мертвых зон" связано с противофазным сложением составляющих многолучевого сигнала. Но "абсолютно мертвые зоны" обычно локальны и могут быть устранены небольшим перемещением антенн приемника и/или передатчика. Это очень важно при планировании размещения устройств беспроводной связи в помещениях.

Есть и другие критерии, из-за которых радиус действия радиосистемы уменьшается:

- монтаж компонента радиосистемы на стенку из металла;
- полые стенки из легких материалов с изоляционной ватой на металлической фольге;
- междуэтажные перекрытия с панелями из металла или углеродными волокнами;

– свинцовое стекло или металлизированное стекло, предметы домашней обстановки из стали.

В результате исследований определены примерные характеристики ослабления радиосигнала при его прохождении сквозь различные строительные конструкции и разработаны рекомендации по максимальному расстоянию между передатчиком и приемником для различных условий прохождения радиосигнала (табл. 2).

Выбор системы по радиусу действия необходимо проводить с учетом того, что в технической документации эта характеристика приведена для случая распространения радиоволн в открытом пространстве и в отсутствии помех [3].

Основными источниками электромагнитных помех (ЭМП) являются: грозовые разряды, радиоэлектронные средства (мощные радиопередающие средства и радиолокационные станции), высоковольтные линии электропередачи, контактная сеть железных дорог, а также высоковольтные установки для научных исследований и технологических целей [4].

Одним из основных фундаментальных требований технических нормативных правовых актов в области противопожарной защиты является обязательное применение на целом ряде объектов систем автоматического оповещения аварийно-спасательных подразделений МЧС. Такие системы без задержек будут сообщать в пожарную службу о возникновении пожара. Это позволит профессионалам как можно скорее приступить к эвакуации людей и тушению пожара.

Таблица 2. Рекомендации по максимальному расстоянию между передатчиком и приемником для различных условий прохождения радиосигнала,  $R$

Место расположения элементов системы	$R$ , м, не более
Радиус действия в открытом пространстве при отсутствии электромагнитных помех	200
В помещениях в пределах прямой видимости	100
Между помещениями, коридором и помещениями, перегородки которых деревянные или гипсокартонные	70
Между помещениями, коридором и помещениями, стены и перегородки которых выполнены из кирпича, гипса, оштукатуренные, толщиной не более 250 мм, либо слоистые с металлическими обшивками	40*
Между помещениями, коридором и помещениями, стены, перегородки и перекрытия которых выполнены из кирпича, гипса, оштукатуренные, толщиной более 250 мм, либо железобетонные	25*
Отдельно стоящие ларьки, павильоны, ангары из легких металлических конструкций (радиоизвещатели устанавливаются внутри помещений, радиоприемные устройства у оконных проемов со стороны защищаемого объекта)	50

\* – рекомендуется устанавливать радиоизвещатели не более чем за двумя стенами или перекрытиями от радиоприемного устройства (радиорасширителя).

**Примечание:** при наличии сложной геометрии защищаемых помещений, строительных конструкций, а также сильных электромагнитных помех возможность надежного функционирования радиоканальной системы необходимо проверять экспериментально.

Очевидно, что требования к надежности (в том числе помехоустойчивости) объектов систем пожарной сигнализации должны быть значительно повышены. В ряде случаев ложные тревоги регистрируются не из-за отказа оборудования, а из-за недостаточной его устойчивости к электромагнитным помехам (от ламп дневного света, перепадов напряжения в электросети и т.д.).

Определение помехоустойчивости системы пожарной сигнализации можно сформулировать как способность системы функционировать в реальных условиях эксплуатации с требуемым качеством при воздействии на систему непреднамеренных электромагнитных помех. Таким образом, в качестве ЭМП может фигурировать практически любое электромагнитное явление в широчайшем диапазоне частот, амплитуд и длительности.

Таблица 3. Параметры и значения электромагнитных помех, влияющих на работу пожарной сигнализации

Параметр ЭМП	Значения
Частота	0–10 000 МГц
Максимальное значение напряжения	10 мкВ – 1 000 000 В
Максимальное значение тока	0,001 мкА – 100 000 А
Напряженность электрического поля	0–100 000 В/м
Длительность импульса	0,01 мкс – 10 с
Энергия импульса	0,001 мкДж – 1000 Мдж

Следует учитывать и то, что в реальных условиях на месте расположения компонентов систем пожарной сигнализации предсказать заранее, какой будет помеховая обстановка на объекте, практически невозможно.

Особенно опасны те составляющие спектра помехи, которые лежат в одной полосе частот с истинными сигналами. Обычно такие составляющие беспрепятственно пропускаются входными фильтрами и далее обрабатываются так же, как если бы они были полезными сигналами.

Сравнительно низкочастотные составляющие спектра помехи, лежащие вне рабочей полосы частот, обычно воздействуют на ближайшие к входам схемные элементы. В технической защищенной аппаратуре ими оказываются фильтры и специальные устройства ограничения перенапряжений (разрядники, варисторы и т.п.). В этом случае основной угрозой является возможность физического повреждения этих элементов.

Высокочастотные составляющие спектра помехи вне рабочей полосы частот отличаются способностью проникать через защитные устройства благодаря наличию паразитных индуктивных и емкостных связей аппаратуры. Особенно опасно воздействие данных помех на элементы внутренних цифровых схем аппаратуры[5].

Помехоустойчивость, по мнению целого ряда специалистов в области радиоканальных пожарных систем, определяется следующим:

- количеством частотных диапазонов, в которых может работать радиосистема;
- количеством частотных каналов в каждом диапазоне;
- возможностью автоматического выбора резервных каналов;
- наличием автоматической регулировки мощности излучения.

В соответствии с европейской классификацией риска технически подготовленного воздействия на компоненты сигнализации различают три класса пожарных проводных и беспроводных систем:

- класс А: низкая степень риска — объекты частного пользования (загородные дома, квартиры);
- класс В: средняя степень риска — объекты общественного пользования (магазины, учебные заведения);
- класс С: высокая степень риска — объекты государственной важности (музеи, исторические памятники).

Типичной ситуацией является пропадание связи с объектом, находящемся под мониторингом беспроводной системы пожарной сигнализации. Как правило, причиной является не преднамеренное саботирование работы системы, а работа других приборов и радиоустройств на выбранном при установке системы канале связи. Напомним, что частоты 433 и 868 МГц не требуют специального разрешения для использования, и их эксплуатируют не только пожарные радиосистемы, но и бытовые устройства: переносные радиостанции, игрушки, шлагбаумы и т.д. В зависимости от класса радиосистемы должны по-разному реагировать на воздействие:

- пожарные радиоканальные системы класса А обеспечивают индикацию о временной потере связи с радиокомпонентом системы;
- системы классов В и С: радиосистема обязана максимально использовать все возможные способы доставки сигнала и только после этого передать сигнал "Взлом". Например, извещатель, не получив ответ от приемно-контрольного прибора после передачи тестового сигнала (что возможно только в системе с двусторонним протоколом), немедленно меняет частотный канал, мощность излучения, периодичность выхода в эфир и т. д. Если связь не может быть восстановлена даже после всех упомянутых действий, то в данном случае имеет место преднамеренное саботирование работы системы [6].

### **Результаты и их обсуждение**

Важными параметрами по обеспечению устойчивой радиосвязи между компонентами беспроводных систем пожарной сигнализации являются максимальная дальность между ними и наличие преград, ослабляющих электромагнитные волны. Большое расстояние и наличие упомянутых преград требуют для осуществления устойчивой радиосвязи значительной мощности передающих устройств и повышенной чувствительности приемников сигнала. В случае превышения регламентируемого нормативными документами значения мощности передающих устройств системы необходимо получение разрешения от организаций, осуществляющих надзор за электромагнитной обстановкой в регионе. Повышение чувствительности приемного оборудования так или иначе снижает его помехозащищенность. Перечисленные ограничения оказывают непосредственное влияние на максимальные расстояния между компонентами и надежность беспроводных систем пожарной сигнализации.

Перед монтажом радиоканальной системы на объекте важно, чтобы предварительная отладка и полная проверка работоспособности были выполнены в лабораторных условиях. Эти мероприятия существенно помогут сократить время работ на объекте.

От правильности размещения радиокомпонентов системы значительно зависит качество получаемого сигнала от извещателей.

При расстановке компонентов радиосистемы в пределах одного здания целесообразно учитывать следующие рекомендации:

- удаленность компонентов от силовых (220 В) и высокочастотных (ВЧ) коммуникаций (телевизионные кабели, ВЧ-кабели и антенны радиосистем передачи извещений) должна быть не менее 0,7 м (длина волны);
- установка производится на высоте не менее 2 м;
- удаленность компонентов от металлических и железобетонных конструкций должна быть не менее 0,7 м (длина волны);
- удаленность компонентов от вычислительной техники и мощных бытовых приборов – не менее 2-3 м (так как, например, видеокарты компьютеров излучают очень мощные помехи в рабочем диапазоне частот);
- размещение компонентов в металлических боксах или электрощитах, в закрытых элементах интерьера, включающих зеркала, другие экранирующие элементы, в конструктивных углублениях, нишах объекта запрещено.

При размещении радиокomпонентов внутриобъектовой радиоканальной системы пожарной сигнализации в нескольких зданиях, расположенных на значительном расстоянии друг от друга, необходимо принимать во внимание то, что дальность действия большинства радиоизвещателей в условиях прямой видимости может достигать 200 м. Наличие стен и ограждений может значительно уменьшать дальность действия системы в зависимости от материала и толщины ограждений. На дальность работы системы влияет такая характеристика материалов ограждающих конструкций, как влажность, связанная с погодными условиями.

Рекомендуется размещать радиопередающие устройства и извещатели системы в одном здании.

### **Заключение**

Беспроводные системы пожарной сигнализации являются весьма перспективными и по многим параметрам превосходят проводные. В то же время следует понимать, что требования к функционированию радиоканальных систем не могут быть ниже требований к проводным системам. В этом аспекте можно отметить следующие основные направления:

- все устройства радиоканальных систем должны быть укомплектованы надежными источниками основного и резервного питания, при этом информация об отказе каждого источника питания должна передаваться на приемно-контрольное оборудование;
- для устойчивой радиосвязи между компонентами системы на объекте ее применения должны отсутствовать источники мощного электромагнитного излучения, работающие в том же частотном диапазоне, что и сама система, а также экранирующие преграды;
- электромагнитное излучение, создаваемое компонентами системы, не должно оказывать отрицательного воздействия на иные технические средства, функционирующие на территории защищаемого объекта;
- алгоритм взаимодействия приемно-контрольного оборудования с периферийными устройствами системы должен обеспечивать автоматический контроль наличия взаимной радиосвязи, а периферийные устройства должны быть снабжены функциями самоконтроля с возможностью передачи информации о своей неисправности или некорректной работе на приемно-контрольное оборудование;
- тревожный сигнал, поступающий от периферийных устройств, должен иметь приоритет над другими сигналами, формируемыми компонентами системы.

При установке и монтаже беспроводных систем пожарной сигнализации в обязательном порядке следует проанализировать электромагнитную обстановку на данных объектах с точки зрения принципиальной возможности применения радиоканальных систем. В этом отношении, как отмечалось выше, следует уделить внимание двум моментам: отсутствию электромагнитного поля, создаваемого сторонними техническими средствами, на частоте работы системы сигнализации и отсутствию влияния сигналов компонентов системы на иные технические средства.

# STUDY RADIO CHANNEL FIRE ALARM SYSTEMS AT PASS THE SUBJECT RADIO SIGNAL IN VARIOUS CONSTRUCTION RADIO AND CONDITIONS

D.L. ESIPOVICH, S.U. VOROBYOV

## Abstract

The radio channel fire alarm systems, passing the signal through a variety of constructions and under the influence of interference, the benefits of radio channel fire alarm systems on the wired are considered.

## Литература

1. *Дробышев В.* // Алгоритм безопасности. 2008. № 6. С. 34–37.
2. Нормы пожарной безопасности Республики Беларусь 15-2007 "Область применения автоматических систем пожарной сигнализации и установок пожаротушения".
3. *Соловьев А.А.* // Грани безопасности. 2006. № 5. С. 40–44.
4. *Кравченко В.И. и др.* Радиозлектронные средства и мощные электромагнитные помехи. М., 1987.
5. *Макаров С.Б.* // Системы безопасности. 2009. № 2. С. 170–172.
6. *Здор В.* // Пожарная безопасность, 2009. № 2. С. 17–18.