

КОЛОНКА РЕДАКТОРА

Радиоканал:
двигаться дальше!

В нашем "доме беспроводных технологий" становится все теснее: соседи 433 и 868 МГц, дальний родственник 2,4 ГГц, любители с Востока и профессионалы из Европы и России, охранники и пожарные, глухие с немыми (одно-

сторонние) и мудрые (двухсторонние)... Ярчайший калейдоскоп технологий, реализаций и применений! Радио и время. Динамика развития радиоканала в области безопасности во многом повторяет путь развития мобильных телефонов. За неполные 10 лет громоздкие аппараты, которые помещались лишь в автомобиль, превратились в гаджеты весом с пушинку. В нашей с вами области: любительские системки с приспособленным радиоканалом выросли в комплексные системы безопасности. Радио и провод. Тысячи и тысячи объектов (в том числе площадью более 5 тыс. кв. м) в России оборудованы беспроводными системами сигнализации. Какие выводы можно сделать по результатам внедрения?

1. Радиоканал более живуч, чем провод.
2. Радиоканал более устойчив к электромагнитному воздействию, чем провод.
3. Радиоканал не дороже провода.

Радиоканал и радиоканал. Требования российских (прежде всего ГОСТ Р 53325 - 2009) и европейских (EN-54 ч. 25) стандартов, многочисленные сравнительные испытания показывают, что один радиоканал от другого очень сильно отличается. Несколько ремарок:

1. Запрещено применение односторонних систем пожарной сигнализации.
2. Чем выше частота, тем меньше рабочая дальность системы.

Радиоканал и новые области применения. От беспроводных систем охранной сигнализации к беспроводным системам адресно-аналоговой пожарной сигнализации, от систем речевого и звукового оповещения к системам индивидуального оповещения (носимые браслеты). Время двигаться дальше? Может ли быть СКУД без проводов? И какие связи сделать беспроводными? Магистральные? Линии питания? "Последнюю милю" до считывателя?

Статья, посвященная беспроводным системам пожаротушения (жСБ №4/2010), схлестнула в споре немалое количество профессионалов. Направляйте ваши мнения о возможности применения радиоканала в различных областях на ml@argus-spectr.ru.

М.С. Левчук

Редактор рубрики
"Беспроводные технологии"

Оценка пригодности радиолиний вне помещений

Подавляющее большинство беспроводных систем охранно-пожарной сигнализации, а также радиоканальных систем передачи извещений работает в дециметровом и реже в метровом диапазоне ультракоротких волн. Существуют различные методики оценки пригодности радиолиний – от простых, но с большой погрешностью, до комплексных, требующих колоссальных временных затрат. В данной статье представлена оптимальная с точки зрения простоты и точности расчетов методика оценки качества радиосвязи вне помещений



М.С. Елкин

Специалист отдела технической поддержки
компании "Аргус-Спектр"

Выполнение проектных работ при использовании радиоканальных систем передачи извещений (РСПИ) без оценки энергетического запаса радиоинтервалов практически невозможно. Но простых и доступных методик оценки пригодности радиолинии немного, и они мало известны.

О непостоянстве уровня сигнала в приемном устройстве известно всем. Рассмотрим, чем оно определяется и на что влияет.

Временные изменения уровня принимаемого сигнала называются замираниями. Условно их можно разделить на быстрые и медленные. Быстрые замирания сигнала – временные изменения уровня принимаемого сигнала, связанные с интерференцией прямой и отраженной волны от поверхности Земли, неоднородностей атмосферы или других предметов. Медленные замирания определяются в основном дневными и

сезонными ослаблениями радиосигнала, а также наличием перемещающихся на местности предметов.

Поскольку надежность работы радиолинии в первую очередь определяется именно энергетическим запасом на быстрые и медленные замирания, то при расчете радиолинии обязательно должен быть предусмотрен резерв на компенсацию этих замираний. Для определения энергетического резерва необходимо знать энергетический потенциал устройств и условия распространения сигнала.

Энергетический потенциал устройств

Энергетический потенциал устройств определяется мощностью передающего устройства, чувствительностью приемного устройства, параметрами антенно-фидерных трактов (АФТ) и выражается в относительных единицах дБм.

$$P_3 = P_{\text{прд}} + P_{\text{прм}} + G_{\text{прд}} + G_{\text{прм}}, \quad (1)$$

где P_3 – энергетический потенциал, дБм, $P_{\text{прд}}$ – мощность передатчика, дБм, $P_{\text{прм}}$ – чувствительность приемника, дБм, $G_{\text{прд}}$, $G_{\text{прм}}$ – коэффициенты усиления передающего и приемного АФТ, дБ.

Прямая видимость на радиолинии между устройствами

Пример интервала радиолинии в прямой видимости представлен на рис. 1.

Ориентировочно, с учетом рефракции радиоволн в данном диапазоне, дальность прямой

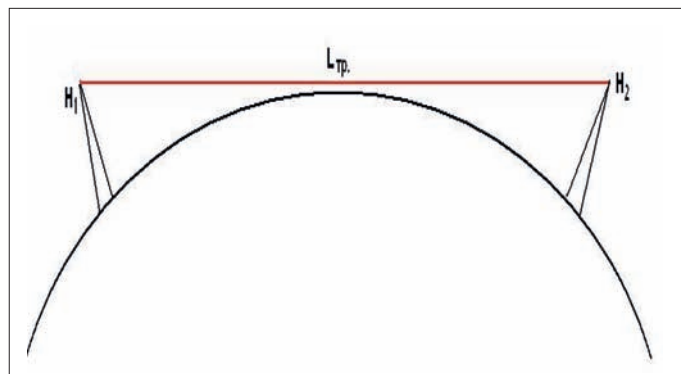


Рис. 1. Прямая видимость на радиолинии

видимости в километрах ($L_{тр}$) определяется как:

$$L_{тр} = 4,12 \times (\sqrt{H_1} + \sqrt{H_2}), \quad (2)$$

где H_1 и H_2 – в метрах.

Но наличие прямой видимости между радиоприемными устройствами не может являться критерием обеспечения надежной связи. Более того, опыт радиосвязи в диапазоне ультракоротких волн показывает, что и при отсутствии прямой видимости радиосигнал может быть работоспособным. Для этого и существуют методики оценки пригодности радиосигналов, учитывающие воздействие рельефа на ее работоспособность. Ослабление сигнала на радиосигналах вне помещений в основном определяется суммой ослабления сигнала в свободном пространстве и ослабления сигнала за счет препятствий.

Ослабление сигнала в свободном пространстве

Ослабление сигнала в свободном пространстве (V_0) зависит от расстояния между радиоприемными устройствами и может быть определено как:

$$V_0 \text{ (дБ)} = 33 + 20 \lg L_{тр} \text{ (км)} + 20 \lg F \text{ (МГц)}. \quad (3)$$

Для сигналов с частотами 150, 433, 868 и 2400 МГц ослабление сигнала в свободном пространстве в дБ можно определить следующим образом:

$$V_0(150) = 76,5 + 20 \lg L_{тр} \text{ (км)},$$

$$V_0(433) = 85 + 20 \lg L_{тр} \text{ (км)},$$

$$V_0(868) = 91 + 20 \lg L_{тр} \text{ (км)},$$

$$V_0(2400) = 100,6 + 20 \lg L_{тр} \text{ (км)}.$$

На рис. 2 приведена зависимость ослабления сигнала в свободном пространстве от расстояния между радиоприемными устройствами для диапазонов частот 150, 433, 868 и 2400 МГц.

Ослабление сигнала за счет препятствий. Зоны Френеля

Для объяснения явления огибания радиоволнами различных препятствий, их проникновения в области тени и полутени используется принцип Гюйгенса – Френеля. В соответствии с моделью Френеля область распространения радиоволн между передающим и приемным устройствами ограничивается эллипсоидом вращения вокруг линии, их соединяющей. Этот эллипсоид многослойный и может включать в себя бесконечно много зон.

Ближайшая к линии, соединяющей передатчик с приемником, зона называется первой зоной Френеля. На рис. 3 представлено продольное сечение первой зоны Френеля.

Принято считать, что существенной при распространении радиоволн является первая зона Френеля (примерно половина пе-

редаваемой энергии). Без учета потерь сигнала в данной зоне расчет радиосигнала невозможен.

Для любой точки радиосигнала радиус первой зоны Френеля (R_0) можно найти по формуле:

$$R_0 = (\lambda (L_{тр} - r_{тек}) r_{тек} / L_{тр})^{1/2}, \quad (4)$$

где λ – длина волны (м), $L_{тр}$ – расстояние между передатчиком и приемником (м), $r_{тек}$ – удаление от источника сигнала (м).

Наибольший радиус для первой зоны Френеля определяется по формуле:

$$R_n = 0,5 (\lambda L_{тр})^{1/2}. \quad (5)$$

Если бы сигнал не встречал препятствий во всей первой зоне Френеля, можно было бы ограничиться только учетом ослабления сигнала в свободном пространстве. Но такое бывает очень редко. В зависимости от наличия преград радиосигналы делятся на открытые, полуоткрытые и закрытые.

На рис. 4 изображено 2 типа препятствия. Если в первой зоне Френеля имеется препятствие, не пересекающее линию прямой видимости ($h_{преп.1}$), то такой радиосигнал называется полуоткрытым, в противном случае ($h_{преп.2}$) – закрытым. Причем нужно учитывать перекрытие зоны Френеля как в вертикальной (рис. 4), так и в горизонтальной плоскости.

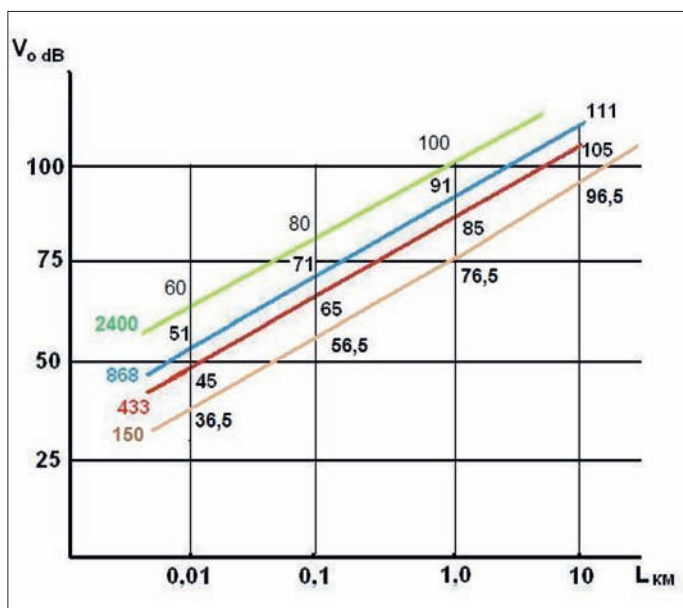


Рис. 2. Зависимость ослабления сигнала в свободном пространстве от расстояния между радиоприемными устройствами для различных диапазонов частот

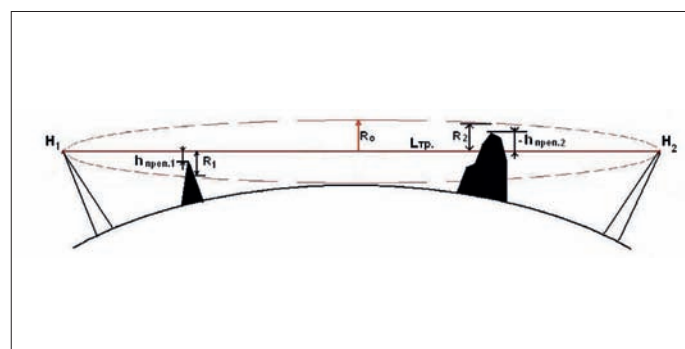


Рис. 4. Определение значений просвета $h_{преп.1}$, $h_{преп.2}$ – расстояние от высшей точки препятствия до линии прямой видимости (м)

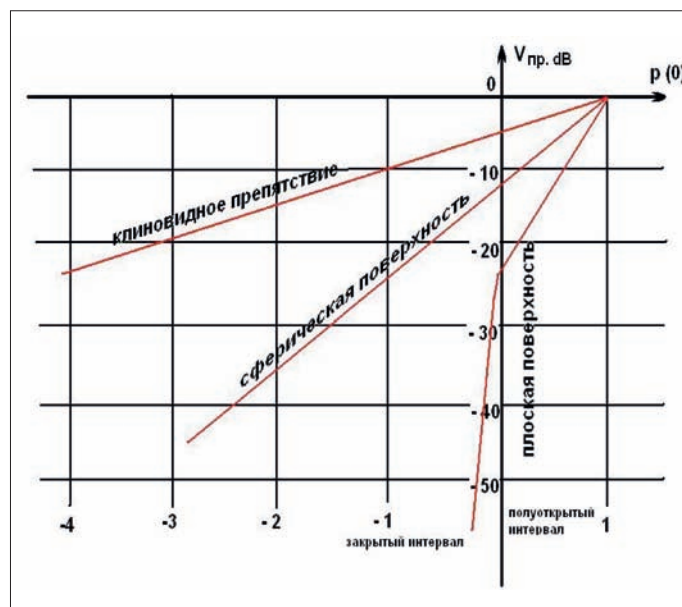


Рис. 5. Зависимость ослабления сигнала от относительного просвета и формы препятствия

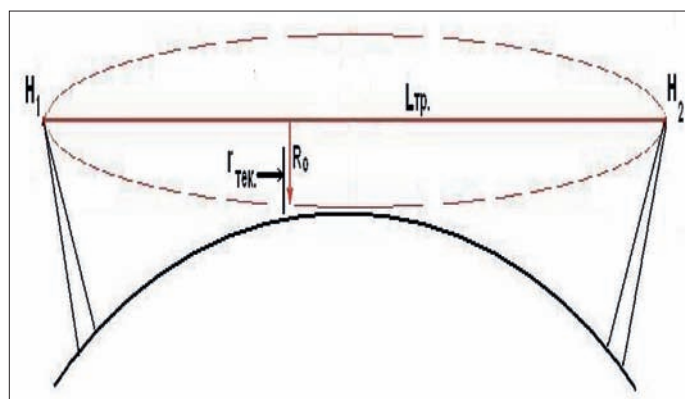


Рис. 3. Определение зоны Френеля

Отношение значения просвета $h_{\text{преп.1}}$ или $h_{\text{преп.2}}$ к радиусу зоны Френеля R_1 или R_2 называется относительным просветом:

$$p_{(0)} = h_{\text{преп.}} / R_i \quad (6)$$

Для полуоткрытого интервала $p_{(0)}$ имеет положительное значение, для закрытого – отрицательное. При совпадении наивысшей точки препятствия с линией прямой видимости $p_{(0)} = 0$.

В соответствии со значением $p_{(0)}$ и характером профиля препятствия можно по диаграмме (рис. 5) получить ослабление сигнала, вызванного наличием одиночного препятствия. При наличии двух и более препятствий в случае их близкого расположения они заменяются одним эквивалентным. Если расстояние между препятствиями превышает сумму длин самих препятствий, то ослабление сигнала считается раздельно для каждого из них.

Как видно из диаграммы, наибольшее ослабление вносит препятствие с плоской или гладкой сферической поверхностью. Закрытие плоским рельефом нижней части зоны Френеля более чем на 75% ведет к ослаблению сигнала более чем на 15–20 дБ.

При дальности радиолинии более 5 км необходимо дополнительно как препятствие учитывать кривизну Земли:

$$H_{\text{макс}} = 1,96 \cdot 10^{-2} \cdot L_{\text{тр}}^2 \quad (7),$$

где $H_{\text{макс}}$ – максимальная высота препятствия, создаваемая за счет кривизны Земли (м), $L_{\text{тр}}$ – расстояние между передатчиком и приемником (км).

Значения высоты препятствия, создаваемого за счет кривизны Земли, для относительных расстояний $\Gamma_{\text{тек}} / L_{\text{тр}}$ приведены в таблице.

Примеры оценки пригодности радиолиний вне помещений

Далее приводятся два характерных примера оценки пригодности радиолиний для одних из наиболее популярных систем: радиосистемы ОПС и радиоканальной системы передачи извещений.

Радиолиния между двумя радиорасширителями беспроводной системы ОПС

Расстояние между РРОПами – 600 м.
Рабочая частота сигнала – 433 (868) МГц.
Мощность передатчика – 10 мВт.
Чувствительность приемника – 107 дБм.
Высота установки устройств – 5 м.

1. Переведем мощность передающего устройства в дБ по отношению к мощности 1 мВт:
 $P_{\text{прд}} (\text{дБм}) = 10 \lg (P_{\text{прд}} (\text{мВт})) = 10 \text{ дБм}$.
2. Энергетический запас радиолинии:
 $P_{\Sigma} = P_{\text{прд}} + P_{\text{прм}} + G_{\text{прд}} + G_{\text{прм}} = 117 \text{ дБм}$ (коэффициенты АФТ = 0, так как используются штатные антенны).
3. Определяем ослабление сигнала в свободном пространстве по формуле (3) – 80 дБ.
4. Максимальный радиус зоны Френеля R по формуле (5) – 10,2 м, а просвет между линией прямой видимости и земной поверхностью = 5 м (высота установки антенн). Следовательно, относительный просвет $p_{(0)} = 5/10,2 = 0,49$.
5. По рис. 5 определяем ослабление за счет рельефа (плоская поверхность): 14 дБ.

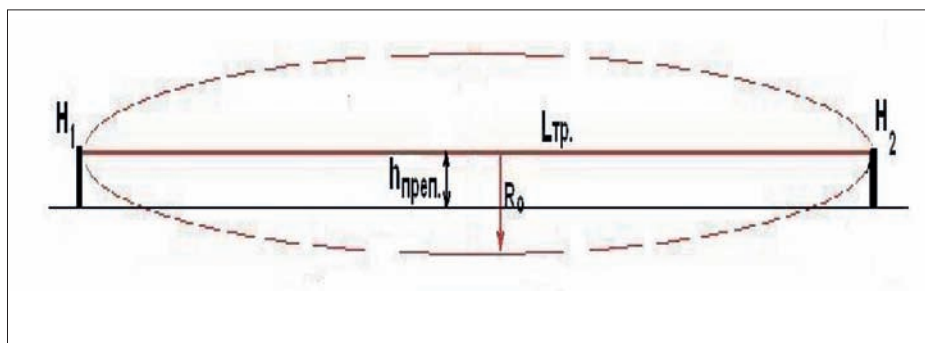


Рис. 6. Определение значения просвета для примеров 1 и 2

Значения высоты препятствия, создаваемого за счет кривизны Земли

$L_{\text{тр}}$	Относительное расстояние на радиоинтервале $\Gamma_{\text{тек}} / L_{\text{тр}}$								
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
5 км	0,02 м	0,08 м	0,18 м	0,31 м	0,5 м	0,31 м	0,18 м	0,08 м	0,02 м
10 км	0,7 м	1,3 м	1,7 м	1,9 м	2 м	1,9 м	1,7 м	1,3 м	0,7 м
15 км	1,5 м	2,7 м	3,6 м	4 м	4,25 м	4 м	3,6 м	2,7 м	1,5 м

6. Суммарное ослабление сигнала на радиолинии = 94 дБ.

7. Энергетический запас радиоинтервала $117 - 94 = 23 \text{ дБм}$, что достаточно для нормальной работы радиолинии.

Проведя аналогичный расчет для частоты 868 МГц, получим суммарное ослабление 94,5 дБ, при этом энергетический запас составит 22,5 дБ.

Радиолиния на базе РСПИ

Расстояние между устройствами – 15 000 м.
Рабочая частота сигнала – 150 МГц.
Мощность передатчика – 5 Вт.
Чувствительность приемника – 109 дБм.

Высота установки антенн – 5 м.

Коэффициенты усиления АФТ – 3 дБ.

1. Переведем мощность передатчика в дБ по отношению к мощности 1 мВт:
 $P_{\text{прд}} (\text{дБм}) = 10 \lg (P_{\text{прд}} (\text{мВт})) = 37 \text{ дБм}$
2. Энергетический запас радиолинии:
 $P_{\Sigma} = P_{\text{прд}} + P_{\text{прм}} + G_{\text{прд}} + G_{\text{прм}} = 37 + 109 + 3 + 3 = 152 \text{ дБм}$.
3. Определяем ослабление сигнала в свободном пространстве по формуле (3) – 100 дБ.
4. Максимальный радиус зоны Френеля по формуле (5) = 86,5 м. По формуле (7) найдем высоту препятствия, создаваемого за счет кривизны Земли, получим 4,4 м. Просвет между земной поверхностью и линией прямой видимости – 0,6 м. Относительный просвет $p_{(0)} = 0,6/86,5 = 0,007$.
5. По рис. 5 определяем ослабление сигнала за счет рельефа (плоская поверхность) – 23 дБ.
6. Суммарное ослабление сигнала – 123 дБ.
7. Энергетический запас = $152 - 123 = 29 \text{ дБм}$, что вполне достаточно для стабильной работы радиолинии.

Анализ полученных результатов

Для надежного функционирования радиолинии энергетический запас на быстрые и медленные замирания сигнала должен составлять 20–30 дБ. В реальных условиях такой запас энергетики обеспечить удастся не всегда. В этом случае потребуется изменить взаимное расположение радиоустройств или применить допол-

нительные меры по повышению потенциала радиолинии.

Существует несколько способов повышения надежности передачи радиосигналов:

1. Разнесенный радиоприем может быть реализован путем пространственного, поляризационного и частотного разнесения сигналов.

Пространственное разнесение – использование как на передачу, так и на прием нескольких антенн, разнесенных на расстояние между собой более чем на 10λ .

Поляризационное разнесение – использование антенн для передачи и приема сигналов как с вертикальной, так и с горизонтальной поляризацией.

Метод частотного разнесения основан на излучении одного и того же сигнала на разных частотах.

2. Многократная передача сигнала, в том числе с подтверждением: данный метод заключается в многократной передаче одной и той же информации через определенный промежуток времени. В системах с двухсторонним обменом этот повтор может производиться до получения приемником корректных данных, о чем передающую сторону уведомляет подтверждение (квитирование).

3. Кроме того, несколько приемопередатчиков могут образовывать пространственно разнесенную сеть, что дает возможность осуществить доставку сигналов несколькими маршрутами.

Выводы

Для обеспечения надежной связи между устройствами необходимо еще на этапе проектирования произвести расчет энергетического запаса конкретной радиолинии. В статье представлена методика и примеры подобных расчетов с указанием критичных значений энергетического потенциала. Все вычисления должны производиться исходя из конкретных параметров устройств радиосистем и возможностей использования методов компенсации быстрых и медленных замираний.

Ваше мнение и вопросы по статье направляйте на

ss@groteck.ru