

## РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R SM.1755-0\*

**Характеристики сверхширокополосной технологии**

(2006)

**Сфера применения**

Информация по техническим и эксплуатационным характеристикам СШП устройств необходима для изучения влияния этих устройств на другие радиослужбы. В настоящей Рекомендации приводится список терминов и определений, а также общие характеристики СШП технологии.

**Ключевые слова**

Сверхширокополосный, малый радиус действия, модуляция, радиослужбы.

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

*учитывая,*

- a) что преднамеренные передачи от устройств, использующих сверхширокополосную (СШП) технологию, могут распространяться на очень широкий диапазон частот;
- b) что устройства, использующие технологию СШП, разрабатываются таким образом, что их передачи простираются на полосы, распределенные многочисленным службам радиосвязи;
- c) что устройства, использующие технологию СШП, могут, следовательно, одновременно воздействовать на многие системы, работающие в различных службах радиосвязи, включая те, что используются в целом ряде стран;
- d) что технология СШП может быть включена во многие применения, такие как связь малого радиуса действия внутри и вне помещений, формирование радиолокационных изображений, формирование изображений медицинского характера, отслеживание ресурсов, наблюдение, автомобильные радиолокаторы и интеллектуальные транспортные системы;
- e) что может быть трудно отличить передачи СШП от излучений или непреднамеренных радиаций оборудования других технологий, к которым могут применяться другие пределы;
- f) что применения, в которых используется технология СШП, могут быть полезными в таких областях, как обеспечение общественной безопасности, строительство, осуществление инженерно-технических работ, наука, медицина, быт, информационные технологии, мультимедиа, развлекательные мероприятия и транспорт;
- g) что плотность размещения устройств, использующих технологию СШП для некоторых применений, может оказаться чрезвычайно высокой там, где уже развернуты или будут развернуты станции различных служб радиосвязи;
- h) что потребности в спектре и эксплуатационные ограничения для устройств, использующих технологию СШП, могут меняться в соответствии с их применением;
- j) что устройства, использующие технологию СШП, как правило, работают без защиты от помех и не создавая помех;
- k) что информация по техническим и эксплуатационным характеристикам устройств, использующих применения и технологии СШП, необходима для изучения влияния устройств СШП на другие службы радиосвязи; и

---

\* В 2018 и 2019 годах 1-я Исследовательская комиссия по радиосвязи внесла поправки редакционного характера в настоящую Рекомендацию в соответствии с Резолюцией МСЭ-R 1.

1) что необходима информация о терминах и определениях, связанных с технологией СШП и устройствами, использующими технологию СШП,

*рекомендует,*

1 чтобы термины, определения и сокращения, содержащиеся в Приложении 1, использовались при описании технологии СШП и устройств, использующих технологию СШП;

2 чтобы для описания технологии СШП использовались общие характеристики, содержащиеся в Приложении 2;

3 чтобы технические и эксплуатационные характеристики, содержащиеся в Приложении 3, рассматривались в ходе исследований, связанных с влиянием устройств, использующих технологию СШП (тех устройств, которые в настоящее время не признаны работающими в рамках распределений для служб радиосвязи) на системы радиосвязи;

4 чтобы следующие Примечания рассматривались как часть настоящей Рекомендации.

**ПРИМЕЧАНИЕ 1.** – Администрации, разрешающие или лицензирующие применение устройств, использующих технологию СШП, должны гарантировать, в соответствии с положениями Регламента радиосвязи, что эти устройства, не будут создавать помехи и не будут требовать защиты от служб радиосвязи других администраций или накладывать ограничения на места их размещения, как определено в Регламенте радиосвязи, и действующих в соответствии с Регламентом.

**ПРИМЕЧАНИЕ 2.** – После получения сообщения о помехах работе служб радиосвязи, указанных в Приложении 1 выше, от устройств, использующих СШП технологию, администрациям следует предпринять немедленные действия с целью устранения таких помех.

## Приложение 1

### Термины, определения и сокращения для сверхширокополосных технологий

#### 1 Термины и определения для сверхширокополосных технологий

При описании сверхширокополосных (СШП) технологий и устройств, следующие термины имеют приведенные ниже определения:

*Сверхширокополосная технология:* технология для радиосвязи малого радиуса действия, предусматривающая намеренное создание и передачу радиочастотной энергии, которая распространяется на очень широкий диапазон частот, который может охватывать несколько полос, распределенных службам радиосвязи. Устройства, использующие технологию СШП, как правило, создают преднамеренные излучения от антенны либо с шириной полосы по уровню  $-10$  дБ, как минимум, 500 МГц или с относительной шириной полосы по уровню  $-10$  дБ более  $0,2^1$ .

*Передача СШП:* излучение, созданное с использованием технологии СШП.

<sup>1</sup> Ширина полосы по уровню  $-10$  дБ  $B_{-10}$  и относительная ширина полосы по уровню  $-10$  дБ  $\mu_{-10}$  вычисляются следующим образом:

$$B_{-10} = f_H - f_L$$

$$\mu_{-10} = B_{-10}/f_C,$$

где:

$f_H$ : наивысшая частота, на которой спектральная плотность мощности передачи СШП составляет  $-10$  дБ относительно  $f_M$ ,

где:

$f_M$ : частота максимальной передачи СШП

$f_L$ : наименьшая частота, на которой спектральная плотность мощности передачи СШП составляет  $-10$  дБ относительно  $f_M$ ,

$f_C = (f_H + f_L)/2$ : центральная частота полосы по уровню  $-10$  дБ.

Относительная ширина полосы может быть выражена в процентах.

*Коэффициент активности:* процент времени, в течение которого длится передача устройства, использующего СШП технологии<sup>2</sup>.

*Импульс:* всплеск энергии одного направления, который часто используется для проверки фильтра СШП с ограниченной полосой пропускания, выходной сигнал которого при излучении является импульсным сигналом СШП.

*Импульсный сигнал:* излученный короткий переходный сигнал СШП, продолжительность которого, номинально, обратна ширине его полосы по уровню –10 дБ.

*Устройство формирования радиолокационных изображений:* устройство, используемое для получения изображений объектов, доступ к которым невозможен. Имеются в виду устройства для обнаружения объектов, расположенных в стенах или за стенами, радиолокаторы подземного зондирования, устройства для формирования медицинских изображений, изображений для строительных работ и ремонта жилья, устройства для горнодобывающей промышленности и для наблюдения.

*Радиолокационное устройство подземного зондирования (GPR):* устройство формирования радиолокационных изображений, которое работает, как правило, в контакте с земной поверхностью или в непосредственной близости от нее, с целью обнаружения или получения изображения приповерхностных структур. Хотя такое устройство используется, главным образом, для исследования подземных структур, термин "земная поверхность" можно рассматривать шире для обозначения любого поглощающего диэлектрического материала.

*Устройство формирования радиолокационных изображений в стенах:* датчик, разработанный для исследования и изображения пространства внутри стен. Стена, как правило, сделана из бетона или аналогичного монолитного непроницаемого материала, который поглощает большую часть попадающей в него энергии радиосигнала. Обычные области применения включают в себя железобетонные стены зданий, несущие стены, обшивку туннелей, стенки угольных шахт, боковые стены моста или иные физические структуры, которые являются достаточно плотными и толстыми для того, чтобы рассеять и поглотить большую часть сигнала, передаваемого устройством формирования изображений.

*Устройство формирования радиолокационных изображений за стенами:* датчик, используемый для передачи энергии сквозь непрозрачные структуры, такие как стена или потолок для обнаружения движения или местоположения людей или объектов, расположенных с другой стороны. Эти устройства разработаны специально для максимизации передачи энергии сквозь непрозрачные структуры. В такую категорию могут быть включены такие изделия, как локаторы, которые разработаны для обнаружения места нахождения объектов за стенами, которые не являются достаточно толстыми или плотными, чтобы поглощать передаваемый сигнал, например, гипсовые, глинобитные или аналогичные стены.

*Устройство связи СШП:* устройство связи малого радиуса действия для передачи и/или приема информации между несколькими устройствами.

*Измерительное устройство СШП:* устройство, используемое для измерения расстояния или определения местоположения.

*Устройство формирования изображений медицинского характера:* датчик, используемый для обнаружения местоположения или движения объектов в теле человека или животного.

*Определение местонахождения и отслеживание передвижения:* сеть датчиков, установленных в местах, где требуется тщательное наблюдение, для определения местонахождения удаленных объектов с применением технологии СШП.

*Автомобильное радиолокационное устройство:* радиолокационное устройство, установленное на сухопутных транспортных средствах, предназначенное для обнаружения местоположения и движения людей или объектов вблизи автомобиля.

*Многофункциональное устройство:* устройство, которое позволяет реализовать многочисленные применения СШП, используя общую платформу, например, формирование радиолокационных

---

<sup>2</sup> Для нескольких устройств – см. п. 3 Приложения 3.

изображений, автомобильные радиолокаторы, определение местонахождения и отслеживание передвижения, а также функции связи.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Термины "необходимая ширина полосы", "занимаемая полоса частот", "нежелательные излучения", "область внеполосных излучений" и "область побочных излучений", определенные в Статье 1 Регламента радиосвязи, как правило, неприменимы к сверхширокополосным передачам.

## 2 Сокращения, относящиеся к сверхширокополосным технологиям

DS-CDMA	Direct sequence-code division multiple access	ПП-МДКР	Многостанционный доступ с кодовым разделением каналов по принципу прямой последовательности
DSSS	Direct sequence spread spectrum		Расширение спектра по принципу прямой последовательности
GPR	Ground penetrating radar		Радар подземного зондирования
MB-OFDM	Multiband OFDM		Многополосное OFDM
OFDM	Orthogonal frequency division multiplexing		Мультиплексирование с ортогональным частотным разделением сигналов
PPM	Pulse position modulation	ФИМ	Фазово-импульсная модуляция
PRF	Pulse repetition frequency		Частота следования импульсов
PSD	Power spectral density	СПМ	Спектральная плотность мощности
RBW	Resolution bandwidth		Разрешающая способность полосы пропускания
SRR	Short-range radar		Радиолокатор малого радиуса действия
UWB	Ultra-wideband	СШП	Сверхширокополосный
WPAN	Wireless personal area network		Беспроводная персональная сеть

## Приложение 2

### Общие характеристики технологии СШП

#### 1 Потенциальное высокоплотное использование

Технология СШП теоретически может быть интегрирована во многие применения, которые могли бы быть полезными для общества, потребителей, коммерческих предприятий и отраслей промышленности. Например, СШП могла бы быть интегрирована в применения для повышения общественной безопасности посредством применения автомобильных радиолокационных устройств для избежания столкновений в системах активирования подушек безопасности и дорожных датчиках, устройствах связи малого радиуса действия, передающих высокоскоростные потоки данных, маркерах, детекторах и датчиках уровня жидкости, устройствах для наблюдения, устройствах определения местоположения, и для замены проводных высокоскоростных средств связи на короткие расстояния. Хотя большинство устройств, использующих технологию СШП, будет работать с очень малой мощностью, многие варианты теоретического применения СШП могли бы привести к высокой плотности размещения устройств, использующих технологию СШП, в определенных условиях, таких как учреждения и предприятия.

#### 2 Высокая скорость передачи данных

Устройства, использующие технологию СШП, могут работать с очень малыми уровнями мощности и могут обеспечивать применения с множеством пользователей и с высокоскоростными потоками данных (например, беспроводные персональные сети малого радиуса действия (WPAN) со скоростями более 100 Мбит/с).

### 3 Безопасная связь

Сигналы СШП, теоретически больше преобразованы и их обнаружить труднее, чем не-СШП сигналы связи. Это происходит потому, что сигналы СШП занимают широкую полосу пропускания, могут быть шумоподобными и могут вести передачу информации с использованием уникального рандомизированного синхрокода с миллионами битов в секунду. Каждый бит, как правило, представлен большим числом импульсов с очень малой амплитудой, которая, как правило, ниже уровня шума. Такие характеристики приводят к безопасным передачам с малой вероятностью обнаружения (LPD) и малой вероятностью перехвата (LPI).

### 4 Устойчивая связь

Устройства, использующие технологию СШП, как правило, имеют высокий коэффициент обработки, который определяет устойчивость устройства к воздействию помех.

### 5 Пропускная способность системы связи

Теоретическая пропускная способность любой системы связи, включая систему СШП, может быть рассчитана из соотношения Шеннона:

$$C = B \log_2 \left( 1 + \frac{\int P_d(f) df}{\int N_0 df} \right), \quad (1)$$

где:

- $C$ : пропускная способность канала (бит/с);
- $B$ : ширина полосы пропускания канала (Гц);
- $P_d(f)$ : спектральная плотность мощности сигнала (Вт/Гц (или дБм/Гц));
- $N_0$ : спектральная плотность мощности шума (Вт/Гц (или дБм/Гц)).

Соотношение Шеннона показывает, что теоретическая пропускная способность канала в системе связи СШП очень велика благодаря своей ширине полосы пропускания, даже, несмотря на то, что его спектральная плотность мощности очень мала и ограничена по амплитуде.

### 6 Спектры мощности СШП

СШП сигналы, создаваемые при помощи простой импульсной модуляции, имеют множество спектральных пиков. Для того чтобы сделать сигнал больше похожим на шум, применяется рандомизация. Форма спектральной плотности мощности излучаемого сигнала СШП, обычно, регулируется выбором соответствующей формы импульсного сигнала, метода модуляции, фазового дрожания синхронизирующих импульсов и псевдошумовых кодовых последовательностей, используемых для рандомизации импульсных сигналов СШП. Форма спектра передачи СШП дополнительно определяется такими компонентами, как антенны.

#### 6.1 Требования наличия широкой полосы пропускания

Передачи СШП занимают очень широкий диапазон пропускания полосы частот по сравнению с не-СШП передачами. Важными задачами является отыскание пригодного участка спектра и способ внедрения применений СШП без создания помех работе служб радиосвязи.

#### 6.2 Формирование импульсного сигнала

Формирование импульсного сигнала позволяет регулировать содержание частот в передаче СШП, что может уменьшить помехи работе систем радиосвязи. Очень важно, что формы импульсных сигналов для связи СШП должны иметь нулевое среднее значение, поскольку антенна не может излучать сигналы с нулевой частотой. В системах связи СШП могут встречаться необычные формы импульсных сигналов и многообразие методов модуляции.

### 6.3 Виды модуляции СШП

Для передачи информации при помощи импульсных сигналов СШП данные могут кодироваться с использованием фазово-импульсной модуляции (т. е. двоичной и М-ичной ФИМ), амплитудно-импульсной модуляции (т. е. двоичной и М-ичной АИМ), двухфазной модуляции полярности импульсных сигналов (т. е. ДФМ), модуляции при помощи пары, состоящей из положительного импульсного сигнала и следующего за ним отрицательного, или наоборот, и амплитудно-импульсной манипуляции (АИМн). Более того, могут использоваться любые комбинации этих видов модуляции. В качестве примера показана гибридная схема двухфазной модуляции и модуляции ФИМ, которая устраняет дискретные компоненты сигнала ППМ СШП.

Передача сигнала СШП предполагает формирование импульсного сигнала, расширение спектра, модуляцию и рандомизацию. Соответствующая комбинация модуляции и рандомизации сигнала СШП делает его спектр похожим на аддитивный Гауссовский шум. Выбор схемы модуляции СШП влияет на спектральную плотность мощности излучаемого сигнала и, следовательно, на степень его воздействия на службы радиосвязи. В частности, может быть уменьшено влияние дискретных компонентов спектральной плотности, либо они могут быть удалены.

#### 6.3.1 Фазово-импульсная модуляция (ФИМ)

ФИМ – это метод модуляции СШП, в ходе которого данные кодируются сдвигами импульсов во времени относительно эталонного момента времени. Двоичная ФИМ раньше была популярным методом, и упоминания о ней в литературе о связи СШП встречаются довольно давно. Модулированные ФИМ сигналы СШП могут иметь дискретные спектры, которые не содержат никакой информации и могут создавать помехи. Эти помехи можно сильно уменьшить при помощи рандомизации позиций импульсных сигналов, применив псевдошумовые последовательности, которые существенно "обесцвечивают" спектр. Такую рандомизацию для ФИМ часто называли скачками во временной области (ТН). Другим способом уменьшить помехи, создаваемые сигналами ФИМ СШП, является увеличение периода импульсных посылок. Это действие уменьшает частоту появления дискретных компонентов спектральной плотности мощности.

Одной из форм фазово-импульсной модуляции является формирование многополосного импульса (МВ-И) СШП, который представляет собой метод, при помощи которого спектр делится на несколько субполос. Очень короткие импульсы передаются в последовательностях со скачкообразной перестройкой времени по нескольким субполосам. С импульсами, со скачкообразной перестройкой частоты по времени используется полярная или би-фазовая модуляция. Может использоваться многомерное пространство модуляции, формируемое путем заполнения импульсами матрицы времени и частоты. Возможны также методы когерентного детектирования комплексной и рациональной (относительно  $E_b/N_0$ ) модуляции. Шумоподобная природа сигнала является результатом скачкообразной перестройки частоты по времени.

#### 6.3.2 Би-фазовая модуляция

В двоичной фазовой модуляции для представления нуля и единицы используется определенная форма импульсного сигнала и его отрицательная копия. В условиях отсутствия многолучевости би-фазовая модуляция дает выигрыш от 3 до 6 дБ относительно ФИМ. Она также имеет соотношение пиковой и средней мощностей менее 3 (по сравнению с синусоидой, у которой это отношение равно 2).

#### 6.3.3 Амплитудно-импульсная модуляция (АИМ)

АИМ – это метод модуляции, который предусматривает изменение амплитуды передаваемых импульсных сигналов в зависимости от данных, которые должны быть переданы. В устройствах АИМ выбирается набор амплитуд, которые будут представлять передаваемые данные. Импульсный сигнал любой формы с нулевым средним значением может модулироваться по амплитуде с изменениями  $\pm 1$  (двоичная передача) или с М изменениями (М-ичная АИМ). Сигналы АИМ могут демодулироваться некогерентными методами.

### **6.3.4 Модуляция ООК (Амплитудная манипуляция (Мн))**

Амплитудная манипуляция – это отдельный случай модуляции АИМ СШП, в котором наличие или отсутствие импульсного сигнала во временном слоте соответствует единице или нулю.

### **6.3.5 СШП с линейной частотной модуляцией**

В линейной частотной модуляции несущая частота в течение интервала одного импульса меняется в широком диапазоне частот. Шаблон такого изменения, при помощи которого кодируются данные, может быть линейным или нелинейным согласно требованиям устройства.

### **6.3.6 Модуляция с помощью пары одинаковых импульсных сигналов противоположной полярности**

Пара, состоящая из положительного импульсного сигнала, за которым следует отрицательный импульсный сигнал, или наоборот, представляет собой еще один вид модуляции. Преимуществом этого типа модуляции является то, что выбор расстояния между импульсными сигналами в паре и интервалов времени между парами позволяет сформировать частотный спектр так, чтобы уменьшить помехи.

### **6.3.7 Прямая последовательность и многостанционный доступ СШП с кодовым разделением каналов по принципу прямой последовательности (DS-CDMA)**

В сверхширокополосном сигнале с расширением спектра по принципу прямой последовательности (DS-СШП) используется последовательность импульсных сигналов, полярность которых соответствует выбранному методу кодирования, с рабочим циклом, достаточно интенсивным для кодирования данных со скоростями от порядка сотен Мегабит до Гигабит в секунду и более. При фиксированной скорости импульсных сигналов для представления одного бита используется множество импульсных сигналов, таким образом осуществляется обмен энергии бита на скорость передачи данных. Ширина полосы сигнала СШП DS-СШП является функцией от субнаносекундной длительности импульсных сигналов в каждом пакете. Сигнал СШП является шумоподобным, ему присуща малая вероятность обнаружения и малая вероятность перехвата. Разработка хорошего рассеивающего кода для DS-СШП чрезвычайно важна для хорошей работы в условиях многолучевого сигнала. При использовании сигналов DS-CDMA один и тот же спектральный ресурс может одновременно использоваться совместно несколькими пользователями, используя соответствующие коды.

## **6.4 Многополосная модуляция и методы работы со множеством пользователей**

### **6.4.1 Многополосное мультиплексирование с ортогональным частотным разделением сигналов (МВ-OFDM)**

МВ-OFDM делит спектр на несколько субполос. Данные передаются через полосы с использованием частотно-временного кода (ТФК). Внутри каждой субполосы для передачи информации используется схема модуляции OFDM.

### **6.4.2 Скачкообразное изменение частоты для многополосных сигналов (FH-СШП)**

В сигнале FH-СШП сигнал на короткое время попадает в одну из нескольких полос частот. Такие скачки между полосами выполняются в соответствии с предварительно согласованным шаблоном (единообразно или разнообразно).

Многополосная система может основываться на принципе передачи различных символов в различных полосах частот в виде периодической последовательности, что очень похоже на скачкообразное изменение частоты. Могут применяться различные способы работы, получаемые в результате изменения скорости скачков, символов и числа полос.

### 6.4.3 Многочастотная модуляция с разделением во времени для многополосных сигналов

Многочастотная модуляция с разделением во времени – это схема модуляции, аналогичная скачкообразному изменению частоты, поскольку в ней используются многополосные сигналы, но ее отличие в том, что полосы связаны друг с другом. Главное преимущество этого метода – то, что он позволяет увеличить число битов на символ и, следовательно, снизить скорость передачи символов. Это уменьшает влияние межсимвольных помех, создаваемых разбросом задержек.

### 6.4.4 Гибкий многостанционный доступ с частотным разнесением для многополосных сигналов

В схеме гибкого многостанционного доступа СШП с частотным разнесением для множества пикосотовых беспроводных сетей персонального доступа используются специально разработанные матрицы кодирования и декодирования для достижения устойчивости к помехам от множества пользователей (MUI), применения разнообразных вариантов расширения спектра, полной реализации возможности разнесения в условиях многолучевости и обеспечения различной эффективности использования спектра (от низких до средних и высоких скоростей передачи данных).

## 7 Общий режим сигнализации (CSM)

CSM – это возможный метод, при помощи которого устройства, использующие различные технологии СШП, могут координировать свои действия и, теоретически, уменьшать свое воздействие на системы, работающие в рамках различных служб радиосвязи.

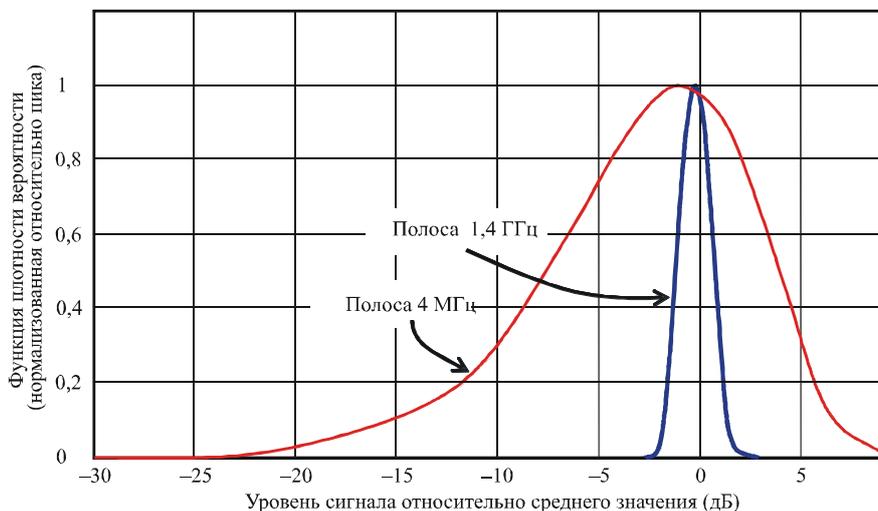
## 8 Эффекты многолучевости

Широкая полоса пропускания необходима для преодоления замираний из-за многолучевости в условиях работы внутри помещений. В таких условиях разброс времени задержки между различными многолучевыми отражениями будет небольшим, и, следовательно, когерентная ширина полосы канала будет большой. Следовательно, в условиях работы внутри помещений устройства связи СШП устойчивы к замираниям из-за многолучевости, поскольку они имеют широкую полосу пропускания и, следовательно, в приемнике можно решить проблему комбинирования близко расположенных многолучевых компонентов.

На рисунке 1 сравнивается статистика сигнала многолучевых замираний для сигналов с шириной полосы 4 МГц и 1,4 ГГц. Сигналам с более широкой полосой присущая меньшая вероятность проявления глубоких замираний по отношению к среднему уровню сигнала.

РИСУНОК 1

Функция плотности вероятности импульсного сигнала СШП длительностью 0,7 нс (BW = 1,4 ГГц) и узкополосного сигнала с полосой 4 МГц



Во время своего распространения субнаносекундный импульсный сигнал рассеивается, что может привести к Рэлеевским замираниям в частотной области. Однако, каждое из полученных отражений представляет собой независимый сигнал, поэтому может использоваться приемник RAKE для когерентного суммирования энергии в каждом импульсном сигнале, который принимается от каждого многолучевого компонента, для обеспечения усиления при однополосном приеме.

## **9 Возможности получения изображения и определения местоположения**

Передачи СШП могут проникать сквозь стены и препятствия и обеспечивать высокоточное определение местоположения. Эти свойства могут также быть полезными в применении для обнаружения движения людей и объектов. Например, применения формирования радиолокационных изображений могут использоваться правоохранительными органами, спасателями и пожарными для обнаружения людей, скрытых за стенами или под обломками в таких ситуациях, как спасение заложников, спасение людей во время пожара, из разрушенных зданий или после схода лавин. Системы СШП могут использоваться в больницах и клиниках для разнообразных медицинских применений для получения изображений органов внутри тела человека или животного. Системы СШП могут также использоваться в следующих применениях:

- для обнаружения объектов, таких, как месторождения минералов, металлических и неметаллических труб, электрических кабелей в стенах и пластиковых наземных мин;
- для измерения толщины льда замерзших озер и определения состояния взлетно-посадочных полос в аэропортах;
- в криминалистических и археологических исследованиях; и
- для обнаружения повреждений в мостах и скоростных автомагистралях.

## **Приложение 3**

### **Технические и эксплуатационные характеристики устройств, использующих технологию СШП**

#### **1 Эксплуатационные характеристики**

Технология СШП может быть интегрирована в многочисленные применения. Некоторые устройства СШП могут поддерживать несколько применений. Примеры основных категорий применений СШП и их эксплуатационные характеристики приведены в таблице 1.

ТАБЛИЦА 1

## Эксплуатационные характеристики применений

СШП приложение	Эксплуатационные характеристики
<b>1 Формирование радиолокационных изображений</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Профессионалами применяется довольно редко в ограниченном количестве</li> <li>– Использование ограничено определенными местами или географическими точками</li> </ul>
Радар подземного зондирования	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Профессионалами применяется довольно редко на отдельных участках и в определенных местах</li> <li>– Для конкретного применения может существовать ограниченное число устройств, которые непрерывно работают на дорогах в подвижном варианте</li> <li>– Передача направлена к земле</li> </ul>
Формирование радиолокационных изображений предметов в стенах	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Довольно редко применяется на отдельных участках</li> <li>– Профессиональные пользователи: обычно инженеры, конструкторы и профессиональные строители</li> <li>– Передача направлена к стене</li> <li>– Устройства работают, как правило, в непосредственном контакте со стеной для максимизации разрешающей способности и чувствительности</li> </ul>
Формирование радиолокационных изображений предметов, расположенных за стенами	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Устройство транспортируемое</li> <li>– Применяется квалифицированным персоналом: обычно, полицией, бригадами скорой помощи, службами безопасности и военными</li> <li>– Довольно редко применяется на отдельных участках</li> <li>– Имеется в ограниченном количестве</li> <li>– Передача направлена к стене</li> <li>– Устройства могут работать на некотором расстоянии от стены для максимизации безопасности работы в случае враждебных действий</li> </ul>
Формирование изображений медицинского характера	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Может использоваться в различных применениях здравоохранения для получения внутренних изображений тела человека или животного</li> <li>– Стационарное, для использования в помещении применяется довольно редко и только квалифицированным персоналом</li> <li>– Передача направлена к телу</li> </ul>
<b>2 Наблюдение</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Работает в качестве "охранного ограждения" формируя стационарное радиочастотное поле внутри периметра и обнаруживая проникновение людей или объектов в это поле</li> <li>– Непрерывное использование внутри и вне помещений в стационарном режиме</li> </ul>
<b>3 Автомобильный радиолокатор</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Подвижное использование</li> <li>– На скоростных магистралях и главных дорогах может наблюдаться высокая плотность таких устройств</li> <li>– Использование только на наземном транспорте</li> <li>– Передача обычно ведется в горизонтальном направлении</li> </ul>
<b>4 Измерения</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Стационарное применение внутри и вне помещений</li> </ul>
<b>5 Обнаружение местоположения и отслеживание передвижения</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Как правило имеет фиксированную инфраструктуру; применение, главным образом, стационарное</li> <li>– Постоянно осуществляется подтверждающий контроль работы передатчиков</li> </ul>
<b>6 Связь</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– В определенных условиях внутри помещения, например, в офисных зданиях может наблюдаться высокая плотность таких устройств</li> <li>– Некоторые применения используются довольно редко, например, беспроводная "мышка" СШП; другие могут работать в течение большого процента времени, например, линия передачи видеоизображений</li> <li>– Возможно также использования вне помещений</li> </ul>

### 1.1 Эксплуатационные характеристики радиолокаторов подземного зондирования

В таблице 2 приводятся примерные эксплуатационные характеристики некоторых радиолокационных устройств подземного зондирования (GPR) СШП, которые в настоящее время представлены на рынке.

ТАБЛИЦА 2

Эксплуатационные характеристики некоторых устройств СШП GPR

	Устройство А, D, E и F	Устройство В и С
Эксплуатация и контроль	Дистанционное или при помощи компьютера	Дистанционное или при помощи компьютера
Высота применения	Грунтовое $R \approx 0$ м	Грунтовое $R \approx 0$ м плюс иногда подъем с поверхности до $< 1$ м
Способ развертывания	Обычно нижнего обзора	Обычно нижнего обзора, иногда настенное применение
Тип пользователей	Обычно, консультанты, профессионалы или исследователи	Обычно, консультанты, профессионалы или исследователи
Режим использования	Довольно редко применяется в определенных местах	Довольно редко применяется в определенных местах

## 2 Технические характеристики устройств СШП

### 2.1 Устройства связи и системы измерения

Характеристики, приведенные в таблице 3, являются примерами для трех существующих устройств связи.

ТАБЛИЦА 3

Характеристики некоторых устройств связи СШП

	Устройство G	Устройство H	Устройство I
Максимальная усредненная э.и.и.м. (дБм/1 МГц)	-41,3	-41,3	-41,3
Нижняя частота на уровнях -20 дБ и -10 дБ (ГГц)	3,1; 3,6	$\geq 3,1$ (ниже на -10 дБ)	3,1; 3,6
Верхняя частота на уровнях -10 дБ и -20 дБ (ГГц)	9,6; 10,1	$\leq 10,6$ (ниже на -10 дБ)	9,6; 10,1
Диаграмма направленности антенны	Всенаправленная	Всенаправленная	Всенаправленная
Скорость передачи импульсных сигналов (Мбит/с)	$> 500$	$\geq 1$	$> 1000$
Скорость передачи данных (Мбит/с)	$\leq 100$	$\leq 40$	$\leq 500$
Диапазон (м)	$\sim 10$	$< 100$	4-10
Максимальная средняя э.и.и.м. (дБм/1 кГц) в полосе 960-1 610 МГц	$\leq -90$	$\leq -85,3$	$\leq -90$
Максимальная средняя э.и.и.м. (дБм/1 кГц) в полосе 960-1 610 МГц	$< -90$	$\leq -75,3$	$\leq -90$
Максимальная средняя э.и.и.м. (дБм/1 кГц) в полосе 1 610-3 100 МГц	$< -63,3$	$\leq -53,3$	$\leq -63,3$

Устройство G предназначено для применения внутри офисов или жилых помещений и служит для передачи информации со скоростью до 100 Мбит/с. Оно также предназначено для организации связи

между портативными устройствами, которые могут располагаться вне здания и между устройствами, не имеющими фиксированной инфраструктуры. К таким применениям относятся линии связи между персональными цифровыми помощниками или портативными компьютерами. Внутри беспроводной локальной сети оно может передавать многочисленные цифровые видео сигналы между компонентами видеосистемы, например, между видеокамерой и компьютером, между декодером каналов кабельного телевидения и телевизором, или между плазменным дисплеем высокой точности и DVD плеером.

Устройство Н – это многофункциональное устройство, предназначенное для использования внутри помещений для промышленных, коммерческих и потребительских применений, в которых требуется обеспечить связь, точно определить местоположение или применить радиолокационное зондирование. Это устройство может работать в широком диапазоне скоростей передачи данных. Рабочий диапазон зависит от скорости передачи данных.

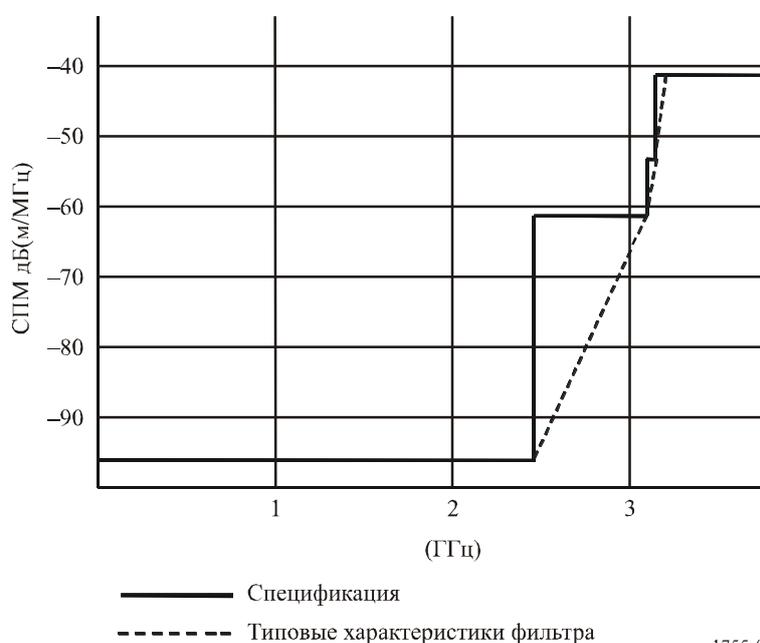
Устройство I предназначено для использования внутри офисов или жилых помещений для передачи информации со скоростью до 500 Мбит/с. Такие устройства с высокой скоростью передачи данных предназначены для обеспечения беспроводных соединений для большинства тех же применений, что и те, где работают устройства G, но они также обеспечивают беспроводную замену кабеля для высокоскоростных кабельных соединений, таких как USB или IEEE 1394.

На рисунках 2 и 3 показаны примеры спектральных масок для двух других устройств.

Устройство J предназначено для применения внутри офисов или жилых помещений, служит для передачи информации со скоростью до 480 Мбит/с. Спецификации таких устройств включают требования для точного совпадения спектральных масок передаваемого сигнала и предварительного селективного фильтра приемника. Формирование спектра передаваемого сигнала выполняется в цифровом формате, а предварительный селективный фильтр приемника – это радиочастотное устройство. Поскольку такое устройство работает в дуплексном режиме с разделением по времени, этот предварительный селективный фильтр может использоваться также для фильтрации передаваемого сигнала. На рисунке 2 показана комбинация характеристик этих двух фильтров, в применении к спектральной плотности мощности внутри полосы сигнала  $-41,3$  дБм/МГц.

РИСУНОК 2

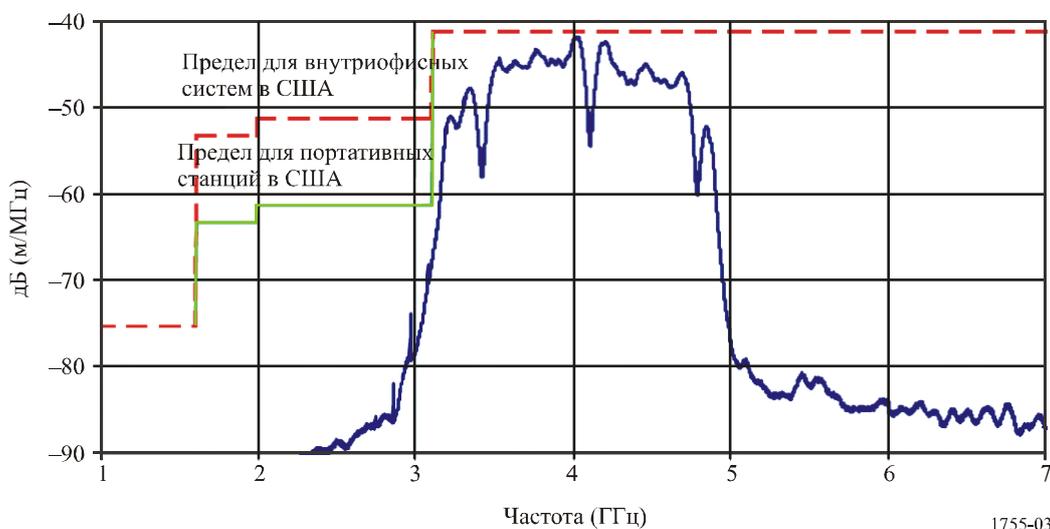
## Рассчитанная спектральная маска устройства СШП



Устройство К также предназначено для использования внутри офисов или жилых помещений, служит для передачи информации со скоростью до 480 Мбит/с. На рисунке 3 показан измеренный спектр передаваемого этим устройством сигнала.

РИСУНОК 3

Измеренный спектр сигнала, передаваемого устройством СШП К



## 2.2 Автомобильные радиолокационные системы

Характеристики, приведенные в таблице 4, являются примерными для существующих изделий. Автомобильные радиолокационные устройства, в которых используется технология СШП, работают в более высоких полосах частот, чем те, что используются в устройствах связи СШП. Эти устройства разрабатываются для обнаружения местоположения и движения объектов вблизи автомобиля, реализации таких возможностей, как предупреждение о возможности столкновения, активизация подушек безопасности и систем торможения, которые наилучшим образом соответствуют ситуации на дороге. Автомобильные радиолокационные устройства излучают сигнал СШП в четко определенном диапазоне частот.

ТАБЛИЦА 4

Примерные характеристики существующих автомобильных радиолокационных устройств СШП

Параметр	Значение
Центральная частота (ГГц)	~24,125
Максимальная плотность э.и.и.м. (дБм/1 МГц)	-41,3
Занимаемая полоса по уровню -20 дБ (ГГц)	22,125–26,125
Частота повторения импульсных сигналов (МГц)	0,1–5
Максимальная пиковая мощность (э.и.и.м.) (дБм/50 МГц)	0
Диаграмма направленности антенны	Направленная
Высота установки (м)	~0,50
Диапазон (м)	~20
Расстояние до цели (см)	15–25

При расчете влияния помех от автомобильных радиолокаторов следует учитывать пиковую плотность автомобилей, процент поверхности Земли, на которой достигаются такие плотности, и проникновение на рынок автомобильных радиолокаторов в динамике по времени.

### 2.3 Радиолокационные (GPR) системы подземного зондирования

Устройства GPR используются для отображения подповерхностных структур. Хотя изначально они использовались для изучения "подземных" структур, термин "земля" может быть расширен и обозначать любой поглощающий диэлектрический материал. GPR системы также называются широкополосными или импульсными радаром. Общими характеристиками сигналов и устройств GPR являются:

- Устройства GPR измеряют в реальных условиях физические свойства (т. е. диэлектрическую проницаемость, проводимость и проходимость) подповерхностных материалов. Эти физические свойства в реальных условиях проявляются на частотах от 1 до 2000 МГц и их трудно определить любыми другими способами.
- Целью измерений GPR является определение свойств подповерхностных материалов. Нежелательно, чтобы сигналы передавались в воздушном пространстве, и максимально возможные усилия прилагаются к тому, чтобы минимизировать сигналы, которые распространяются через воздушное пространство и которые искажают желаемые измерения.
- Устройства GPR являются частью геофизического инструментария и активно используются в течение многих лет. Поскольку число таких устройств невелико и их создатели стремятся минимизировать сигналы, излучаемые в воздухе, обеспокоенность относительно помех может быть минимальной.
- Когда устройства GPR находятся в эксплуатации, операционный цикл их невелик. Обычно практикой является выполнение измерений с рабочим эксплуатационным циклом от 10% до 1%, после которого следует длительный период, когда устройство не используется – в течение времени перемещения на следующую позицию наблюдений или планирования новой последовательности измерений.
- Устройства GPR используются нечасто, и местоположение их использования постоянно меняется. Эти факторы еще больше уменьшают вероятность создания помех службам радиосвязи.
- Устройства GPR отличаются от устройств формирования радиолокационных изображений за стенами. Типичные применения устройств формирования радиолокационных изображений в стенах (GPR) включают в себя исследование внутреннего пространства структур таких как: мостовые опоры, обшивки туннелей и бетонные стены. Сигналы GPR рассеиваются в материале. Устройства формирования радиолокационных изображений за стенами сконструированы так, чтобы передавать сигналы в воздушное пространство с другой стороны стены.
- Пиковая спектральная плотность мощности увеличивается с уменьшением центральной частоты GPR, но средняя спектральная плотность мощности не увеличивается. С уменьшением частоты, частота повторения импульсов, как правило, уменьшается, а средняя мощность остается примерно постоянной.
- Нижняя частота (геологических) устройств GPR используется в удаленных географических регионах, где вероятность создания помех службам радиосвязи мала.
- Для получения необходимого разрешения устройства GPR должны использовать широкополосный сигнал.

В таблице 5 содержатся примерные технические характеристики некоторых устройств GPR, использующих СШП, которые сегодня представлены на рынке. (Эксплуатационные характеристики этих устройств перечислены в п. С.1.1.)

ТАБЛИЦА 5

## Характеристики некоторых устройств GPR, использующих технологию СШП

	Устройство А	Устройство В	Устройство С	Устройство Д	Устройство Е	Устройство F
Квазипиковая э.и.и.м. (дБм/120 кГц)	-65	-59	-59	-57	-57	-55
Средняя э.и.и.м. (дБм/1 МГц)	N/A	N/A	-68	N/A	N/A	N/A
Нижняя частота по уровню -10 дБ (МГц)	120	185	317	19	18	17
Верхняя частота по уровню -10 дБ (МГц)	580	840	1 437	79	125	202
Диаграмма направленности антенны	Диполь, установлен на земле, направлен вниз					
Частота повторения импульсных сигналов (кГц)	Переменная максимум = 100					
Диапазон (м)	0-5	0-2,5	0-2	0-20	1-10	0-5

### 3 Коэффициент активности устройств, использующих технологию СШП,

В тех случаях, когда при разработке сценариев применения многочисленных устройств, использующих технологию СШП, используется коэффициент активности, должны учитываться процент проникновения технологии, максимальный коэффициент использования, частота применения и другие факторы, связанные с применением (включая процент проникновения конкурирующих технологий (проводных, инфракрасных и т. д.)).

#### 3.1 Коэффициенты активности и процент проникновения технологии автомобильных радиолокаторов малого радиуса действия диапазона (SRR) 24 ГГц

Коэффициенты активности SRR, описанные в данном разделе, предназначены для того, чтобы служить основой для определения агрегатных помех от большого числа автомобилей, оборудованных устройствами SRR, использующими технологию СШП.

Вычисление уровня этих агрегатных помех должно основываться на модели развертывания, которая учитывает тот факт, что существуют различные режимы работы и что не все устройства SRR работают одновременно.

##### 3.1.1 Устройства формирования импульсов, селекция импульсов и коэффициент активности

Устройства формирования импульсов SRR не может работать непрерывно, из-за присущего ему принципа работы, который приводит к получению типового значения форм-фактора<sup>3</sup> более 20 дБ.

Режимы работы SRR, которые влияют на коэффициент активности, описаны в пп. 3.1.2-3.1.4.

<sup>3</sup> Форм-фактор (CF) определяется как:  $CF = 10 \log (P_{pk}/P_{rms})$ , где  $P_{pk}$ : пиковая мощность,  $P_{rms}$ : средняя мощность.

### 3.1.2 Режимы работы радиолокаторов малого радиуса действия

Для SRR коэффициент активности включает в себя продолжительные периоды отключения (например, вследствие не использования всех датчиков в определенных ситуациях вождения), а также короткие периоды отключения.

При расчете коэффициента активности необходимо учитывать несколько режимов работы устройств SRR, приводящие к уменьшению средней мощности:

- *SRR отключены:* В зависимости от устройства управления в автомобиле, устройства SRR может выключаться автоматически, когда автомобиль останавливается на время, превышающее некоторый предварительно определенный интервал, например на светофоре или на железнодорожном переезде. В некоторых автомобилях и мотор, и устройства SRR могут выключаться, тогда как в других автомобилях мотор может оставаться включенным, но некоторые устройства SRR могут выключаться<sup>4</sup>.
- *Пониженная частота повторения импульсных сигналов:* Применения помощи при парковке и при частых остановках и трогании с места могут работать с пониженной частотой повторения импульсов, благодаря малой скорости автомобиля и медленным изменением сценария движения. Такое понижение частоты повторения импульсов пропорционально уменьшает среднюю мощность комплекта устройств SRR. Следовательно, номинальная частота повторения импульсов в такой ситуации, представляет собой частоту, на которой устройство SRR достигает максимально допустимой средней мощности. В зависимости от динамики сценария движения, некоторые применения будут работать с более низкой частотой повторения импульсов или с более продолжительными периодами молчания. Оба эффекта уменьшают среднюю передаваемую мощность. Это уменьшение средней мощности можно выразить в виде коэффициента активности.
- *Не-СШП режим:* Большая часть датчиков разработана так, чтобы работать также в определенных ситуациях дорожного движения в не-СШП режиме в пределах полосы частот 24,00–24,25 ГГц. Не-СШП режим может быть либо узкополосным в этом диапазоне частот либо Доплеровским режимом (режим излучения синусоидального сигнала CW). Причина использования такого не-СШП режима в устройствах SRR заключается в том, что в некоторых автомобильных применениях или ситуациях дорожного движения требуется либо меньше расстояние до объекта (что приводит к меньшей занимаемой ширине полосы) либо больший диапазон обнаружения (что требует большей мощности излучения, которая не может быть разрешена только в данной полосе частот). Устройства SRR могут переключаться либо в широкополосный режим, либо в узкополосный режим. Когда устройство SRR работает в не-СШП режиме, его излучения не считаются передачами СШП.
- *Частичные диапазоны частот и многополосная работа СШП:* Дальнейшее уменьшение агрегатной средней мощности устройств SRR возможно, когда устройства SRR совместно используют некоторый доступный диапазон частот, при этом каждый из них использует различные ее участки. В этом случае помехи службам радиосвязи могут быть уменьшены за счет изменения частоты и перехода в другую часть полосы.

### 3.1.3 Оценка типового значения коэффициента активности для различных режимов работы SRR

В таблице 6 оценивается коэффициент активности для SRR в различных режимах работы, используемых в различных ситуациях дорожного движения.

---

<sup>4</sup> Этот метод может использоваться в некоторых моделях автомобилей с пониженным потреблением топлива.

ТАБЛИЦА 6

## Расчет оценки коэффициента активности для всех режимов работы

Ситуации дорожного движения	Режимы работы				Коэффициенты активности для всех режимов работы <sup>4</sup>	Процент возникновения ситуации движения в течение времени движения	Коэффициенты активности для всех режимов работы, взвешенные относительно процента возникновения ситуации дорожного движения
	Режим "SRR выключен"	Режим "Пониженная частота повторения импульсов" (частота уменьшена со 100% до 10%)		Режим "Не-СШП"			
	Время, когда SRR включен <sup>1</sup> в % от времени движения (= коэффициент активности № 1)	Время полной частоты повторения импульсов <sup>2</sup> в % от времени движения	Коэффициент активности для этого режима работы <sup>3</sup> (= коэффициент активности № 2)	Время режима СШП в % от времени движения (= коэффициент активности № 3)			
Скоростная трасса, в потоке	100	80	82	60	49,2	55,00	27,06
Скоростная трасса, медленное движение	100	100	100	80	80,0	10,00	8,00
Езда по городу	70	80	82	70	40,2	35,00	14,06
Город, парковка с движением вперед	100	0	10	100	10,0	0,05	0,01
Город, парковка с движением назад	100	0	10	100	10,0	0,05	0,01
<b>Итоговый коэффициент активности (%)</b>							<b>49,1</b>
<sup>1</sup> Время, когда SRR включен = 100% – Время, когда SRR выключен. <sup>2</sup> Время <b>полной</b> частоты повторения импульсов = 100% – Время <b>пониженной</b> частоты повторения импульсов. <sup>3</sup> Коэффициент активности = (Время полной частоты повторения импульсов × 100%) + (100% – Время полной частоты повторения импульсов × 10%). <sup>4</sup> = Произведение коэффициентов активности № 1–3.							

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Цифры в таблице 6 являются оценками, выполненными на то время, когда готовилась таблица. Администрации могут пожелать провести свой собственный анализ этих факторов при выполнении собственных исследований.

Расчеты показывают, что использование различных режимов работы приводит к агрегатному коэффициенту активности 50%, ведущий к уменьшению мощности на 3 дБ.

### 3.1.4 Оценка процента проникновения технологии

Для некоторых задач, решаемых устройствами СШП SRR диапазона 24 ГГц, могут использоваться альтернативные технологии, включая устройства СШП SRR диапазона 79 ГГц, при необходимости, инфракрасные и ультразвуковые устройства и системы замкнутого видеонаблюдения. 100% проникновение устройств SRR, использующих технологию СШП, в диапазоне 24 ГГц является нереалистичным. Более вероятно, что окончательный процент проникновения остановится на меньших значениях.

В таблице 7 приведены оценки проникновения устройств SRR диапазона 24 ГГц и других конкурирующих технологий.

ТАБЛИЦА 7

## Оценка процента проникновения технологии для датчиков малого радиуса действия

Технология	Процент проникновения технологии (%)		
	Европа/2013	Европа/2030	США/2030
Датчики СШП SRR диапазона 24 ГГц	7	0	40
Датчики СШП SRR диапазона 79 ГГц	1	55	0
Узкополосные датчики SRR (например, в полосе 24,00–24,25 ГГц)	20	10	10
Инфракрасные и ультразвуковые датчики	15	15	15
Датчики, установленные на камере	2	10	10
Автомобили без датчиков малого радиуса действия	55	10	25

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Цифры, приведенные в таблице 7, выше, это – оценки, сделанные в 2005 г. Администрации могут пожелать провести свой собственный анализ этих факторов при выполнении собственных исследований.

В долгосрочной перспективе (2030) предполагается, что технология СШП SRR достигнет проникновения около 55%. Предполагается, что проникновение технологии СШП SRR в полосе 24 ГГц, будет около 40%, если национальными регулятивными органами не будет наложено каких-либо обязательных ограничений. Необходимо отметить, что правила, действующие в Европе, разрешают допуск на рынок SRR диапазона 24 ГГц до 2013 года и ограничивают проникновение цифрой 7% от автомобильного парка.

Даже через много лет после появления на рынке устройств SRR, огромный парк автомобилей совсем не будет иметь датчиков малого радиуса действия. Этот вывод можно сделать исходя из опыта внедрения многих других технологий для автомобилей. Даже если бы через несколько лет все новые автомобили должны были бы быть оборудованы такими датчиками, потребовалось бы еще 15 лет для того, чтобы плотность этих автомобилей достигла 100%. Для того чтобы достичь такого уровня проникновения, следует предположить нереальное – что в течение этих лет не будет разработано никаких других технологий обеспечения безопасности автомобилей.

Проникновение 7% или 40% для устройств SRR диапазона 24 ГГц соответствует коэффициентам уменьшения помех 11,5 дБ и 4 дБ, соответственно.

### 3.2 Описание коэффициентов активности для систем определения местоположения и отслеживания передвижения

В обычных условиях развертывания таких систем на рабочих местах, например, в больнице или офисе, ожидается, что плотность активных передатчиков будет составлять примерно одно активное устройство на 200 м<sup>2</sup>. Для развертывания на больших площадях применяется сотовая архитектура, в которой передатчики СШП в различных сотах используют различные каналы СШП. Если два передатчика СШП управляются одной сотой, система будет обеспечивать такое положение дел, при котором они не используют одновременно один и тот же ресурс.

Как правило, в местах размещения работающих устройств СШП будет излучаться сигнал маркера, даже в то время, когда этот передатчик не ведет передачи. Длительность периода отсутствия передачи зависит от коэффициента активности, который может меняться в соответствии с типом применения. Например, маркер, находящийся у человека, может передавать раз в секунду (т. е. рабочий цикл составляет 24 мс каждую секунду или равен 2,4%), а маркер, размещенный на блоке оборудования, может вести передачу один раз каждые 10 с (т. е. рабочий цикл составляет 0,24%). Будет установлена максимальная частота, с которой разрешено вести передачи маркера, в итоге получим максимальный рабочий цикл. Для оборудования, которое не очень часто передвигается (например, раз в неделю) рабочий цикл, как правило, намного меньше, чем вышеприведенные цифры.

### 3.3 Коэффициент активности устройств связи, использующих технологию СШП

В данном разделе выводятся коэффициенты для устройств связи, которые используют технологию СШП. Рассматривается несколько моделей сценариев:

- Сумма излучаемой мощности от большого числа передатчиков на приемники, испытывающие помехи (наземные или спутниковые).
- Концентрация мощности от "горячей точки" на приемник, испытывающий помехи.
- Помехи, создаваемые отдельными передатчиками в кластере вблизи приемников, испытывающих помехи.
- Процент проникновения на рынок устройств, использующих технологию СШП, относительно конкурирующих технологий (проводных, инфракрасных и т. д.).

Необходимо определить суммарную активность или время "излучения" устройств, использующих технологию СШП, для того, чтобы исследовать влияние большого числа таких устройств на затронутые службы радиосвязи. Там, где доминирующими являются помехи от ближайшего устройства, использующего технологию СШП (а не суммарное их воздействие), при исследовании помех применение средних значений коэффициента активности недопустимо. Для таких исследований с целью эффективного моделирования ситуации требуется иметь достаточно информации.

Нижеприведенные суммарные коэффициенты активности были получены с использованием следующих предположений:

- Предполагается, что плотность э.и.и.м. СШП =  $-41,3$  дБм/МГц.
- Устройство, использующее технологию СШП, не использовало инфраструктуру, расположенную вне помещения.
- Не было устройств наружного наблюдения, которые принимались бы во внимание при оценке ситуации вне помещений.
- Это анализ выполнен для беспроводных персональных сетей и приложений с аналогичными скоростями передачи данных.
- Во всех рассмотренных сценариях применения потокового видео доминируют над применениями СШП, достигая уровня более 95%.

Пиковое значение суммарного коэффициента активности для многочисленных устройств, использующих технологию СШП, было получено для наивысшей оценки уровня проникновения СШП на рынок, максимального коэффициента использования, частоты использования и других факторов, связанных с развертыванием, включая рост степени заполнения рынка и доли рынка альтернативных технологий.

Оценка будущих значений коэффициента активности – задача очень сложная и требует предсказания принятия в будущем технологии, которая, в свою очередь, зависит от таких неизвестных, как конкурирующие технологии. По этой причине, коэффициент активности определяется как диапазон значений, для которого действительны перечисленные выше основные допущения.

#### 3.3.1 Коэффициент активности для устройств связи, используемых внутри помещений

- Усредненный для общей численности населения коэффициент активности = 1–5%.
- Факторы, которые могут повысить коэффициент активности:
  - Увеличение числа некодированных или слабокодированных видеоустройств. Вышеуказанный диапазон 1–5% предполагает, что задействовано минимальное число слабокодированных видеоустройств. Если некодированных видеоустройств становится все больше, то коэффициент активности возрастет.
  - Увеличенное проникновение на рынок устройств, использующих технологию СШП, применяемых для видеопередач.
- Факторы, которые могут понизить коэффициент активности:

- Повышение эффективности применяемых технологий сжатия сигнала – на рынке появляются улучшенные технологии компрессирования, такие как PEG4 и DVM, которые имеют потенциал для снижения коэффициента активности.
- Низкое проникновение на рынок устройств, использующих технологию СШП, применяемых для видеопередач.

### 3.3.2 Коэффициент активности для устройств связи, используемых вне помещений

Агрегатный коэффициент активности для устройств, используемых вне помещений, намного меньше, чем коэффициент активности для устройств, используемых внутри помещений, в первую очередь из-за недоступности высокоскоростных источников потоковой передачи видеоданных для применений вне помещений. СШП, главным образом, используется вне помещений для передачи файлов и низкоскоростной передачи данных.

- Усредненный для общей численности населения коэффициент активности 0,01–0,02%
- Коэффициент активности для устройств используемых вне помещений может расти или уменьшаться благодаря уровню внедрения СШП в портативные устройства.

### 3.4 Коэффициенты активности других типов устройств, использующих технологию СШП

В таблице 8 показан коэффициент активности для устройств, использующих технологию СШП, для различных применений.

ТАБЛИЦА 8

Применение СШП	Типичный коэффициент активности (%)
Радиолокатор подземного зондирования	< 1
Системы формирования изображений медицинского характера	< 1
Другие системы формирования радиолокационных изображений (в стене, за стеной и т. д.)	1
Системы наблюдения	50