

РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R М.1188-1

Влияние распространения на проектирование негеостационарных подвижных спутниковых систем без разнесения спутников, которые предназначены для обслуживания портативного оборудования

(Вопрос МСЭ-R 88/8)

(1995-2006)

Сфера применения

В данной Рекомендации описываются факторы, которые должны быть приняты во внимание при проектировании портативных негеостационарных подвижных спутниковых систем без разнесения спутников. Вопросы ослабления сигнала при распространении рассмотрены в Приложении 1.

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

- a) что при проектировании подвижных спутниковых систем (ПСС) необходимо принимать во внимание характеристики распространения;
- b) что трассы распространения сигнала от негеостационарных спутников (НГСО) по своим характеристикам отличаются от характеристик в наземных подвижных системах;
- c) что для обеспечения надежности и качества связи в портативных устройствах необходимо обеспечить достаточный энергетический запас в системе для борьбы с ослаблением сигнала при распространении;
- d) что определение требуемого энергетического запаса линии связи сильно зависит от характера ослабления сигнала при распространении и особенностей реализации системы;
- e) что существует сильное влияние угла возвышения на замирание;
- f) что скорость изменения уровня сигнала (ширина полосы затухания), вследствие меняющегося геометрического положения между двумя конечными точками соединения, изменяется при скоростях до 200 Гц;
- g) что достаточно сильное замирание сигнала может происходить как в ясной зоне прямой видимости, так и в сильно затененных условиях, вызванных движением пользователя и помехами от головы или тела пользователя;
- h) что в Рекомендации МСЭ-R Р.681 представлены методы прогноза распространения для сухопутных подвижных спутниковых систем и что работа над Рекомендацией продолжается в рамках 3-й Исследовательской комиссии по радиосвязи в связи с Вопросом МСЭ-R 207/3 с целью получения дополнительной информации,

рекомендует

- 1 при проектировании портативных негеостационарных подвижных спутниковых систем связи без разнесения спутников для функционирования в полосе частот 1–3 ГГц:
 - чтобы эффекты изменяющейся скорости замирания учитывались при проектировании времени обнаружения приемника;
 - чтобы энергетические запасы линий связи и проектирование систем соответствовали значительному замиранию сигнала в результате движения и помех от тела или головы пользователя, а также эффекта затенения, поэтому конструкция системы должна компенсировать ослабление сигнала в канале;

- чтобы сведения, содержащиеся в Рекомендации МСЭ-R Р.681, использовались как источник информации о распространении сигнала. Информация об ослаблении распространения сигнала в Приложении 1 относится к одной из предложенных систем;
- чтобы методики перемежения данных и упреждающей коррекции ошибок применялись при борьбе с условиями замирания.

Приложение 1

Ослабление распространения сигнала в негеостационарных подвижных спутниковых системах, предоставляющих услуги персональной связи без разнесения спутников

1 Введение

Для обеспечения оптимальной и эффективной работы системы связи конструкция системы должна учитывать и уменьшать ослабление сигнала на трассе распространения.

2 Краткое перечисление применимых эффектов при распространении

Соответствующие данные распространения для данных применений приведены в последней версии Рекомендации МСЭ-R Р.681. В этой Рекомендации приведена подробная информация о предполагаемой статистике замирания на трассах, содержащих препятствия в виде деревьев, населенных пунктов для различных углов возвышения, а также обсуждается эффект от блокировки сигнала головой пользователя. Азимут может влиять на эффект блокировки головой. Во многих случаях будет наблюдаться равномерное замирание по отношению к частоте.

Таким образом, форматы узкополосных сигналов должны учитывать некоторые эффекты замирания в их рабочей ширине полосы.

Следует также учесть, что замирание в этой полосе частот будет иметь пакетную характеристику как для ясной прямой видимости, так и для затененной, которая возникает при перемещении спутника либо движении пользователя. Конструкция системы должна тщательно учитывать эти характеристики замирания при определении структуры сигнала и структуры основной полосы частот.

2.1 Затухание при ясной прямой видимости

В условиях ясной прямой видимости ни одно препятствие не блокирует сигнал спутника. Портативное оконечное устройство связи, функционирующие в этих условиях, должно бороться с двумя видами эффектов ослабления сигнала, которые могут потребовать дополнительного энергетического запаса. Эти эффекты таковы: отражение от земли и помеха от тела пользователя. Последний может также быть описан как блокировка от головы пользователя или помеха от головы, когда портативная подвижная земная станция со встроенной антенной применяется в телефонах в виде микротелефонной трубки.

Геометрия с малым углом возвышения способствует более сильному ослаблению. Для произвольного углового положения источника сравнительно велика вероятность того, что голова частично закроет или прямую видимость в направлении антенны, или многолучевое направление от поверхности земли.

Максимальная скорость изменения замирания, также называемая шириной полосы замирания, определяется изменением геометрии между двумя конечными точками связи, а также теми типами объектов, которые вызывают замирание, таким как деревья, холмы и т. д. Например, когда в одной конечной точке находится негеостационарный спутник, а в другой – стационарная портативная подвижная земная станция, ширина полосы замирания будет узкой и будет зависеть от относительного движения спутника. В ином случае, когда в двух конечных точках находятся движущаяся подвижная земная станция и негеостационарный спутник, ширина полосы замирания будет шире и зависеть главным образом от скорости подвижного оконечного устройства. Исследование рассмотренных данных показало, что ширина полосы замирания меняется в пределах 20–200 Гц. Более высокие значения ширины полосы замирания будут влиять на схему обнаружения приемника и на конструкцию систем, зависящих от контроля мощности.

2.2 Ослабление сигнала, вызванное экранированием деревьев

Вероятно, существует небольшое различие в ослаблении сигнала, связанного с замиранием, между средним и большим значением угла возвышения в условиях экранированием деревьями, так как эффект затенения преобладает по сравнению с влиянием возвышения (см. Рекомендацию МСЭ-R Р.681, Приложение 1, п. 4.1).

2.3 Эффекты, возникновение которых связано с многолучевым распространением от строений

В таких местах, где имеются высокие строения, как в пригородной и городской среде, возможно два дополнительных эффекта затухания сигнала:

- почти полная блокировка составляющей сигнала прямой видимости;
- многолучевое распространение (отличное от отражения от земли) от больших строений, например, зданий или водонапорных башен, влияющих на сигналы прямой видимости.

В персональной спутниковой связи многолучевое распространение в случае значительного уровня мощности очень значительно, если существует большая задержка во многолучевом распространении по сравнению с длительностью символа. Вывод заключается в том, что замирание может быть частотно-избирательным и, возможно, в структуру приемников сигнала следует включать эквалайзеры. Этот эффект значительно отличается от аналогичного в системах наземной сотовой или наземной транковой связи, конструкция которых позволяет преодолеть ослабление путем использования высокой передаваемой мощности по отношению к наклонной дальности.

Собрано очень мало количественных данных о многолучевом распространении для геометрии трасс передачи спутника. Тем не менее, один набор данных, собранный в плотной городской среде, показал, что компоненты сигнала многолучевого распространения, зарегистрированные во время этой измерительной кампании, имеют либо низкое значение мощности, либо очень низкую степень вероятности, или и то, и другое, по сравнению с компонентами сигнала прямой видимости. Таким образом, эти измерения позволяют сделать заключение, что строения, вызывающие многолучевое распространение, не будут помехой для негеостационарных систем подвижной спутниковой связи, использующих сигнал прямой видимости.

В Дополнении 1 описывается пример системы временного и частотного мультиплексирования (TDM/FDM), спроектированной с учетом вышесказанного.

Дополнение 1 к Приложению 1

1 Ослабление распространения сигнала негеостационарных подвижных спутниковых системах, предоставляющих услуги персональной связи без разнесения спутников

1.1 Рабочие характеристики узкополосного канала с применением вокодера

Используя ограниченную информацию о распространении сигнала, собранную в процессе создания описываемой системы (в данном Дополнении далее именуемую "испытательные данные"), были рассчитаны рабочие характеристики узкополосного канала для многостанционного доступа с временным разделением каналов (TDMA) в режиме пакетной передачи для одиночного негеостационарного спутника в портативной подвижной земной станции. В формате пакета реализовано временное сжатие с коэффициентом 11 при формировании пакетов передачи длиной 8 мс, для передачи данных, обработанных вокодером, каждые 90 мс. Результаты испытательной оценки суммируют требования к энергетическому запасу линии связи для обеспечения приемлемого качества голосовой связи, обработанной вокодером. Ослабление сигнала характеризуется уровнем замирания на уровне 90-го перцентиля в дБ. Ослабление включает условия либо затенения от деревьев, либо в чистой прямой видимости. Данные описывают форму устойчивости сигнализации. В окружающей среде, где 90% замирания находится ниже определенного уровня и связано с определенной интенсивностью ошибочных битов, запас вокодера, требуемый для качественной голосовой связи, значительно меньше, чем максимальная глубина затухания. Например, энергетический запас линии связи, равный 8 дБ, будет обеспечивать канал, в котором 90% ослабления менее 10 дБ. Приемлемое качество голосовой связи, обработанной вокодером, было определено при использовании метода имитационного моделирования как равного по меньшей мере 90% от оценки качества идеального канала вокодера (например, среднее значение оценки – средняя экспертная оценка).

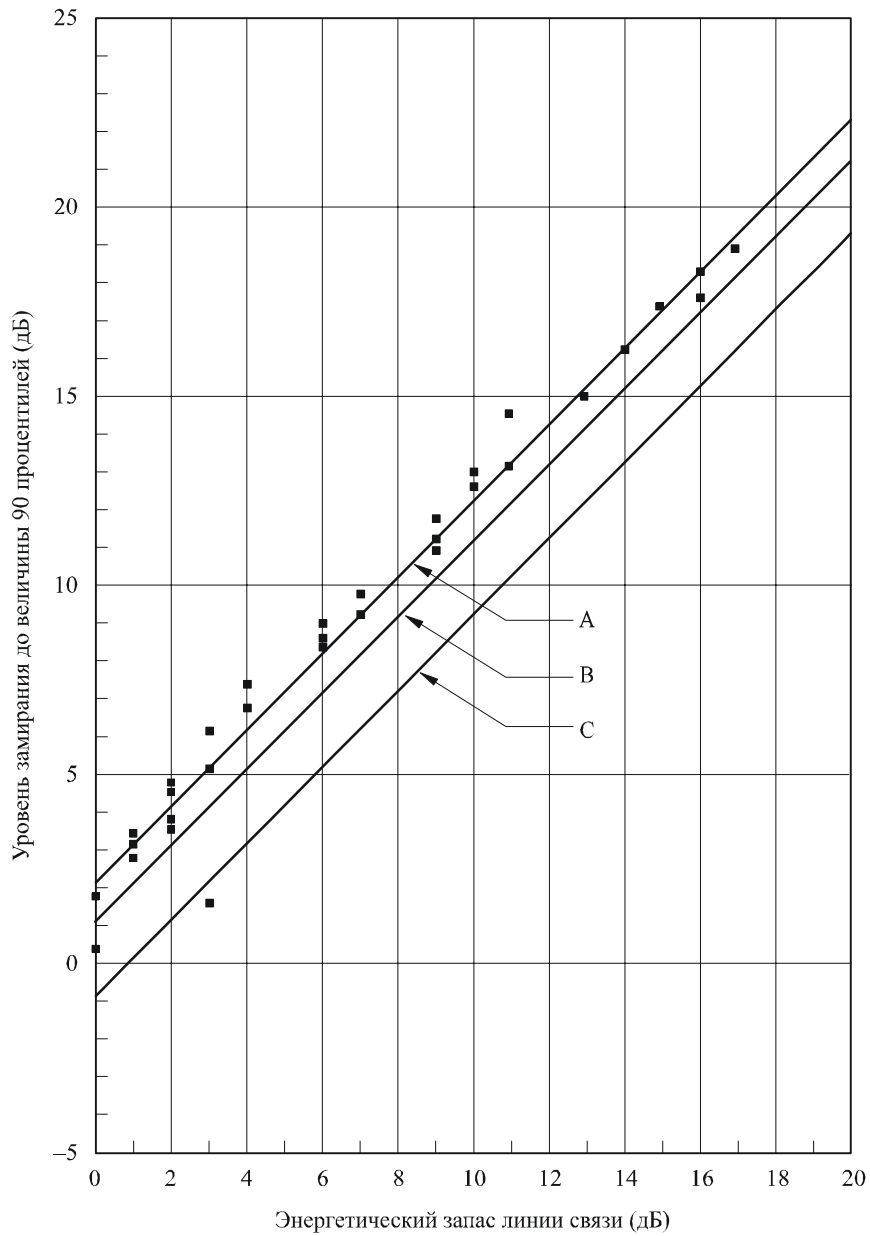
Энергетический запас измеряется в дБ сверх значения отношения E_b/N_0 , которое требуется для поддержания заданной интенсивности ошибочных битов (BER), для сигнализации QPSK в статичном гауссовском канале. Он был определен в представленном примере при использовании измерений замираний канала к голосовой каналу, обработанному вокодером, при избирательном кодировании с частотой 2/3. Модель вокодера, использованного при данном определении, – VSELP 4800. Хорошо спроектированная схема защиты от ошибок вокодера позволит достичь качества связи в канале при 1% интенсивности ошибочных битов. Ряд BER 1% данных является минимальной среднеквадратической погрешностью, линейным приближением значений данных. Теоретически возможно планировать требуемое значение работоспособности для условий больших значений показателя BER, которые также представлены на рис. 1. Более точно, если рассмотреть стандартный график BER сигнализации QPSK, увеличение показателя интенсивности ошибочных битов с 1% до 5% соответствует уменьшению мощности сигнала на 3 дБ. Поэтому для обеспечения неизменного качества речи при заданном уровне замирания, энергетический запас должен увеличиваться пропорционально возрастанию BER. Это условие также относится к негауссовскому каналу с замиранием. В общем случае, канал связи, вызывающий уровни замирания, превышающие значения интенсивности ошибочных битов от 1 до 3%, требует дополнительной защиты данных вокодера. Наиболее эффективный способ состоит в использовании избыточного энергетического запаса.

Несколько других факторов, помимо рассмотренного энергетического запаса, также влияют на качество связи в канале, обработанном вокодером. В частности, статистика замирания канала, скорость вокодера, кодирование для предупреждения ошибок и побитовое перемежение также могут повлиять на качество связи. Оценка эффекта ослабления сигнала в канале, основанная на изучении фактических данных за определенный интервал времени, позволяет сделать более точные выводы. Также, оценка, основанная на фактических данных, не требует допущений в отношении статистической природы канала, например, стационарный, нестационарный, Релея (Rayleigh), Райсовское (Rician), нормально-логарифмический, и поэтому не предполагает дополнительного обоснования. Пример испытательных данных для связи с множественным доступом с временным разделением каналов приведен на рис. 1. На нем изображены результаты испытаний для замирания для уровня значимости 90-го перцентиля. Уровень значимости 90-го перцентиля использован для большей степени достоверности выводов. Рисунок показывает, что порог замирания 16 дБ достаточен

для качественной связи в конкретной системе мобильной спутниковой телефонной связи, рассмотренной здесь, где уровень замирания на уровне 90-го перцентиля составляет 18 дБ. Если аналогичные результаты представить для уровня 50-го перцентиля (медианы), глубина замирания будет ниже, и потребуется энергетический запас для возмещения такого уровня замирания.

РИСУНОК 1

Энергетический запас линии связи для обеспечения приемлемого качества голоса



Частота неисправляемых ошибок канала:

A: 1% ошибочных битов

B: 2% ошибочных битов

C: 5% ошибочных битов

В целом, вокодеры с высокими скоростями являются более надежными в каналах передачи с замиранием. Также, для обеспечения большей защиты от ошибок может быть подобрана скорость кодирования. Но в обоих последних случаях высокие скорости подразумевают меньшую мощность канала для каналов с ограниченной шириной полосы пропускания. Таким образом, необходим баланс между энергетическим запасом и скоростью вокодера или энергетическим запасом и скоростью кодирования. До настоящего времени, выбор чаще падал на более высокий энергетический запас. Относительно большая длительность битового перемежения улучшает качество, но, тем не менее, этот метод обладает существенным недостатком в голосовых каналах – увеличение задержки связи. Таким образом, несмотря на то, что качество передачи данных может быть улучшено, качество голосовой связи будет снижаться.

1.2 Энергетический запас линии связи

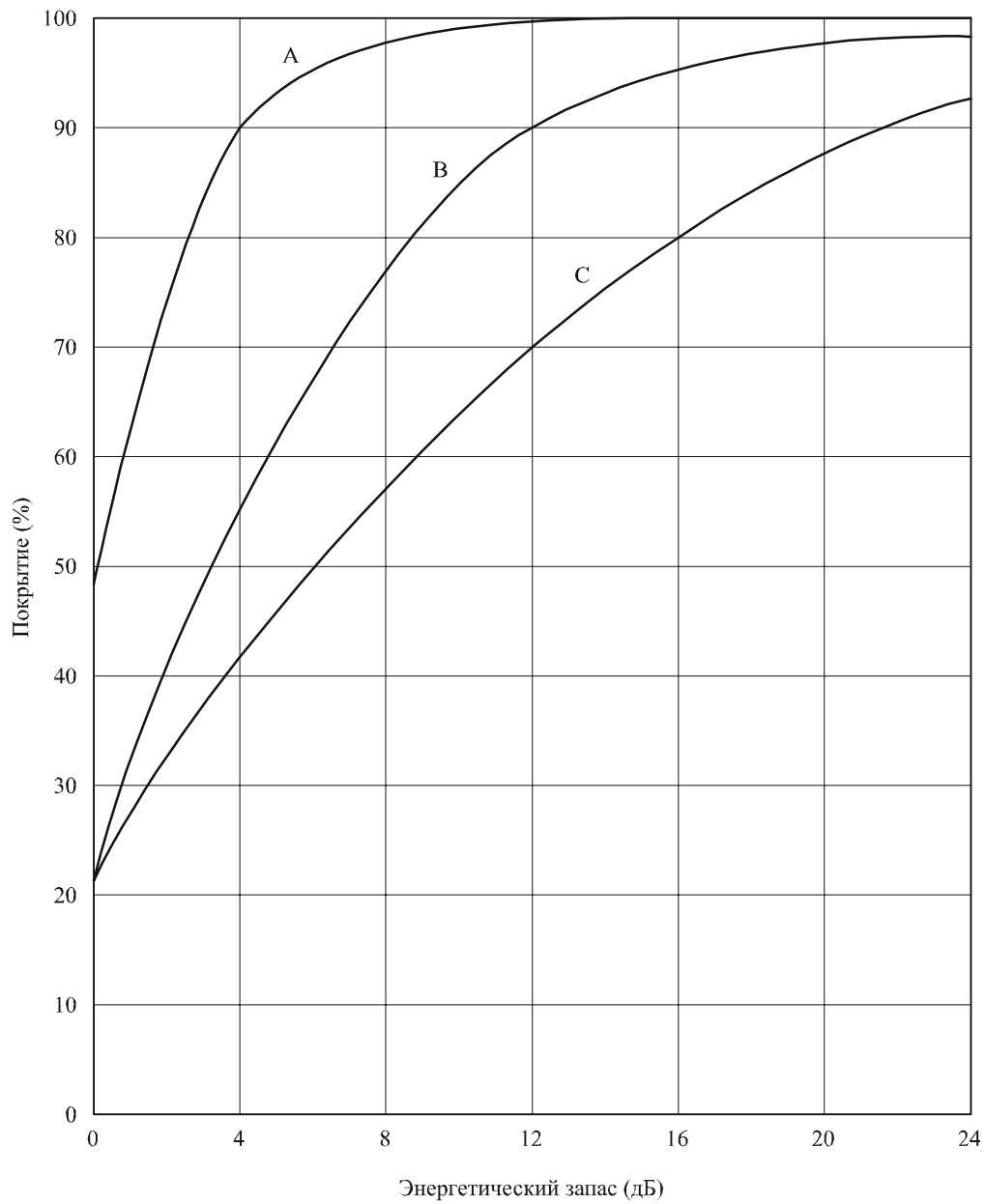
Негеостационарные спутниковые портативные системы подвижной спутниковой связи, спроектированные для единственного спутника одноразового обслуживания, могут столкнуться с необходимостью бороться с ситуациями низкого угла возвышения. В этих условиях ослабление сигнала при распространении может иметь глубину замирания от 6 до 12 дБ, в зависимости от положения антенны относительно головы, азимута, угла возвышения и среды распространения.

В настоящее время, в соответствии с рис. 1, при худшем значении в 12 дБ (на ординате) для канала со статическим значением интенсивности ошибочных битов, равного 1%, требуется по крайней мере 10 дБ энергетического запаса для того, чтобы обеспечить качественную голосовую связь.

1.3 Зона покрытия под влиянием затенения

Для определения оценки зоны покрытия при различных условиях затенения и запаса замирания для конкретной системы ПСС, рассмотренной здесь, применялся набор данных для распространения в полосе 1,6 ГГц. Это представлено на рис. 2. Данные были охарактеризованы как сильно, умеренно и слабо затененные. Характеристика каждого набора данных основывалась как на определении вероятности затенения, так и среднего значения глубины замирания, когда затенение присутствовало. Ухудшение качества речи было определено как функция запаса замирания, при условии, что использовался идеальный модем QPSK с 2 дБ потерь на аппаратную реализацию. Запас замирания определяется как избыточный запас над компонентой прямой видимости, при допущении эталонного значения 4,3 дБ E_b/N_0 . Значения ухудшения рассчитываются при использовании вокодера VSELP со скоростью 4800 бит/с и долей кодирования канала блока принятия трудоемких решений, равной 2/3. При оценке ухудшения качества речи использовалась взаимосвязь между качеством речи и интенсивностью ошибочных битов канала, а также долей потери кадров. Эта взаимосвязь была выявлена путем многочисленных испытаний на прослушивание. С использованием этой взаимосвязи, качество речи определялось для каждой секунды данных замирания временного ряда. Значение ухудшения, превышающее 10%, исходя из условия отсутствия ошибок, считалось недопустимым, и покрытие определялось как недостаточное. Значения покрытия, показанные на рис. 2, представляют процент окон в 1 секунду, в которых ухудшение качества речи меньше, чем 10%. Значения покрытия были рассчитаны для условий сильного, умеренного и слабого затенения.

РИСУНОК 2
Покрытие при ухудшении <10% от идеальных условий



Линии
А: слабое затенение
В: умеренное затенение
С: сильное затенение

1188-02

2 Выводы

В данном Дополнении описаны некоторые виды ослабления сигнала при распространении, влияющие на негеостационарные системы подвижной спутниковой связи, работающие на частоте 1,6 ГГц. Также показано, как учет этих ослаблений может применяться при проектировании негеостационарных систем подвижной спутниковой связи. Основные результаты изучения эффектов распространения на этих негеостационарных спутниковых трассах следующие:

- изменяющаяся во времени природа уровней принимаемого сигнала из-за движения спутника, использования абонентом портативной подвижной земной станции и окружающей среды;
- наличие существенного и изменяющегося во времени замирания в условиях чистой прямой видимости между геостационарным спутником и портативным оконечным устройством. (Данный вид замирания обусловлен зеркальным отражением от земли, расположенной рядом с абонентом, и помехой или затенением от головы или тела абонента);
- существование значительного замирания на трассах распространения сигнала, с затенением от деревьев;
- важно подтвердить, что, если существует нечастотно-избирательное (равномерное) замирание, то энергетический запас может быть использован для борьбы с ним для обеспечения качественной связи;
- данные измерений в плотной городской среде показывают, что для такой среды вызванные структурой многолучевые отражения с большой задержкой являются маломощными относительно компоненты прямой видимости и статистически редко имеют место.

Характеристики этих негеостационарных ослаблений сигнала при распространении отличаются от тех, которые имели место в наземных службах сетей персональной связи. Поэтому некоторые системные решения, применяемые в наземной подвижной связи, такие как увеличенная мощность передатчика или уменьшение наклонной дальности, неприменимы для экономически целесообразного использования негеостационарных спутниковых систем.

Основываясь на характеристиках данной информации о распространении в негеостационарных системах можно сделать вывод, что необходимы достаточные энергетические запасы в узкополосных системах временного и частотного мультиплексирования для качественной связи при большом числе возможных условий распространения при прямой видимости негеостационарного космического аппарата. Было показано, что, помимо всего прочего, формат узкополосного сигнала многостанционного доступа с разделением частот/с временным разделением каналов позволяет бороться с ослаблением сигнала при распространении в негеостационарных каналах, работающих в полосе 1,6 ГГц, путем использования соответствующего энергетического запаса.
