

УДК 621.396.67.091

Ways to Reduce the Impact of High Attenuation in Sediments

Vadim A. Zhukov

«Space communication», CSC «Zheleznogorsk»
4a Krasnoyarsk Str., Zheleznogorsk,
Krasnoyarsk region, 662971, Russia

Received 10.06.2013, received in revised form 15.07.2014, accepted 20.09.2014

The rapid development of satellite communications in the world has led to a shortage of frequency-orbital resource on geostationary orbit. In search of a solution to this issue global community of communicators goes all the higher frequency range. The use of Ka-band frequencies allows to solve the problem of shortage of frequency-orbital resource, to increase the bandwidth of communication channels, to reduce the cost of subscriber stations, however, requires engineers new challenges. A significant obstacle to the use of Ka-band frequencies is a significant attenuation in the sediments. The article considers the methods to reduce the impact of high damping in the rain on the readiness of the radio link.

Keywords: satellite communications, propagation of radio waves.

Способы снижения влияния высокого затухания в осадках

В.А. Жуков

ФГУП «Космическая связь», ЦКС «Железногорск»
Россия, 662971, Красноярский край, Железногорск,
ул. Красноярская, 4а

Бурное развитие спутниковой связи в мире привело к дефициту частотно-орбитального ресурса на геостационарной орбите. В поисках решения этого вопроса мировое сообщество связистов уходит во все более высокочастотный диапазон. Использование Ka-диапазона частот позволяет на время решить проблему дефицита частотно-орбитального ресурса, повысить пропускную способность каналов связи, снизить стоимость абонентских станций, однако требует от инженеров решения новых задач. Существенной преградой на пути использования Ka-диапазона частот является значительное затухание в осадках. В статье рассмотрены методы снижения влияния большого затухания в дожде на готовность радиолинии.

© Siberian Federal University. All rights reserved

* Corresponding author E-mail address: vzhukov@rsc.ru

Ключевые слова: спутниковые коммуникации, распространение радиоволн.

26 декабря 2013 года успешно осуществлен запуск современного космического аппарата (КА) спутниковой связи «Экспресс-АМ5». Пуск характерен не только тем, что это первый спутник в линейке космических аппаратов на тяжелой космической платформе «Экспресс-2000», но и тем, что на нем впервые для России использован Ка-диапазон частот (30/20 ГГц). Данный КА предназначен для работы на геостационарной орбите в орбитальной позиции 140 градусов восточной долготы (в.д.). ФГУП «Космическая связь» в текущем году планирует к запуску еще два космических аппарата с Ка-диапазоном частот: «Экспресс-АМ4R» в орбитальную позицию 80 градусов в.д., «Экспресс-АМ6» в орбитальную позицию 53 градуса в.д.

Более широкая полоса частот в Ка-диапазоне, чем в С и Ки, позволяет формировать каналы с более высокой скоростью передачи информации, более высокая энергетика позволяет использовать более дешевые и малогабаритные абонентские терминалы, однако не все так безоблачно в развитии Ка-диапазона частот. Посмотрим, какие преимущества дает нам использование нового диапазона и какие трудности нас ожидают. Зоны обслуживания КА «Экспресс-АМ5» и «Экспресс-АМ6» представляют собой лучи $0,7 \times 0,7$ градуса, расположенные вдоль пояса наибольшей плотности населения Российской Федерации по южной границе. Зона обслуживания КА «Экспресс-АМ4R» – два перенацеливаемых луча с раскрывом $1,5 \times 1,5$ градуса. Эффективная изотропно-излучаемая мощность (ЭИИМ) в лучах составляет около 60 дБВт для зон КА «Экспресс-АМ5», «Экспресс-АМ6» и 54,5 дБВт для зоны «Экспресс-АМ4R». Хорошая энергетика в зоне обслуживания позволяет использовать абонентские терминалы с маленькими антеннами и низкими мощностями передатчиков. В данном случае параметры терминала составляют 0,98 м при мощности передатчика 2 Вт, что существенно удешевляет стоимость терминала и услуги.

Однако существенным препятствием в развитии Ка-диапазона частот является резкое возрастание затухания в осадках. Расчеты показывают, что на частоте 30 ГГц при интенсивности осадков 22 мм/ч затухание в осадках составляет более 20 дБ.

В современной литературе представлено несколько способов уменьшения влияния столь значительного изменения сигнала в радиолинии [1]:

- метод регулирования мощности;
- метод разнесенного размещения земных станций;
- метод адаптивной передачи.

Метод регулирования мощности подразумевает наличие запаса в усилителе мощности, равного величине затухания в осадках для заданного процента времени доступности радиолинии. Однако чем выше диапазон частот, тем дороже использовать данный метод.

Результаты расчета затухания в дожде для интенсивности 22 мм/ч на частоте 30 ГГц показывают, что для 99,99 % готовности радиолинии необходимо иметь запас в 21,15 дБ [2].

Второй метод – метод разнесенного размещения земных станций – предполагает, что «плотные очаги дождя, обуславливающие большие значения затухания на линии Земля – космос, часто имеют горизонтальные размеры, не превышающие нескольких километров» [2]. Следовательно, если разместить две земные станции, используемые для организации одного

канала связи в некотором отдалении друг от друга, то возможно снизить требования к времени готовности одного отдельного участка связи Земля– космос, сохранив общее время готовности канала связи на высоком уровне.

Для количественной оценки выигрыша при использовании метода разнесенных площадок используют две величины: коэффициент усиления за счет пространственного разнесения и коэффициент улучшения от разнесения. Если говорить о коэффициенте усиления за счет разнесения, то это разница в децибелах между средним затуханием при одиночном расположении станции для заданного времени превышения и затуханием, полученным при расчете разнесенного размещения для того же самого времени превышения. Так, если для времени превышения 0,01 % затухание для одиночной площадки составит 21 дБ, а для разнесенного приема 10 дБ при том же времени превышения 0,01 %, то коэффициент усиления за счет разнесенного приема составит 11 дБ, а следовательно, запас в радиолинии надо будет брать на 11 дБ меньше. К примеру, если для работы в условиях ясного неба требуется выходная мощность 10 Вт, то при одиночном расположении станции потребуется передатчик 1 кВт, а при разнесенном приеме – 100 Вт.

Коэффициент улучшения за счет разнесения характеризует эквивалентное снижение требований к коэффициенту готовности одиночной радиолинии при сохранении общего коэффициента готовности на требуемом уровне. Если используется схема с пространственным разнесением, то для каждого отдельного участка Земля – космос можно снизить требование к времени готовности на порядок при разнесении между площадками 30 км. Таким образом, закладывая запас на одну земную станцию в 8 дБ, мы можем обеспечить коэффициент готовности радиолинии 99,9 % (что соответствует 525,6 мин простоя в год) для одной линии и суммарная готовность канала составит 99,99 % (что соответствует 52,56 мин простоя в год). В [1] представлены зависимости процента времени превышения с разнесением и без разнесения.

Третьим способом парирования значительного увеличения затухания в радиолинии является «адаптация» параметров сигнала для сохранения требуемого отношения сигнал/шум в радиолинии. К таким методам относится [1] использование дополнительных ресурсов, в нормальном состоянии находящихся в резерве, для снижения влияния большого затухания. Такими дополнительными ресурсами могут быть:

- увеличение времени передачи (например, использование незанятых слотов при TDMA многостанционном доступе) с использованием или без использования кодов корректирующих ошибки;
- переход на более низкий диапазон частот, менее подверженный влиянию;
- использование увеличения ЭИИМ на линии вверх.

Кроме того, используются переходы на более низкие порядки модуляции.

В заключение отметим, что повышение требований к готовности канала связи влечет за собой использование более дорогостоящих решений. Гибкое использование комбинации методов совместно со снижением требований к коэффициенту готовности канала (где это допустимо) позволит снизить затраты на создание каналов связи.

Список литературы

[1] Satellite communications systems. Gerard Maral, Michel Bousquet. – 5th ed. Wiley & Sons Ltd., 2009.

[2] Рекомендация МСЭ-R P.618-10. Данные о распространении радиоволн и методы прогнозирования, необходимые для проектирования систем связи Земля– космос. Международный союз электросвязи. – Женева, 2009.