

Международный союз электросвязи

МСЭ-R

Сектор радиосвязи МСЭ

Рекомендация МСЭ-R RA.517-4
(05/2006)

**Защита радиоастрономической службы
от передатчиков, работающих
в соседних полосах частот**

Серия RA
Радиоастрономия



Международный
союз
электросвязи

Предисловие

Роль Сектора радиосвязи заключается в обеспечении рационального, справедливого, эффективного и экономичного использования радиочастотного спектра всеми службами радиосвязи, включая спутниковые службы, и проведении в неограниченном частотном диапазоне исследований, на основании которых принимаются Рекомендации.

Всемирные и региональные конференции радиосвязи и ассамблеи радиосвязи при поддержке исследовательских комиссий выполняют регламентарную и политическую функции Сектора радиосвязи.

Политика в области прав интеллектуальной собственности (ПИС)

Политика МСЭ-R в области ПИС излагается в общей патентной политике МСЭ-T/МСЭ-R/ИСО/МЭК, упоминаемой в Приложении 1 к Резолюции 1 МСЭ-R. Формы, которые владельцам патентов следует использовать для представления патентных заявлений и деклараций о лицензировании, представлены по адресу: <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/en>, где также содержатся Руководящие принципы по выполнению общей патентной политики МСЭ-T/МСЭ-R/ИСО/МЭК и база данных патентной информации МСЭ-R.

Серии Рекомендаций МСЭ-R

(Представлены также в онлайн-форме по адресу: <http://www.itu.int/publ/R-REC/en>.)

Серия	Название
BO	Спутниковое радиовещание
BR	Запись для производства, архивирования и воспроизведения; пленки для телевидения
BS	Радиовещательная служба (звуковая)
BT	Радиовещательная служба (телевизионная)
F	Фиксированная служба
M	Подвижная спутниковая служба, спутниковая служба радиоопределения, любительская спутниковая служба и относящиеся к ним спутниковые службы
P	Распространение радиоволн
RA	Радиоастрономия
RS	Системы дистанционного зондирования
S	Фиксированная спутниковая служба
SA	Космические применения и метеорология
SF	Совместное использование частот и координация между системами фиксированной спутниковой службы и фиксированной службы
SM	Управление использованием спектра
SNG	Спутниковый сбор новостей
TF	Передача сигналов времени и эталонных частот
V	Словарь и связанные с ним вопросы

Примечание. – Настоящая Рекомендация МСЭ-R утверждена на английском языке в соответствии с процедурой, изложенной в Резолюции 1 МСЭ-R.

Электронная публикация
Женева, 2011 г.

© ITU 2011

Все права сохранены. Ни одна из частей данной публикации не может быть воспроизведена с помощью каких бы то ни было средств без предварительного письменного разрешения МСЭ.

РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R RA.517-4*

**Защита радиоастрономической службы от передатчиков,
работающих в соседних полосах частот**

(Вопрос МСЭ-R 145/7)

(1978-1982-1992-2003-2006)

Сфера применения

В настоящей Рекомендации предоставляется руководство для администраций и/или операторов по защите радиоастрономической службы (РАС) от помех из-за внеполосных излучений, которые могут быть причинены действующими службами с распределениями в соседних с РАС полосах частот.

Ассамблея радиосвязи,

учитывая

- a) ценность научных результатов, достигнутых радиоастрономической службой (РАС) благодаря исследованию Вселенной;
- b) необходимость в свободных от помех полосах частот на интервалах по всему радиочастотному спектру с целью возможности проведения радиоастрономических измерений;
- c) что пороговые уровни помех, недопустимых для РАС, приведены в Приложении 1 к Рекомендации МСЭ-R RA.769;
- d) что в Рекомендации МСЭ-R RA.1513 предоставляются приемлемые уровни потери данных для радиоастрономических наблюдений и критерии процента времени вследствие ухудшения под воздействием помех в полосах частот, распределенных РАС на первичной основе;
- e) что излучения во внеполосной области, как правило, являются следствием процесса модуляции;
- f) что в некоторых случаях либо не существует пределов, указанных в Регламенте радиосвязи для внеполосных излучений, либо пределы не предоставляют необходимой для радиоастрономии защиты от передатчиков, работающих в полосах частот, соседних с полосой частот, выделенной РАС, что может причинить помехи, недопустимые для радиоастрономической службы, из-за вредных излучений этих передатчиков;
- g) трудности, испытываемые радиослужбами в проектировании и использовании передатчиков для работы в частотных полосах, соседних с полосой частот, распределенных РАС, так чтобы обеспечить достаточную защиту от помех, недопустимых для РАС;
- h) увеличение уровня использования полос частот, соседних с полосами, распределенными РАС, в частности передатчиками воздушных судов и спутниковыми передатчиками;
- j) что активные и пассивные радиослужбы обязаны найти средства минимизации помех, которые могут быть недопустимыми для служб, действующих как отдельно, так и в сотрудничестве между собой, при уделении должного внимания к эффективному использованию радиочастотного спектра;

* ПРИМЕЧАНИЕ. – Администрации арабских государств не согласны с упомянутыми в Приложении 1 к Рекомендации МСЭ-R RA.769 уровнями помех, причиняющими вред РАС, которые являются нереалистичными, что подтверждено предыдущими Конференциями радиосвязи в 1995, 1997 и 2000 годах, на которых рассматривалась Рекомендация 66.

рекомендует,

1 что с целью снижения помех, недопустимых для РАС, следует принять в максимальной степени, в какой это практически возможно, все целесообразные технические меры, например использовать фильтры в передатчиках для ограничения излучений в выделенной полосе, а в радиоастрономических приемниках – для обеспечения нечувствительности к сигналам вне распределенной полосы частот;

2 что при присвоении частот станции в службе, работающей в полосе частот, соседней с полосой, распределенной РАС на первичной основе, необходимо стремиться к ограничению края необходимой полосы частот, соседней с полосой радиоастрономической службы, так чтобы излучаемая в пределах данной полосы мощность не создавала помехи, недопустимые для станции этой службы;

3 что при осуществлении администрациями будущих частотных присвоений в полосах частот, соседних с полосами, распределенными РАС, необходимо в максимальной степени, в какой это практически возможно, учитывать особый риск создания помех радиоастрономическим наблюдениям передачами космос-Земля и воздушных судов в пределах соседних полос частот;

4 что учитывая п. 1, 2 и 3, выше, администрациям, по отдельности или, если необходимо, в сотрудничестве друг с другом, следует добиваться практических решений с целью ограничения помех из-за вредных излучений ниже тех уровней, которые недопустимы для РАС.

Приложение 1

Помехи РАС от передатчиков, работающих в соседних полосах

1 Введение

Предел чувствительности большинства радиоастрономических наблюдений находится на уровне плотности потока мощности, гораздо более низком, чем используемый для приема сигналов радиосвязи. Пороги помех, являющихся недопустимыми для РАС, и критерии совместного использования частот РАС и другими службами обсуждаются в Приложении 1 к Рекомендации МСЭ-R RA.769; в таблицах 1, 2 и 3 этой Рекомендации перечислены пределы чувствительности для различных частот. Однако помехи могут также появляться от передатчиков, которые совместно не используют одну и ту же полосу частот. Их можно классифицировать как помехи на границе полосы частот и помехи от сигналов гармоник и интермодуляционных сигналов. Помехи радиоастрономической службе в области побочных излучений рассматриваются в Рекомендации МСЭ-R RA.611. Дополнительные соображения, относящиеся к защите РАС от вредных излучений вследствие применения широкополосной цифровой модуляции, приведены в Рекомендации МСЭ-R RA.1237.

Проблемы в радиоастрономических приемниках, связанные с помехами от передатчика, который работает в соседней полосе частот, могут вызываться тремя механизмами. Они могут возникнуть, если чувствительность радиоастрономического приемника к сигналам, находящимся вне радиоастрономической полосы частот, недостаточно низкая. Это может быть вызвано практическими ограничениями спада усиления приемника на краях полосы частот. Во-вторых, нелинейные эффекты в приемнике при наличии двух или более сильных сигналов на частотах, близких к краю полосы пропускания приемника, могут привести к появлению интермодуляционных продуктов, попадающих в пределы радиоастрономической полосы частот. В-третьих, помехи могут возникать из-за вредного излучения передатчика (боковые полосы модуляции, фазовый шум в генераторах и др.), попадающего в радиоастрономическую полосу частот. При рассмотрении помех на краю полосы частот общей проблемой для передающей и приемной служб является проектирование фильтров, которые будут достаточно подавлять вредную энергию без внесения недопустимых изменений (например, ослабления или фазового искажения) в полезные сигналы.

2 Помехи от спутниковых передач

Спутниковые передачи потенциально могут создавать сильные помехи радиоастрономической службе. Ввиду того, что наземные источники помех обычно находятся в дальней области боковых лепестков антенны радиотелескопа и возможно дополнительно ослаблены топографией окружающей радиообсерваторию местности, помехи от спутниковых передатчиков, вероятно, будут приниматься через главный луч и внутренние боковые лепестки, имеющие значительно более высокое усиление. Природа помех зависит от типа передатчика и услуги, предоставляемой системой, независимо от того, находятся ли спутники на геостационарной или негеостационарной орбите, и числа спутников в рассматриваемой системе, которые находятся выше горизонта по отношению к радиообсерватории. Некоторые из ситуаций, когда та или иная спутниковая служба работает в полосе частот, соседней с первичной радиоастрономической полосой, что представляет собой наибольшие потенциальные трудности для РАС, описаны в Рекомендации МСЭ-R SM.1633¹.

2.1 Геостационарные спутники

Многочисленные геостационарные спутники видны почти со всех эксплуатируемых в настоящее время радиотелескопов и занимают более или менее постоянный диапазон азимутов и углов места. Поэтому они могут быть потенциальными причиняющими затруднения источниками помех для радиоастрономических наблюдений. Радиус ГСО приблизительно в 6,6 раза больше радиуса Земли. На расстоянии этого радиуса один спутник может освещать сигналами прямой видимости треть земной поверхности, а следовательно, множество радиотелескопов.

На рисунке 1 показано положение пояса геостационарных спутников в небесных координатах так, как он виден на широтах некоторых главных радиоастрономических обсерваторий. Планы развития некоторых действующих служб предусматривают большое число геостационарных спутников. Такой ряд потенциальных источников помех, которые могут приниматься через ближние боковые лепестки диаграммы направленности антенны радиотелескопа, может представлять особую проблему для радиоастрономов.

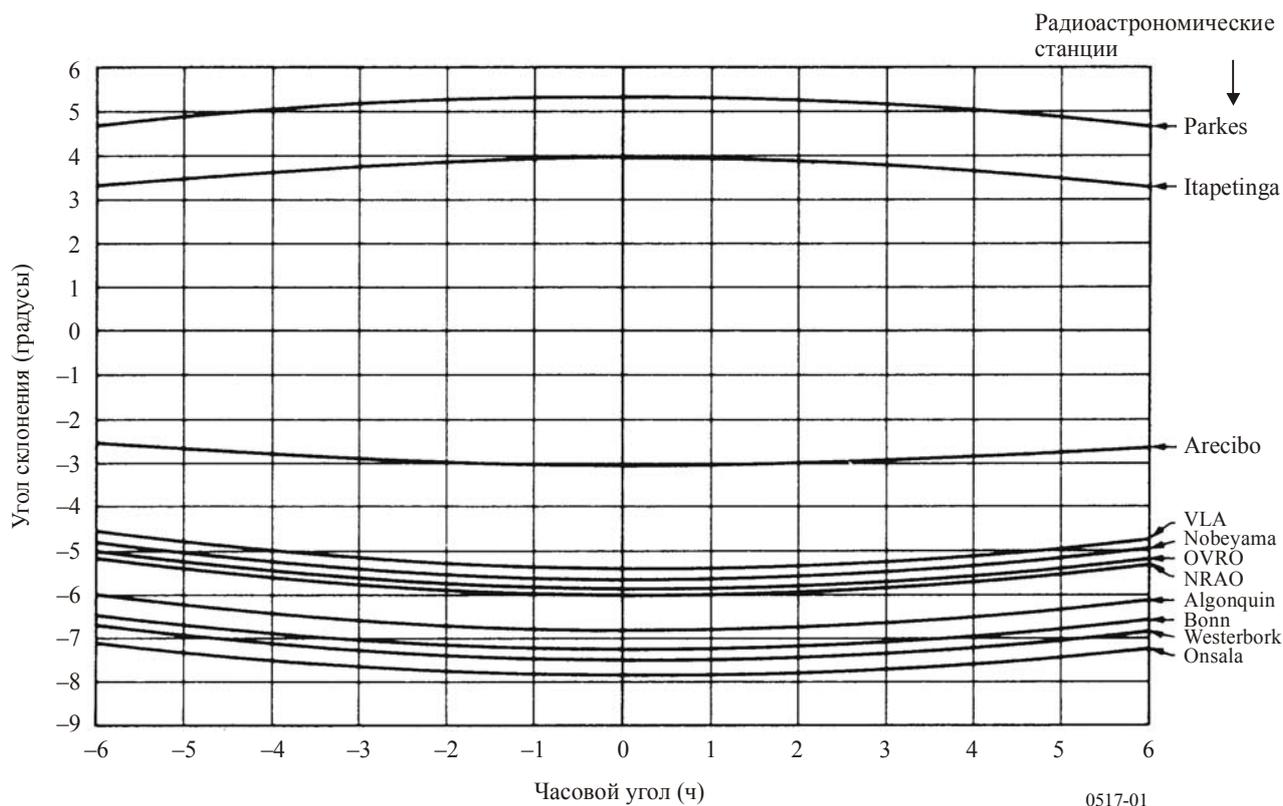
Пороговые уровни помех, недопустимых для радиоастрономии, даны в Приложении 1 к Рекомендации МСЭ-R RA.769. В ней для каждой радиоастрономической полосы частот приведена мощность в приемнике, которой достаточно для причинения помех, недопустимых для работы РАС. Перечислены также уровни эквивалентных п.п.м. ($\text{дБ}(\text{Вт}/\text{м}^2)$), связанных с этими помехами, которые рассчитаны в предположении, что усиление радиотелескопа составляет 0 дБи в направлении на источники помех. Такое усиление является подходящим для принятия во внимание наземных источников, ограниченных окрестностью горизонта. В случае же геостационарных источников ситуация будет другой.

Если предположить, что антенна РАС имеет характеристики боковых лепестков, принятые в Рекомендации МСЭ-R SA.509, то усиление в боковых лепестках упадет до 0 дБи при отклонении на 19° от оси главного луча. Для такой антенны уровень помех, недопустимых для РАС, будет превышен, если главный луч ориентирован в пределах угла 19° от спутника, что создаст п.п.м. в пределах радиоастрономической полосы частот радиообсерватории, равную пороговому уровню, указанному в Приложении 1 к Рекомендации МСЭ-R RA.769. Ряд спутников, которые размещены вдоль ГСО на интервале примерно 30° и излучают помехи на этом уровне, приведут к образованию сосредоточенной на орбите зоны, шириной приблизительно 38° , в которой радиоастрономическое наблюдение, свободное от недопустимых помех, будет исключено. Ширина этой исключенной зоны будет увеличиваться с ростом числа мешающих спутников на орбите и, в принципе, может охватить все небо. Действительное число мешающих спутников будет зависеть от того, находятся ли мешающие сигналы в пределах лучей передающих антенн спутников или излучаются в более широкой области. Внеполосные излучения, которые значительно не удалены от частоты передачи спутника, вероятно, должны направляться антеннами таким же образом, как и полезные сигналы.

¹ С соответствующим дополнительным техническим материалом можно ознакомиться на веб-сайте Рабочей группы по радиосвязи 7D.

РИСУНОК 1

Проекция геостационарной спутниковой орбиты на небесную сферу



2.2 Негеостационарные спутники

Недопустимые для РАС потенциальные помехи от негеостационарных низкоорбитальных спутников имеют место из-за работы большого числа таких спутников, при которой многие из них могут одновременно находиться выше горизонта по отношению к той или иной радиообсерватории и на прямой видимости с антенной радиотелескопа. Этот фактор приводит к ситуации, при которой антенна радиотелескопа может принимать вредные излучения от этих видимых негеостационарных низкоорбитальных спутников через многочисленные ближние и дальние боковые лепестки луча антенны, а также через основной луч. Проблему помех усиливают постоянное изменение направлений прихода мешающих сигналов и необходимость отслеживать антенной радиотелескопа наблюдаемый небесный источник. Многочисленные поступления на вход сильных сигналов могут увести рабочую точку приемника в нелинейную область, что приведет к созданию интермодуляционных продуктов.

Воздействие вредных излучений, создаваемых в местах расположения объектов радиоастрономии группировками спутников на (низких) геостационарных орбитах может быть определено с использованием метода э.п.п.м., описанного в Рекомендации МСЭ-R S.1586 – Расчет уровней вредного излучения, создаваемого системой негеостационарной фиксированной спутниковой службы в местах расположения объектов радиоастрономии, или в Рекомендации МСЭ-R M.1583 – Расчеты помех между негеостационарной подвижной спутниковой службой или системами радионавигационной спутниковой службы и местами расположения радиоастрономических телескопов, и усилений антенн, приведенных в Рекомендации МСЭ-R RA.1631.

Эти Рекомендации могут быть использованы для определения процента потери данных при проведении наблюдений, осуществляемых в том или ином месте расположения объекта радиоастрономии, из-за действия помех от данной спутниковой системы. Приемлемый процент потери данных определен в Рекомендации МСЭ-R RA.1513.