

МСЭ-R

Сектор радиосвязи МСЭ

Рекомендация МСЭ-R RS.2017
(08/2012)

Критерии качества и критерии помех для спутникового пассивного дистанционного зондирования

Серия RS
Системы дистанционного зондирования



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 МСЭ-R 1. 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	Подвижные службы, служба радиоопределения, любительская 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 МСЭ-R 1.

Электронная публикация
Женева, 2017 г.

© ITU 2017

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 RS.2017-0*

Критерии качества и критерии помех для спутникового пассивного дистанционного зондирования

(2012)

Сфера применения

В настоящей Рекомендации представлена информация о критериях качества и критериях помех для спутникового пассивного дистанционного зондирования Земли и ее атмосферы с использованием микроволновых пассивных датчиков.

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

- a) что некоторые полосы частот, включая ряд полос поглощения атмосферными газами (например, O₂ (кислород) и H₂O (водяной пар)), были распределены для космического пассивного микроволнового дистанционного зондирования;
- b) что некоторые из этих полос распределены также другим службам радиосвязи;
- c) что критерии качества являются необходимым предварительным условием для установления критериев помех и совместного использования частоты;
- d) что радиояркая температура поверхности, атмосферная температура в точках вдоль трассы и коэффициенты поглощения могут быть определены по измерениям температуры антенны датчика, T_A ;
- e) что радиояркая температура поверхности и коэффициенты поглощения, в свою очередь, зависят от физических свойств поверхности или атмосферы, которые должны зондироваться;
- f) что в результате исследований были установлены требования к чувствительности измерений;
- g) что критерии помех должны быть совместимы с требуемыми рабочими характеристиками;
- h) что критерии помех являются необходимым предварительным условием для установления критерия совместного использования частоты;
- j) что критерии помех могут быть сформулированы на основе мощности помех в эталонной ширине полосы;
- k) что пассивное микроволновое дистанционное зондирование выполняется в полосах поглощения в целях получения важных трехмерных данных об атмосфере, которые используются, в частности, для инициализации моделей численного прогнозирования погоды (NWP);
- l) что в результате исследований было установлено, что измерения в полосах поглощения чрезвычайно чувствительны к помехам, поскольку, в целом, не существует возможности выявить и отбросить данные, искаженные помехами, и распространение невыявленных искаженных данных в моделях NWP может оказать поражающее воздействие на надежность/качество прогнозирования погоды;
- m) что трехмерные измерения атмосферной температуры или концентрации газов выполняются в полосах поглощения, включая полосы в диапазонах 52,6–59,3 ГГц, 115,25–122,25 ГГц, 174,8–191,8 ГГц, а также дополнительных каналах-окнах на частотах 23,6–24 ГГц, 31,3–31,8 ГГц, 50,2–50,4 ГГц и 86–92 ГГц;

* В 2017 году 7-я Исследовательская комиссия по радиосвязи внесла редакционные поправки в настоящую Рекомендацию в соответствии с Резолюцией МСЭ-R 1.

п) что требования к качеству для пассивных датчиков могут быть сформулированы на основе значений чувствительности измерений, ΔT_e , и готовности, измеренных на спутнике, при условии, что ухудшение, вносимое другими элементами системы, будет небольшим;

о) что чувствительность радиометрических пассивных датчиков выражается в основном как перепад температур, ΔT_e , определяемый следующим выражением:

$$\Delta T_e = \alpha T_s / \sqrt{Bt} \quad \text{К,}$$

где:

ΔT_e : радиометрическое разрешение (среднеквадратичная (r.m.s.) неопределенность при оценке суммарного шума системы, T_s);

α : постоянная системы приемника;

T_s : шумовая температура системы (К) (температура антенны и шумовая температура приемника);

B : спектральное разрешение (спектрорадиометра) или "эталонная ширина полосы" одного радиометрического канала (Гц);

t : время интегрирования датчика (с);

р) что порог радиометра или минимальное различимое изменение мощности определяется следующим выражением:

$$\Delta P = k \Delta T_e B \quad \text{Вт,}$$

где k – постоянная Больцмана = $1,38 \times 10^{-23}$ Дж/К,

рекомендует,

1 чтобы приведенные в таблице 1 значения чувствительности измерений, подходящие для спутникового пассивного дистанционного зондирования суши, океанов и атмосферы Земли, использовались как критерии качества;

2 чтобы в полосах, используемых для спутникового пассивного дистанционного зондирования, требуемые минимальные значения доступности данных пассивных датчиков для каждой полосы соответствовали значениям, определенным в графе 3 (Доступность данных) таблицы 1;

3 чтобы допустимый уровень помех для космических пассивных датчиков устанавливался равным 20% от ΔP ;

4 чтобы приведенные в таблице 2 допустимые уровни помех и значения эталонной ширины полосы для полос частот, предпочтительных для спутникового пассивного зондирования суши, океанов и атмосферы Земли, использовались для любой оценки помех или исследования совместного использования частот;

5 чтобы превышение уровня помех, указанного в таблице 2, ограничивалось процентной долей зоны обзора датчика или процентной долей времени измерения, указанными в графе 4 таблицы 2.

ТАБЛИЦА 1

Критерии качества для спутникового пассивного дистанционного зондирования до 1000 ГГц

Полоса частот (ГГц)	Требуемое значение ΔT_e (К)	Доступность данных ⁽¹⁾ (%)	Режим сканирования (N, C, L) ⁽²⁾
1,370–1,427	0,05	99,9	N, C
2,64–2,70	0,1	99,9	N
4,2–4,4	0,05	99,9	N, C
6,425–7,25	0,05	99,9	N, C
10,6–10,7	0,1	99,9	N, C
15,2–15,4	0,1	99,9	N, C
18,6–18,8	0,1	99,9	N, C
21,2–21,4	0,05	99,9	N
22,21–22,5	0,05	99,9	N
23,6–24	0,05	99,99	N, C
31,3–31,8	0,05	99,99	N, C
36–37	0,1	99,9	N, C
50,2–50,4	0,05	99,99	N, C
52,6–59,3	0,05	99,99	N, C
86–92	0,05	99,99	N, C
100–102	0,005	99	L
109,5–111,8	0,005	99	L
114,25–116	0,005	99	L
115,25–122,25	0,05/0,005 ⁽³⁾	99,99/99 ⁽³⁾	N, L
148,5–151,5	0,1/0,005 ⁽³⁾	99,99/99 ⁽³⁾	N, L
155,5–158,5 ⁽⁴⁾	0,1	99,99	N, C
164–167	0,1/0,005 ⁽³⁾	99,99/99 ⁽³⁾	N, C, L
174,8–191,8	0,1/0,005 ⁽³⁾	99,99/99 ⁽³⁾	N, C, L
200–209	0,005	99	L
226–231,5	0,2/0,005 ⁽³⁾	99,99/99 ⁽³⁾	N, L
235–238	0,005	99	L
250–252	0,005	99	L
275–285,4	0,005	99	L
296–306	0,2/0,005 ⁽³⁾	99,99/99 ⁽³⁾	N, L
313,5–355,6	0,3/0,005 ⁽³⁾	99,99/99 ⁽³⁾	N, C, L
361,2–365	0,3/0,005 ⁽³⁾	99,99/99 ⁽³⁾	N, L
369,2–391,2	0,3/0,005 ⁽³⁾	99,99/99 ⁽³⁾	N, L
397,2–399,2	0,3/0,005 ⁽³⁾	99,99/99 ⁽³⁾	N, L
409–411	0,005	99	L
416–433,46	0,4/0,005 ⁽³⁾	99,99/99 ⁽³⁾	N, L
439,1–466,3	0,4/0,005 ⁽³⁾	99,99/99 ⁽³⁾	N, C, L

ТАБЛИЦА 1 (окончание)

Полоса частот (ГГц)	Требуемое значение ΔT_e (К)	Доступность данных ⁽¹⁾ (%)	Режим сканирования (N, C, L) ⁽²⁾
477,75–496,75	0,005	99	L
497–502	0,5/0,005 ⁽³⁾	99,99/99 ⁽³⁾	N, L
523–527	0,5	99,99	N
538–581	0,5/0,005 ⁽³⁾	99,99/99 ⁽³⁾	N, L
611,7–629,7	0,005	99	L
634–654	0,6/0,005 ⁽³⁾	99,99/99 ⁽³⁾	N, L
656,9–692	0,6/0,005 ⁽³⁾	99,99/99 ⁽³⁾	N, C, L
713,4–717,4	0,005	99	L
729–733	0,005	99	L
750–754	0,005	99	L
771,8–775,8	0,005	99	L
823,15–845,15	0,8/0,005 ⁽³⁾	99,99/99 ⁽³⁾	N, C, L
850–854	0,005	99	L
857,9–861,9	0,005	99	L
866–882	0,8	99,99	C
905,17–927,17	0,9/0,005 ⁽³⁾	99,99/99 ⁽³⁾	N, L
951–956	0,005	99	L
968,31–972,31	0,005	99	L
985,9–989,9	0,005	99	L

- (1) Доступность данных – это процентная доля зоны или времени, для которых имеются точные данные по конкретной зоне измерений датчика или времени измерений датчика. Доступность данных 99,99% означает зону измерений в виде квадрата на Земле площадью 2 000 000 км², если не оговорено иное; доступность данных 99,9% означает зону измерений в виде квадрата на Земле площадью 10 000 000 км², если не оговорено иное; доступность данных 99% означает время измерений, равное 24 ч, если не оговорено иное.
- (2) N: надир, режимы сканирования в надире предусматривают в основном зондирование или просмотр поверхности Земли под углами, близкими к падению по нормали. Сканирование завершается на поверхности или на разных уровнях в атмосфере в зависимости от весовых функций. L: лимб, в режимах сканирования по лимбу осуществляется просмотр атмосферы "по ребру" и заканчивается в космосе, а не на поверхности, и, соответственно, достигается взвешенный ноль на поверхности и максимум на высоте точки касания. C: конический, в режимах конического сканирования осуществляется просмотр поверхности Земли путем поворота антенны на угол смещения относительно направления на надир.
- (3) Первая цифра для режимов в надире или конических режимов, вторая цифра для применений микроволнового зондирования по лимбу.
- (4) Данная полоса необходима до 2018 года для обеспечения работы существующих и планируемых датчиков.

ТАБЛИЦА 2

Критерии помех для спутникового пассивного дистанционного зондирования до 1000 ГГц

Полоса частот (ГГц)	Эталонная ширина полосы (МГц)	Максимальный уровень помех (дБВт)	Процентная доля зоны или времени, для которой допустимо превышение уровня помех ⁽¹⁾ (%)	Режим сканирования (N, C, L) ⁽²⁾
1,370–1,427	27	-174	0,1	N, C
2,64–2,70	10	-176	0,1	N
4,2–4,4	200	-166	0,1	N, C
6,425–7,25	200	-166	0,1	N, C
10,6–10,7	100	-166	0,1	N, C
15,2–15,4	50	-169	0,1	N, C
18,6–18,8	200	-163	0,1	N, C
21,2–21,4	100	-169	0,1	N
22,21–22,5	100	-169	0,1	N
23,6–24	200	-166	0,01	N, C
31,3–31,8	200	-166	0,01	N, C
36–37	100	-166	0,1	N, C
50,2–50,4	200	-166	0,01	N, C
52,6–59,3	100	-169	0,01	N, C
86–92	100	-169	0,01	N, C
100–102	10	-189	1	L
109,5–111,8	10	-189	1	L
114,25–116	10	-189	1	L
115,25–122,25	200/10 ⁽³⁾	-166/-189 ⁽³⁾	0,01/1 ⁽³⁾	N, L
148,5–151,5	500/10 ⁽³⁾	-159/-189 ⁽³⁾	0,01/1 ⁽³⁾	N, L
155,5–158,5 ⁽⁴⁾	200	-163	0,01	N, C
164–167	200/10 ⁽³⁾	-163/-189 ⁽³⁾	0,01/1 ⁽³⁾	N, C, L
174,8–191,8	200/10 ⁽³⁾	-163/-189 ⁽³⁾	0,01/1 ⁽³⁾	N, C, L
200–209	3	-194	1	L
226–231,5	200/3 ⁽³⁾	-160/-194 ⁽³⁾	0,01/1 ⁽³⁾	N, L
235–238	3	-194	1	L
250–252	3	-194	1	L
275–285,4	3	-194	1	L
296–306	200/3 ⁽³⁾	-160/-194 ⁽³⁾	0,01/1 ⁽³⁾	N, L
313,5–355,6	200/3 ⁽³⁾	-158/-194 ⁽³⁾	0,01/1 ⁽³⁾	N, C, L
361,2–365	200/3 ⁽³⁾	-158/-194 ⁽³⁾	0,01/1 ⁽³⁾	N, L
369,2–391,2	200/3 ⁽³⁾	-158/-194 ⁽³⁾	0,01/1 ⁽³⁾	N, L

ТАБЛИЦА 2 (окончание)

Полоса частот (ГГц)	Эталонная ширина полосы (МГц)	Максимальный уровень помех (дБВт)	Процентная доля зоны или времени, для которой допустимо превышение уровня помех ⁽¹⁾ (%)	Режим сканирования (N, C, L) ⁽²⁾
397,2–399,2	200/3 ⁽³⁾	–158/–194 ⁽³⁾	0,01/1 ⁽³⁾	N, L
409–411	3	–194	1	L
416–433,46	200/3 ⁽³⁾	–157/–194 ⁽³⁾	0,01/1 ⁽³⁾	N, L
439,1–466,3	200/3 ⁽³⁾	–157/–194 ⁽³⁾	0,01/1 ⁽³⁾	N, C, L
477,75–496,75	3	–194	1	L
497–502	200/3 ⁽³⁾	–156/–194 ⁽³⁾	0,01/1 ⁽³⁾	N, L
523–527	200	–156	0,01	N
538–581	200/3 ⁽³⁾	–156/–194 ⁽³⁾	0,01/1 ⁽³⁾	N, L
611,7–629,7	3	–194	1	L
634–654	200/3 ⁽³⁾	–155/–194 ⁽³⁾	0,01/1 ⁽³⁾	N, L
656,9–692	200/3 ⁽³⁾	–155/–194 ⁽³⁾	0,01/1 ⁽³⁾	N, C, L
713,4–717,4	3	–194	1	L
729–733	3	–194	1	L
750–754	3	–194	1	L
771,8–775,8	3	–194	1	L
823,15–845,15	200/3 ⁽³⁾	–154/–194 ⁽³⁾	0,01/1 ⁽³⁾	N, C, L
850–854	3	–194	1	L
857,9–861,9	3	–194	1	L
866–882	200	–154	0,01	C
905,17–927,17	200/3 ⁽³⁾	–153/–194 ⁽³⁾	0,01/1 ⁽³⁾	N, L
951–956	3	–194	1	L
968,31–972,31	3	–194	1	L
985,9–989,9	3	–194	1	L

⁽¹⁾ Уровень 0,01% означает зону измерений в виде квадрата на Земле площадью 2 000 000 км², если не оговорено иное; уровень 0,1% означает зону измерений в виде квадрата на Земле площадью 10 000 000 км², если не оговорено иное; уровень 1% означает время измерений, равное 24 ч, если не оговорено иное.

⁽²⁾ N: надир, режимы сканирования в надире предусматривают в основном зондирование или просмотр поверхности Земли под углами, близкими к падению по нормали. Сканирование завершается на поверхности или на разных уровнях в атмосфере в зависимости от весовых функций. L: лимб, в режимах сканирования по лимбу осуществляется просмотр атмосферы "по ребру" и заканчивается в космосе, а не поверхности, и, соответственно, достигается взвешенный ноль на поверхности и максимум на высоте точки касания. C: конический, в режимах конического сканирования осуществляется просмотр поверхности Земли путем поворота антенны на угол смещения относительно направления на надир.

⁽³⁾ Первая цифра для режимов в надире или конических режимов, вторая цифра для применений микроволнового зондирования по лимбу.

⁽⁴⁾ Данная полоса необходима до 2018 года для обеспечения работы существующих и планируемых датчиков.