

МСЭ-R

Сектор радиосвязи МСЭ

Рекомендация МСЭ-R RS.2066-0
(12/2014)

**Защита радиоастрономической службы
в полосе частот 10,6–10,7 ГГц
от нежелательных излучений радаров
с синтезированной апертурой,
работающих в спутниковой службе
исследования Земли (активной)
на частоте около 9600 МГц**

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, 2015 г.

© ITU 2015

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.2066-0

Защита радиоастрономической службы в полосе частот 10,6–10,7 ГГц от нежелательных излучений радаров с синтезированной апертурой, работающих в спутниковой службе исследования Земли (активной) на частоте около 9600 МГц

(2014)

Сфера применения

В настоящей Рекомендации представлена эксплуатационная процедура, предназначенная для того чтобы не допускать связи между главными лучами систем SAR-4 спутниковой службы исследования Земли (ССИЗ) (активной) при осуществлении передачи на частоте около 9600 МГц и станций радиоастрономической службы (РАС), осуществляющих наблюдения в полосе 10,6–10,7 ГГц, с тем чтобы не наносить вред чувствительному малошумящему усилителю РАС.

Ключевые слова

ССИЗ (активная), РАС, ослабление влияния помех

Аббревиатуры/гlossарий

SAR Synthetic Aperture Radar Радар с синтезированной апертурой

Соответствующие Рекомендации/Отчеты МСЭ

Рекомендация МСЭ-R RS.2043	Характеристики радаров с синтезированной апертурой, работающих в спутниковой службе исследования Земли (активной) в полосе около 9600 МГц
Report ITU-R RA.2188	Power flux-density and e.i.r.p. levels potentially damaging to radio astronomy receivers
Report ITU-R RS.2274	Spectrum requirements for spaceborne synthetic aperture radar applications planned in an extended allocation to the Earth exploration-satellite service around 9 600 MHz
Report ITU-R RS.2308	Radio frequency compatibility of unwanted emissions from 9 GHz EESS synthetic aperture radars with the Earth exploration-satellite service (passive), space research service (passive), space research service and radio astronomy service operating in the frequency bands 8 400-8 500 MHz and 10.6-10.7 GHz, respectively

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

- a)* что полоса частот 9300–9800 МГц распределена ССИЗ (активной) на первичной основе;
- b)* что полоса частот 9800–9900 МГц распределена ССИЗ (активной) на вторичной основе;
- c)* что полоса частот 10,6–10,7 ГГц распределена РАС на первичной основе;
- d)* что активные радары, работающие в системах ССИЗ (активной) на частоте около 9600 МГц, используют излучения с ЛЧМ высокой мощности в направлении космос-Земля;
- e)* что в радиоастрономических станциях, работающих в полосе частот 10,6–10,7 ГГц, используются высокочувствительные малошумящие усилители;
- f)* что в Отчете МСЭ-R RA.2188 приведены уровни плотности потока мощности и э.и.и.м., которые потенциально наносят вред малошумящим усилителям/трактам высокой частоты РАС;

g) что уровень помех, принимаемых станциями РАС в результате излучений систем ССИЗ (активной), может при редких условиях связи между главными лучами достигать приведенных в Отчете МСЭ-R RA.2188 критических уровней или превышать их,

рекомендует,

1 чтобы в целях обеспечения совместимости SAR ССИЗ и станций РАС системы SAR ССИЗ, работающие на частотах около 9600 МГц, должны в максимальной возможной степени не допускать облучения зоны вокруг радиоастрономических станций. Размер такой зоны определен в Приложении 1. В Приложении 2 представлен перечень станций РАС, которые могут работать в полосе частот 10,6–10,7 ГГц и которые могут вести наблюдения в период облучения;

2 что в том случае, когда не выполняются условия, упомянутые в пункте 1 раздела *рекомендует*, оператор системы SAR ССИЗ должен установить связь с оператором соответствующей радиоастрономической станции не менее чем за семь календарных дней до этого события в штатном режиме работы SAR ССИЗ и не менее чем за 24 часа в режиме сбора изображений SAR ССИЗ только в чрезвычайных ситуациях, таких как управление операциями в случае бедствий, с тем чтобы координировать и, если необходимо, согласовать меры по ослаблению влияния помех или другие предупредительные меры.

Приложение 1

Определение защитной зоны вокруг станций РАС

Контур луча излучений, соответствующий запасу, который устанавливается при применении Рекомендации МСЭ-R RA.2188, определяет зону повреждаемости при потенциальной связи между лучами обеих антенн в осевых направлениях. Этот контур имеет форму эллипса, большая ось которого $\delta\theta_h$ находится в горизонтальном направлении луча, а малая ось $\delta\theta_v$ – в вертикальном направлении луча, определяя таким образом зону, в которой уровень мощности на станции РАС превысит -18 дБВт. Проекция на поверхность Земли дает размер зоны с расширением на $\pm\delta h$ в горизонтальном направлении и $\pm\delta v$ в вертикальном направлении вокруг радиоастрономической станции, которая должна быть защищена. В таблице 1 представлен диапазон параметров для недопущения случайного повреждения приемника РАС¹ с антенной диаметром 100 м на основании SAR-4, описанного в Рекомендации МСЭ-R RS.2043.

ТАБЛИЦА 1

Параметры для недопущения случайного повреждения РА приемников

Угол падения Φ	Угол горизонтального смещения $\delta\theta_h$	Угол вертикального смещения $\delta\theta_v$	Горизонтальный разнос (км) δh	Вертикальный разнос (км) δv
20°	1,02°	1,8°	9,6	18,2
55°	0,5°	1,1°	7,4	28,1

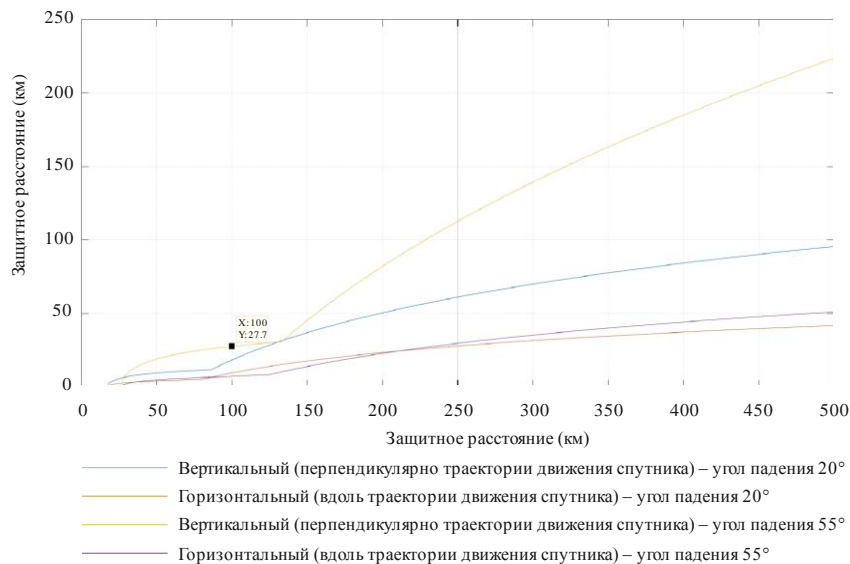
На рисунке 1 показан размер зоны вокруг подлежащей защите станции РАС, который зависит от диаметра антенны РАС и угла падения. Можно видеть, что не существует ограничений для станций

¹ В вертикальном направлении существует асимметрия величиной 5,6% для $\delta\theta_v$ и δv между внутренним и внешним углами смещения и расстояниями, которая не была принята во внимание. Перечислены только более крупные внешние значения. Проекция на поверхность земли контуров запаса, которые представляют собой искаженные эллипсы, были аппроксимированы прямоугольниками.

РАС, диаметр антенны которых менее 17 м, и что максимальное расстояние разноса относительно станции РАС составляет 28 км для большинства станций РАС.

РИСУНОК 1

Размер зоны вокруг подлежащих защите станций РАС на основе характеристик SAR-4 ССИЗ



RS.2066-0

В более общем смысле, для данного угла падения i расстояние между спутником SAR и зоной сбора определяется следующим образом:

$$d = \sqrt{(r + h)^2 - r^2 * \sin^2(i)} - r * \cos(i),$$

где:

r : радиус Земли (км);

i : угол падения (°);

h : высота SAR (км).

Соответствующий угол между надиром и зоной сбора в вертикальной плоскости определяется следующим образом:

$$\theta_v = \arcsin\left(\frac{r * \sin(i)}{r + h}\right),$$

где:

r : радиус Земли (км);

i : угол падения (°);

h : высота SAR (км).

Максимальное усиление антенны РАС может быть получено на основании диаметра антенны и частоты с помощью следующей формулы:

$$G_r = 8,9 + 20 \log(\pi D f),$$

где:

D : диаметр антенны РАС (м);

f : частота (ГГц).

На основании этих значений предел усиления антенны SAR, который обеспечит соблюдение предела принимаемой мощности, равного -18 дБВт, определяется следующим образом:

$$G_e = Pr_{limit} + L_p - G_r - P_e,$$

где:

- Pr_{limit} : принимаемая мощность, которая не должна быть превышена (-18 дБВт ниже 20 ГГц);
 L_p : потери в свободном пространстве (дБ);
 G_r : максимальное усиление антенны РАС (дБи);
 P_e : пиковая мощность SAR (дБВт).

Используя диаграммы направленности антенны SAR в горизонтальной и вертикальной плоскостях, можно определить соответствующие углы смещения $\delta\theta_h$ и $\delta\theta_v$. На основании этих углов можно вывести расстояния горизонтального и вертикального разноса δh и δv .

$$\delta h = r * \operatorname{asin}\left(\frac{d \tan(\delta\theta_h)}{r}\right),$$

где:

- r : радиус Земли (км);
 d : наклонная дальность (км);
 $\delta\theta_h$: угол горизонтального смещения ($^\circ$).

Наклонная дальность между спутником и станцией РАС, на которой соблюдается предел принимаемой мощности, определяется следующим образом:

$$d + \delta d = (r + h) \cos(\theta_v + \delta\theta_v) - \sqrt{r^2 - (r + h)^2 \sin^2(\theta_v + \delta\theta_v)},$$

где:

- r : радиус Земли (км);
 d : наклонная дальность между спутником и зоной сбора (км);
 h : высота спутника SAR (км);
 θ_v : угол между надиром и зоной сбора в вертикальной плоскости ($^\circ$);
 $\delta\theta_v$: угол вертикального смещения ($^\circ$).

Также можно вывести расстояние вертикального разноса δv :

$$\delta v = r \left(\operatorname{asin}\left(\frac{(d + \delta d)}{r} \sin(\theta_v + \delta\theta_v)\right) - \operatorname{asin}\left(\frac{d}{r} \sin(\theta_v)\right) \right),$$

где:

- r : радиус Земли (км);
 d : наклонная дальность между спутником и зоной сбора (км);
 $d + \delta d$: наклонная дальность между спутником и станцией РАС (км);
 θ_v : угол между надиром и зоной сбора в вертикальной плоскости ($^\circ$);
 $\delta\theta_v$: угол вертикального смещения ($^\circ$).

Приложение 2

Список радиоастрономических станций, работающих в полосе 10,6–10,7 ГГц

Район 1

Страна	Название	Северная широта	Восточная долгота	Размер антенны (м)
Бельгия	Humain	50° 11' 30"	05° 15' 27"	4
Финляндия	Metsahövi	60° 13' 04"	24° 23' 37"	13,7
Германия	Effelsberg	50° 31' 29"	06° 53' 03"	100
	Stockert	50° 34' 10"	06° 43' 19"	10
	Wetzell	49° 08' 41"	12° 52' 40"	20, 13,2
Италия	Medicina	44° 31' 14"	11° 38' 49"	32
	Noto	36° 52' 33"	14° 59' 20"	32
	Sardinia	39° 29' 34"	09° 14' 42"	64
Латвия	Ventspils	57° 33' 12"	21° 51' 17"	32
Норвегия	Ny Ålesund	78° 55' 45"	11° 52' 15"	20
Португалия	Flores	38° 31' 12"	-31° 07' 48"	13
	Santa Maria	36° 58' 12"	-25° 10' 12"	13
Россия	Badari	51° 45' 27"	102° 13' 16"	32
	Kaliazyn	57° 13' 29"	37° 54' 01"	64
	Pushchino	54° 49' 20"	37° 37' 53"	22
	Svetloe	61° 05' 00"	29° 46' 54"	32
	Zelenchukskaya	43° 49' 34"	41° 35' 12"	32
Южно-Африканская Республика	Hartebeesthoek	-25° 52' 48"	-27° 40' 48"	64
	MeerKAT	-30° 43' 16"	21° 24' 40"	64 антенны по 13,5
Испания	Robledo	40° 25' 38"	-04° 14' 57"	70,34
	Tenerife	28° 30' 00"	-16° 30' 00"	12
	Yebes	40° 31' 27"	-03° 05' 22"	40
Швеция	Onsala	57° 23' 45"	11° 55' 35"	20
	Onsala	57° 23' 35"	11° 55' 04"	2 антенны по 12
Швейцария	Bleien	47° 20' 26"	08° 06' 44"	5
Турция	Kayseri	38° 59' 45"	36° 17' 58"	5
Соединенное Королевство	Merlin Cambridge (mean)	52° 10' 01"	00° 03' 08"	32
	Merlin Knockin	52° 47' 25"	-02° 59' 50"	25
	Merlin Darnhall	53° 09' 23"	-02° 32' 09"	25
	Merlin Jodrell Bank (mean)	53° 14' 07"	-02° 18' 23"	64
	Merlin Pickmere	53° 17' 19"	-02° 26' 44"	25

Список радиоастрономических станций, работающих в полосе 10,6–10,7 ГГц

Район 2

Страна	Название	Северная широта	Восточная долгота	Размер антенны (м)
Бразилия	Itapetinga	–23° 11' 05"	–46° 33' 28"	14
Канада	Algonquin Radio Obsy	45° 57' 19"	–78° 04' 23"	3,7 и 9,1
США	Arecibo	18° 20' 39"	–66° 45' 10"	305
	GGAO Greenbelt	39° 06' 00"	–76° 29' 24"	12
	Green Bank Telescope	38° 25' 59"	–79° 50' 23"	100
	Haystack	42° 36' 36"	–71° 28' 12"	18
	Koikee Park	22° 07' 34"	–159° 39' 54"	20
	Jansky VLA	33° 58' 22" до 34° 14' 56"	–107° 24' 40" до –107° 48' 22"	25 антенн по 27
	VLBA Brewster, WA	48° 07' 52"	–119° 41' 00"	25
	VLBA Fort Davis, TX	30° 38' 06"	–103° 56' 41"	25
	VLBA Hancock, NH	42° 56' 01"	–71° 59' 12"	25
	VLBA Kitt Peak, AZ	31° 57' 23"	–111° 36' 45"	25
	VLBA Los Alamos, NM	35° 46' 30"	–106° 14' 44"	25
	VLBA Mauna Kea, HI	19° 48' 05"	–155° 27' 20"	25
	VLBA North Liberty, IA	41° 46' 17"	–91° 34' 27"	25
	VLBA Owens Valley, CA	37° 13' 54"	–118° 16' 37"	40
	VLBA Pie Town, NM	34° 18' 04"	–108° 07' 09"	25
	VLBA St. Croix, VI	17° 45' 24"	–64° 35' 01"	25
Allen Telescope Array	40° 10' 44"	–119° 31' 53"	6 антенн по 42	
Goldstone	35° 25' 33"	–116° 53' 22"	70,3	

Список радиоастрономических станций, работающих в полосе 10,6–10,7 ГГц

Район 3

Страна	Название	Северная широта	Восточная долгота	Размер антенны (м)
Австралия	Parkes	–33° 00' 00"	148° 15' 44"	64
	Katherine	–14° 22' 32"	132° 09' 09"	12
	Mopra	–31° 16' 04"	149° 05' 58"	22
	ATCA (Narrabri)	–30° 59' 52"	149° 32' 56"	22 антенны по 6
	Tidbinbilla	–35° 24' 18"	148° 58' 59"	70, 34
	Hobart (Mt. Pleasant)	–42° 48' 18"	147° 26' 21"	26
	Ceduna	–31° 52' 05"	133° 48' 37"	30
	Yarragadee	–29° 02' 47"	115° 20' 48"	12
Китай	Miyun	40° 33' 29"	116° 58' 37"	50
	Sheshan	31° 05' 58"	121° 11' 59"	25
	Nanshan	43° 28' 16"	87° 10' 40"	25
	Tianma	31° 05' 13"	121° 09' 48"	65
	CSRH	42° 12' 31"	115° 14' 45"	2 антенны по 60
	QTT	43° 36' 04"	89° 40' 57"	110
Япония	Nobeyama	35° 56' 40"	138° 28' 21"	45
	VERA-Mizusawa	39° 08' 01"	141° 07' 57"	20, 10
	VERA-Iriki	31° 44' 52"	130° 26' 24"	20
	VERA-Ogasawara	27° 05' 31"	142° 13' 00"	20
	VERA-Ishigakijima	24° 24' 44"	124° 10' 16"	20
	Ishioka	36° 12' 31"	140° 13' 36"	13.2
	Kashima	35° 57' 21"	140° 39' 36"	34
	Usuda	36° 07' 57"	138° 21' 46"	64
	Nishi-Waseda	35° 42' 25"	139° 43' 20"	64 антенны по 2,4
	Tomakomai	42° 40' 25"	141° 35' 48"	11
	Gifu	35° 28' 03"	136° 44' 14"	11
	Yamaguchi	34° 12' 58"	131° 33' 26"	32
	Tsukuba	36° 06' 11"	140° 05' 19"	32
Корея	KSWC (Jeju)	33° 42' 36"	126° 29' 26"	3
	SGOC (Sejong)	36° 31' 12"	127° 18' 00"	22
	K-SRBL	36° 24' 00"	127° 22' 12"	2 антенны по 2
	KVN-Yonsei	37° 33' 55"	126° 56' 27"	21
	KVN-Ulsan	35° 32' 33"	129° 15' 04"	21
	KVN-Tamna	33° 17' 21"	126° 27' 37"	21
Новая Зеландия	Warkworth	–36° 25' 59"	174° 39' 52"	30, 12