Рекомендация МСЭ-R RS.2066-1

(03/2024)

Серия RS: Системы дистанционного зондирования

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

**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-Т/МСЭ-R/ИСО/МЭК, упоминаемой в 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/ru>, где также содержатся Руководящие принципы по выполнению общей патентной политики МСЭ-Т/МСЭ-R/ИСО/МЭК и база данных патентной информации МСЭ-R.

|  |  |
| --- | --- |
| **Серии Рекомендаций МСЭ-R**  (Представлены также в онлайновой форме по адресу: <http://www.itu.int/publ/R-REC/ru>.) | |
| **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, 2024 г.

© ITU 2024

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.2066-1

**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**

(2014-2024)

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/глоссарий

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, в максимальной возможной степени не допускали облучения зоны вокруг радиоастрономических станций. Размер такой зоны определен в Приложении 1. В Приложении 2 представлен перечень станций РАС, которые могу работать в полосе частот 10,6−10,7 ГГц и которые могут вести наблюдения в период облучения;

2 чтобы в том случае, когда не выполняются условия, упомянутые в пункте 1 раздела *рекомендует,* оператор системы SAR ССИЗ устанавливал 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 δθ*h*находится в горизонтальном направлении луча, а малая ось δθ*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 ±δ*h* в горизонтальном направлении и ±δ*v* в вертикальном направлении вокруг радиоастрономической станции, которая должна быть защищена. В таблице 1 представлен диапазон параметров для недопущения случайного повреждения приемника РАС[[1]](#footnote-1) 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 δθ*h* | Угол вертикального смещения δθ*v* | Горизонтальный разнос (км) δ*h* | Вертикальный разнос (км) δ*v* |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 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 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

A graph with lines and numbers

Description automatically generated

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

,

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:

,

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:

,

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:

,

где:

*Prlimit*: принимаемая мощность, которая не должна быть превышена (–18 дБВт ниже 20 ГГц);

*Lp*: потери в свободном пространстве (дБ);

*Gr*: максимальное усиление антенны РАС (дБи);

*Pe*: пиковая мощность SAR (дБВт).

Используя диаграммы направленности антенны SAR в горизонтальной и вертикальной плоскостях, можно определить соответствующие углы смещения δθ*h* и δθ*v*. На основании этих углов можно вывести расстояния горизонтального и вертикального разноса δ*h* и δ*v*.

,

где:

r: радиус Земли (км);

*d*: наклонная дальность (км);

: угол горизонтального смещения (градусы).

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

,

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 (°);

: угол вертикального смещения (градусы).

Также можно вывести расстояние вертикального разноса δ*v*:

,

где:

r: радиус Земли (км);

*d*: наклонная дальность между спутником и зоной сбора (км);

*d+*: наклонная дальность между спутником и станцией РАС (км);

θ*v*: угол между надиром и зоной сбора в вертикальной плоскости (°);

: угол вертикального смещения (градусы).

Приложение 2  
  
Список радиоастрономических станций, способных работать в полосе 10,6−10,7 ГГц

Район 1

| Страна | Название | Северная широта | Восточная долгота | Размер антенны[[2]](#footnote-2) |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Бельгия | Humain | 50° 11' 30" | 05° 15' 27" | 64 м |
| Финляндия | Metsahövi | 60° 13' 04" | 24° 23' 37" | 13,7 м; 13,2 м |
| Франция | Nancay | 47° 23' 00" | 02° 12' 00" | 16 × 1,1 м |
| Германия | Effelsberg | 50° 31' 29" | 06° 53' 03" | 100 м |
| Stockert | 50° 34' 10" | 06° 43' 19" | 10 м |
| Wettzell | 49° 08' 41" | 12° 52' 40" | 20 м: 2 × 13,2 м |
| Италия | Matera | 40° 38' 58.2" | 16° 42' 14.45" | 20 м; 13,2 м |
| Medicina | 44° 31' 14" | 11° 38' 49" | 32 м; 2,4 м |
| Noto | 36° 52' 33'' | 14° 59' 20'' | 32 м |
| Sardinia | 39° 29' 34" | 09° 14' 42" | 64 м |
| Латвия | Ventspils | 57° 33' 12" | 21° 51' 17" | 32 м |
| Норвегия | Ny Ålesund | 78° 55' 45" | 11° 52' 15" | 2 × 13,2 м |
| Португалия |  |  |  |  |
| Santa Maria | 36° 59' 07" | ‒25° 07' 33" | 13 м |
| Россия | Badari | 51° 46' 10" | 102° 14' 00" | 32 м; 13,2 м |
| Kaliazyn | 57° 13' 22" | 37° 54' 01" | 64 м |
| Pushchino | 54° 49' 20" | 37° 37' 53" | 22 м |
| Svetloe | 60° 31' 56" | 29° 46' 54" | 32 м; 13,2 м |
| Zelenchukskaya | 43° 49' 34" | 41° 35' 12" | 32 м; 13,2 м |
| Южно-Африканская Республика | Hartebeesthoek | –25° 53' 22" | 27° 41' 05" | 26 м; 13,2 м |
| MeerKAT | –30° 43' 16" | 21° 24' 40" | 64 × 13,5 м |
| SKA1-MID | –30° 42' 47" | 21° 26' 38" | 133 × 15 м |
| Испания | Gran Canaria | 28° 01' 34" | ‒15° 40' 16" | 13,2 м |
| Robledo | 40° 25' 38" | –04° 14' 57" | 70 м; 34 м |
| Tenerife | 28° 18' 00" | –16° 30' 35" | 12 м |
| Yebes | 40° 31' 27" | –03° 05' 13" | 40 м; 13,2 м |
| Швеция | Onsala | 57° 23' 45" | 11° 55' 35" | 20 м; 25 м: 2 × 13,2 м |
| Швейцария | Bleien | 47° 20' 24" | 08° 06' 42" | 5 м; 7 м |
| Zurich | 47° 22' 40.8" | 08° 33' 03" | 5 м |
| Турция | Kayseri | 38° 42' 37" | 35° 32' 43" | 13 м |
| Соединенное Королевство | MERLIN Cambridge | 52° 10' 01" | 00° 02' 14" | 32 м |
| MERLIN Knockin | 52° 47' 25" | –02° 59' 50" | 25 м |
| MERLIN Darnhall | 53° 09' 23" | –02° 32' 09" | 25 м |
| MERLIN Jodrell Bank | 53° 14' 07" | –02° 18' 23" | 26 м |
| MERLIN Pickmere | 53° 17' 19" | –02° 26' 44" | 25 м |
| MERLIN Defford | 52° 06' 02" | –02° 08' 40" | 25 м |

Район 2

| Страна | Название | Северная широта | Восточная долгота | Размер антенны[[3]](#footnote-3) |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Бразилия | Itapetinga | –23° 11' 05" | –46° 33' 28" | 14 м |
| Канада | Algonquin Radio Obsy | 45° 57' 19" | –78° 04' 23" | 46 м |
| Чили | ALMA | –23° 01' 09" | –67° 45' 12" | 54 × 12 м, 12 × 7 м |
| Мексика | INAOE RT5 | 18° 59' 04" | –97° 18' 32" | 50 м |
| США | Allen Telescope Array (ATA), Hat Creek Radio Observatory | 40° 49' 03" | –121° 28' 24" | 42 × 6 м |
| Arecibo | 18° 20' 39" | –66° 45' 10" | 305 м |
| Goddard Geophysical and Astronomic Observatory (GGAO) | 39° 01' 19" | –76° 49' 37" | 12 м |
| Goldstone Deep Space Communications Complex (GDSCC) | 35° 25' 33" | –116° 53' 22" | 70,3 м |
| Robert C. Byrd Telescope, Green Bank Observatory | 38° 25' 59" | –79° 50' 23" | 100 м |
| Westford Radio Telescope, Haystack Observatory | 42° 36' 47" | –71° 29' 38" | 18,3 м |
| Kōkeʻe Park Geophysical Observatory (KPGO) | 22° 07' 34" | –159° 39' 54" | 20 м, 12 м |
| Jansky Very Large Array (JVLA) | 33° 58' 22" to 34° 14' 56" | –107° 24' 40" to  –107° 48' 22" | 27 × 25 м |
| McDonald Geodetic Observatory (MGO) | 30° 40' 48" | –104° 01' 26" | 12 м |
| VLBA Brewster, WA | 38° 25' 59" | –79° 50' 23" | 25 м |
| VLBA Fort Davis, TX | 30° 38' 06" | –103° 56' 41" | 25 м |
| VLBA Hancock, NH | 42° 56' 01" | –71° 59' 12" | 25 м |
| VLBA Kitt Peak, AZ | 31° 57' 23" | –111° 36' 45" | 25 м |
| VLBA Los Alamos, NM | 35° 46' 30" | –106° 14' 44" | 25 м |
| VLBA Mauna Kea, HI | 19° 48' 05" | –155° 27' 20" | 25 м |
| VLBA North Liberty, IA | 41° 46' 17" | –91° 34' 27" | 25 м |
| VLBA Owens Valley, CA | 37° 13' 54" | –118° 16' 37" | 40 м, 5 × 2 м, 8 × 2 м, 2 × 27 м |
| VLBA Pie Town, NM | 34° 18' 04" | –108° 07' 09" | 25 м |
| VLBA St. Croix, VI | 17° 45' 24" | –64° 35' 01" | 25 м |

Район 3

| Страна | Название | Северная широта | Восточная долгота | Размер антенны[[4]](#footnote-4) |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Австралия | Parkes | –33° 00' 00" | 148° 15' 44" | 64 м |
| Katherine | –14° 22' 30" | 132° 09' 07" | 12 м |
| Mopra | –31° 16' 04" | 149° 05' 58" | 22 м |
| ATCA (Narrabri) | –30° 18' 47" | 149° 33' 52" | 6 × 22 м |
| Tidbinbilla | –35° 24' 18" | 148° 58' 59" | 70 м, 34 м |
| Hobart (Mt. Pleasant) | –42° 48' 18" | 147° 26' 21" | 26 м, 12 м |
| Ceduna | –31° 52' 05" | 133° 48' 37" | 30 м |
| Yarragadee | –29° 02' 47" | 115° 20' 48" | 12 м |
| Китай | Miyun | 40° 33' 29" | 116° 58' 37" | 50 м |
| Sheshan | 31° 05' 58" | 121° 11' 59" | 25 м, 13 м |
| Nanshan | 43° 28' 16" | 87° 10' 40" | 26 м; 13,2 м |
| Tianma | 31° 05' 13" | 121° 08' 00" | 65 м, 13 м |
| CSRH | 42° 12' 31" | 115° 14' 45" | 60 × 2 м |
| QTT | 43° 36' 04" | 89° 40' 57" | 110 м |
| Франция | Tahiti | −17° 31' 05" | −149° 26' 13" | 12 м |
| Япония | Nobeyama | 35° 56' 40" | 138° 28' 21" | 45 м |
| VERA-Mizusawa | 39° 08' 01" | 141° 07' 57" | 20 м, 10 м |
| VERA-Iriki | 31° 44' 52" | 130° 26' 24" | 20 м |
| VERA-Ogasawara | 27° 05' 31" | 142° 13' 00" | 20 м |
| VERA-Ishigakijima | 24° 24' 44" | 124° 10' 16" | 20 м |
| Ishioka | 36° 12' 33" | 140° 13' 08" | 13,2 м |
| Kashima | 35° 57' 21" | 140° 39' 36" | 34 м |
| Usuda | 36° 07' 57" | 138° 21' 46" | 64 м |
| Ibaraki | 36° 41' 51" | 140° 41' 32" | 32 × 2 м |
| Gifu | 35° 28' 03" | 136° 44' 14" | 11 м |
| Yamaguchi | 34° 12' 58" | 131° 33' 26" | 32 м |
| Tsukuba-NICT | 36° 03' 33" | 140° 08' 05" | 1,6 м |
| Koganei-NICT | 35° 42' 37" | 139° 29' 17" | 2,4 м; 11 м |
| Корея | KSWC (Jeju) | 33° 25' 40" | 126° 17' 45" | 1,8 м |
| SGOC (Sejong) | 36° 31' 22" | 127° 18' 12" | 22 м |
| K-SRBL | 36° 23' 54" | 127° 22' 31" | 2.1 м |
| KVN-Yonsei | 37° 33' 55" | 126° 56' 27" | 21 м |
| KVN-Ulsan | 35° 32' 44" | 129° 14' 59" | 21 м |
| KVN-Tamna | 33° 17' 21" | 126° 27' 34" | 21 м |
| Новая Зеландия | Warkworth | –36° 25' 59" | 174° 39' 52" | 30 м, 12 м |

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

1. В вертикальном направлении существует асимметрия величиной 5,6% для δθ*v* и δ*v* между внутренним и внешним углами смещения и расстояниями, которая не была принята во внимание. Перечислены только более крупные внешние значения. Проекции на поверхность земли контуров запаса, которые представляют собой искаженные эллипсы, были аппроксимированы прямоугольниками. [↑](#footnote-ref-1)
2. В этом столбце "X м" означает антенну диаметром X метров, а "Y × X м" означает Y антенн диаметром X метров. [↑](#footnote-ref-2)
3. В этом столбце "X м" означает антенну диаметром X метров, а "Y × X м" означает Y антенн диаметром X метров. [↑](#footnote-ref-3)
4. В этом столбце "X м" означает антенну диаметром X метров, а "Y × X м" означает Y антенн диаметром X метров. [↑](#footnote-ref-4)