Рекомендация МСЭ-R SA.2141-1

(06/2025)

Серия SA: Космические применения и метеорология

Характеристики систем службы космических исследований в полосе частот 14,8–15,35 ГГц

**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: <https://www.itu.int/ITU-R/go/patents/en>, 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: <https://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, 2025 г.

© ITU 2025

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 SA.2141-1

Характеристики систем службы космических исследований  
в полосе частот 14,8–15,35 ГГц

(2021-2025)

Сфера применения

В настоящей Рекомендации представлены технические и эксплуатационные характеристики систем службы космических исследований в полосе 14,8–15,35 ГГц. Эти характеристики следует учитывать при проведении исследований совместного использования частот и совместимости.

Ключевые слова

Характеристики систем, служба космических исследований (СКИ), космос-Земля, Земля-космос, космос-космос, прямая фидерная линия, спутники ретрансляции данных (СРД).

Соответствующие Рекомендации и Отчеты МСЭ-R

Рекомендация МСЭ-R SA.364 – Предпочтительные частоты и ширина полос для пилотируемых и беспилотных околоземных спутников службы космических исследований.

Рекомендация МСЭ-R SA.510 – Возможность совместного использования частот службой космических исследований и другими службами в полосах около 14 и 15 ГГц. Потенциальная помеха от спутниковых систем ретрансляции данных.

Рекомендация МСЭ-R SA.609 – Критерии защиты для линий радиосвязи пилотируемых и непилотируемых исследовательских спутников, работающих на околоземной орбите.

Рекомендация МСЭ-R SA.1018 – Гипотетическая эталонная система для сетей/систем, включающих спутники ретрансляции данных на геостационарной орбите и космические аппараты их пользователей на низких околоземных орбитах.

Рекомендация МСЭ-R SA.1019 – Полосы частот и направления передачи для спутниковых сетей/систем ретрансляции данных.

Рекомендация МСЭ-R SA.1155 – Критерии защиты, относящиеся к эксплуатации спутниковых систем ретрансляции данных.

Рекомендация МСЭ-R SA.1414 – Характеристики спутниковых систем ретрансляции данных.

Рекомендация МСЭ-R SA.1626 – Возможность совместного использования частот службой космических исследований (космос-Земля) и фиксированной и подвижной службами в полосе частот 14,8–15,35 ГГц.

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

*a)* что полоса частот 14,8–15,35 ГГц распределена фиксированной и подвижной спутниковым службам на первичной основе, а службе космических исследований (СКИ) – на первичной основе при наличии ряда ограничений;

*b)* что полоса частот 15,20–15,35 ГГц распределена СКИ (пассивной) и спутниковой службе исследования Земли (ССИЗ) (пассивной) на вторичной основе согласно пункту **5.339** Регламента радиосвязи (РР);

*c)* что полоса частот 15,35–15,4 ГГц распределена СКИ (пассивной), ССИЗ (пассивной) и радиоастрономической службе на первичной основе в соответствии с пунктами **5.340** и **5.511** РР;

*d)* что спутниковые системы ретрансляции данных, эксплуатируемые несколькими администрациями, используют полосу частот 14,8–15,35 ГГц как для межорбитальных пользовательских линий (космос-космос), так и для фидерных линий вверх (Земля-космос);

*e)* что существуют требования к СКИ по ширине полосы для линий вниз в целях обеспечения высокоскоростной передачи научных данных в будущем,

признавая,

*a)* что полоса частот 14,8–15,35 ГГц в настоящее время используется спутниками ретрансляции данных для межспутниковых линий, что позволяет устанавливать связь со спутниками на негеостационарных орбитах (НГСО), в том числе в ходе пилотируемых полетов в рамках СКИ;

*b)* что полоса частот 14,8–15,35 ГГц также используется для существующих линий с высокой скоростью передачи данных от спутников НГСО в СКИ и планируется к использованию в будущих системах;

*c)* что эти спутники необходимы для работы телескопов и/или других пассивных инструментов для измерения таких явлений, как изменения в магнитосфере Земли и солнечные вспышки,

рекомендует

учитывать технические и эксплуатационные характеристики систем службы космических исследований в полосе частот 14,8–15,35 ГГц, подробно описанные в Приложении 1, при проведении исследований совместного использования частот и совместимости.

Приложение 1  
  
Технические и эксплуатационные характеристики систем  
службы космических исследований в полосе частот 14,8–15,35 ГГц

# 1 Введение

Системы службы космических исследований (СКИ) используют полосу частот 14,8–15,35 ГГц для следующих применений:

– линии вниз для прямой передачи данных со спутников СКИ (использующих разные типы орбит) на земные станции, расположенные по всему миру;

– фидерные линии вверх Земля-космос от земных станций спутниковой системы ретрансляции данных (СРД) к спутникам системы ретрансляции данных ГСО;

– межорбитальные линии связи космос-космос от пользовательских космических аппаратов (КА) к спутникам СРД ГСО.

Характеристики каждого из этих применений обсуждаются ниже.

# 2 Характеристики линий вниз для прямой передачи данных в полосе частот 14,8−15,35 ГГц

Ожидается, что количество программ СКИ, в которых используются линии вниз для прямой передачи данных в этой полосе частот, будет ограничено: по оценкам, всего в мире будет запускаться от трех до пяти спутников в год. Как правило, они будут работать на низкой околоземной орбите с полярным или экваториальным наклонением, причем некоторые из них будут находиться на геостационарных высотах, а другие – на HEO или в точках либрации L1 или L2, а также на лунных орбитах или на поверхности Луны. Для большинства программ СКИ на орбитах этих типов характеристики спутников СКИ, осуществляющих прямую передачу данных по линии вниз, отражены в приведенных в таблице 1 бюджетах линий. Для КА СКИ на лунных орбитах или на поверхности Луны параметры бюджета линии связи будут различаться в зависимости от эксплуатационных потребностей и доступных передовых методов модуляции и кодирования; однако значение п.п.м. на поверхности Земли не должно превышать уровней, указанных в Рекомендации МСЭ-R SA.1626.

В большинстве случаев предполагалось, что линии связи поддерживают скорость передачи данных 400 Мбит/с в направлении космос-Земля, хотя некоторые линии поддерживают скорость до 1,2 Гбит/с. Спектральная плотность э.и.и.м. скорректирована так, чтобы при всех углах места соблюдались пределы п.п.м., указанные в Рекомендации МСЭ-R SA.1626. Предполагается, что диаграмма направленности приемной антенны земной станции СКИ соответствует Рекомендации МСЭ-R SA.509. Оценка возможности совместного использования частот проводилась на основе критериев защиты, указанных в Рекомендации МСЭ-R SA.609.

ТАБЛИЦА 1

Примеры бюджетов линий вниз высокоскоростной прямой передачи данных в программах СКИ

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Ситуация | НГСО Высота 800 км, угол места антенны ЗС 5° | НГСО Высота 800 км, угол места антенны ЗС 10° | НГСО Высота 800 км, угол места антенны  ЗС 90° | ГСО Угол места антенны ЗС 10° | HEO | HEO | L1/L2 | L1/L2 |
| Частота (ГГц) | 15,0 | 15,0 | 15,0 | 15,0 | 15,0 | 15,0 | 15,0 | 15; 15,2 |
| Длина волны (м) | 0,020 | 0,020 | 0,020 | 0,020 | 0,020 |  | 0,020 |  |
| Поляризация | Правосторонняя круговая или левосторонняя круговая | | | | | | | |
| Апогей спутника (км) | 800 | 800 | 800 | 35 785 | 300 000 | 300 000 | 1 500 000 | 1 500 000 |
| Перигей спутника (км) | 800 | 800 | 800 | 35 785 | 500 | 500 | 1 500 000 | 1 500 000 |
| Скорость передачи данных (Мбит/с) | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 | 320 | 100 | 600 на канал |
| Метод модуляции | QPSK без кодирования | | | | |  |  | 8PSK |
| Мощность передатчика КА (дБВт) | –7,0 | –7,0 | –7,0 | 13 | 5,0 | 11,8 | 13 | 23 |
| Фильтр передатчика КА, потери в кабеле (дБВт) | –0,5 | –0,5 | –0,5 | –0,5 | –0,5 | –0,5 | –0,5 | –0,5 |
| Диаметр передающей антенны КА (м) | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,86 | 0,6 | 1,5 | 1,5 | 2,3 |
| Эффективность передающей антенны КА | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,55 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 |
| Усиление передающей антенны КА (дБи) | 20,9 | 20,9 | 20,9 | 40,0 | 37,3 | 45 | 45,2 | 49 |
| Э.и.и.м. передачи КА (дБВт) | 13,4 | 13,4 | 13,4 | 48,0 | 41,8 | 55,8 | 57,7 | 71,5 |
| Пиковое значение плотности э.и.и.м. КА (дБВт/МГц) | –9,6 | –9,6 | –9,6 | 25,0 | 18,8 | 35,8 | 40,7 | 48,5 |
| Длина пути (км) | 2 784 | 2 367 | 800 | 40 585 | 20 000 | 20 000 | 1 505 257 | 1 505 257 |
| Потери при распространении в свободном пространстве (дБ) | 184,9 | 183,5 | 174,0 | 208,1 | 225,5 | 225,5 | 239,5 | 239,5 |

ТАБЛИЦА 1 (*окончание*)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Ситуация | НГСО Высота 800 км, угол места антенны ЗС 5° | НГСО Высота 800 км, угол места антенны ЗС 10° | НГСО Высота 800 км, угол места антенны  ЗС 90° | ГСО Угол места антенны ЗС 10° | HEO | HEO | L1/L2 | L1/L2 |
| 10\*log(4 \* π \* *d*2) | 139,9 | 138,5 | 129,1 | 163,2 | 157,0 | 157,0 | 194,5 | 194,5 |
| Угол места приемной ЗС (град.) | 5,0 | 10,0 | 90,0 | 10,0 | 10,0 | 10,0 | 10,0 | 10,0 |
| Предельное значение п.п.м. (дБ(Вт/(м2 · МГц))) | –138 | –138 | –138 | –138 | –138 | –138 | –138 | –138 |
| П.п.м. на поверхности Земли (дБ(Вт/(м2 · МГц))) | –149 | –148,1 | –138,7 | –138,2 | –138,2 | –161,7 | –153,8 | –147,3 |
| Диаметр приемной антенны ЗС | 18,0 | 18,0 | 18,0 | 9,0 | 7,0 | 12,0 | 34,0 | 32,0 |
| Эффективность приемной антенны ЗС | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 |
| Усиление приемной антенны ЗС (дБи) | 67,5 | 67,5 | 67,5 | 61,5 | 59,3 | 64,0 | 73,0 | 72,5 |
| Допуск по границе луча, затухание в атмосфере и в дожде (дБ) | –3,0 | –3,0 | –3,0 | –3,0 | –4,0 | –4,0 | –4,0 | –4,0 |
| Шумовая температура приемной системы ЗС (K) | 150,0 | 150,0 | 150,0 | 150,0 | 150,0 | 150 | 150,0 | 150 |
| *N*0 (дБВт/Гц) | –206,8 | –206,8 | –206,8 | –206,8 | –206,8 | –206,8 | –206,8 | –206,8 |
| Потери в приемнике (дБ) | –1,0 | –1,0 | –1,0 | –1,0 | –1,0 | –1,0 | –1,0 | –1,0 |
| Полученное значение *Eb*/*N*0 (дБ) | 13,8 | 15,2 | 24,7 | 19,2 | 15,9 | 17,7 | 12,5 | 18,5 |
| Теоретическое значение *Eb*/*N*0 (BER 1E-6) (дБ) | 10,5 | 10,5 | 10,5 | 10,5 | 10,5 | 10,5 | 10,5 | 15 |
| Требуемое значение *Eb*/*N*0  (BER 1E-6) (дБ) | 11,5 | 11,5 | 11,5 | 11,5 | 11,5 | 11,5 | 11,5 | 16 |
| Запас *Eb*/*N*0 (дБ) | 2,3 | 3,7 | 13,2 | 7,7 | 4,4 | 6,2 | 1,0 | 2,5 |
| *Примечание*. – Для КА СКИ на высоких околоземных орбитах (HEO) запас п.п.м. рассчитывается при предполагаемой минимальной высоте передачи 20 000 км, а запас на линии – при максимальной дальности 300 000 км. | | | | | | | | |

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