

МСЭ-R

Сектор радиосвязи МСЭ

Рекомендация МСЭ-R SA.364-6
(12/2018)

**Предпочтительные частоты и ширина
полос для пилотируемых и беспилотных
околоземных спутников службы
космических исследований**

Серия SA
Космические применения и метеорология



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 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, 2019 г.

© ITU 2019

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.364-6

Предпочтительные частоты и ширина полос для пилотируемых и беспилотных околоземных спутников службы космических исследований

(1963-1966-1970-1978-1986-1992-2018)

Сфера применения

В настоящей Рекомендации представлено руководство по выбору частот и ширины полос для пилотируемых и беспилотных околоземных спутников службы космических исследований из списка предпочтительных частот и ширины полос.

Ключевые слова

Предпочтительные частоты и ширина полос, служба космических исследований (СКИ), околоземные, пилотируемые, беспилотные.

Соответствующие Рекомендации и Отчеты

Рекомендации МСЭ-R SA.363, МСЭ-R SA.1019, МСЭ-R SA.1863.

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

- a) что подходящие частоты и требуемая ширина полос радиочастот для программ по исследованию околоземного космического пространства определяются факторами распространения радиоволн и техническими требованиями;
- b) что двусторонняя связь необходима для многих околоземных программ и имеет жизненно важное значение для пилотируемых программ;
- c) что необходимо соблюдать требования по обеспечению надежности радиосвязи в периоды неблагоприятных атмосферных условий;
- d) что целесообразно и желательно осуществлять функции радиосвязи по одной линии;
- e) что для обеспечения точного слежения желательна пара когерентно связанных частот для линий Земля-космос и космос-Земля;
- f) что для одновременных операций приема/передачи с использованием одной антенны разнос парных частот линий связи Земля-космос и космос-Земля должен составлять не менее 6%;
- g) что для обеспечения роста и развития околоземных исследований в службе космических исследований необходимы ретрансляционные линии спутниковой радиосвязи космос-космос и Земля-космос;
- h) что для некоторых линий могут потребоваться конкретные методы модуляции и канального кодирования в целях соблюдения пределов плотности потока мощности (п.п.м.) или обеспечения защиты от эффектов многолучевого распространения и/или влияния помех,

рекомендует

1 выбирать полосы частот для околоземных программ службы космических исследований с должным учетом назначения линии и возможности совместного использования частот в предпочтительных диапазонах, перечисленных в таблице 1;

2 применять информацию о типовой ширине полос отдельных линий связи и использовании такой ширины, приведенную в таблице 2 Приложения, для обеспечения околоземной электросвязи в существующих и будущих многоспутниковых многопрофильных системах службы космических исследований;

3 при проектировании систем космических исследований учитывать полосы частот, распределенные службе космических исследований, соответствующие пределы п.п.м. и типовое использование этих полос частот, как указано в Прилагаемом документе к Приложению.

Приложение

Предпочтительные частоты и ширина полос для пилотируемых и беспилотных околоземных спутников службы космических исследований

1 Введение

В настоящей Рекомендации содержится информация о предпочтительных частотах и ширине полос для пилотируемых и беспилотных околоземных спутников службы космических исследований (СКИ). В разделе 2 рассматриваются различные функции связи СКИ, включая управление, телеметрию и слежение. В разделе 3 рассматриваются полосы частот для программ СКИ, в том числе требования к программам и оборудованию, факторы распространения и излучения радиоволн, соображения по техническим характеристикам линий и соответствующие Рекомендации МСЭ-R. В Раздел 4 включены таблицы данных о предпочтительных полосах частот и их использовании, а также типовых значениях ширины полос отдельных линий связи и их использования.

2 Функции связи и слежения для космических исследований и технические требования к ним

Рассматриваемые ниже три основные функции космических аппаратов – управление, телеметрия и слежение – являются функциями космической эксплуатации. Программы космических исследований используют распределенные СКИ полосы частот для выполнения функций космической эксплуатации, а также для передачи телеметрических данных в рамках единой системы радиосвязи. Это позволяет более эффективно использовать радиочастотный спектр, а также формулировать менее строгие требования к энергетической системе, пространству для размещения компонентов и массе космического аппарата.

2.1 Функции

2.1.1 Передача сигналов управления (команд)

Сигналы управления обеспечивают работу систем управления космическим аппаратом, активируют различные функции программы, изменяют режимы работы космического аппарата или его бортового оборудования, а также предотвращают сбой в эксплуатации. Во время выполнения процедур запуска большинство сигналов управления записываются и передаются бортовым программируемым командоаппаратом. Сигналы управления Земля-космос передаются для выполнения в реальном времени или могут быть сохранены для последовательного выполнения операций в будущем. Критически важные сигналы управления зачастую передаются в два этапа – в первой команде задается конфигурация необходимой операции, а вторая команда выполняет эту операцию. Для выполнения операции в два этапа необходимо, чтобы обе команды были успешно приняты.

2.1.2 Передача телеметрических данных космического аппарата

Телеметрическая подсистема космического аппарата передает данные о состоянии его систем и бортового оборудования, а также отправляет результаты измерений, произведенных приборами космического аппарата, на определенную земную станцию. Кроме того, эта система сообщает о результатах приема и выполнения сигналов управления. Телеметрические данные могут быть

сохранены и отправлены позже. В ряде случаев требуется передача в реальном времени, например при запуске или работе во внештатных ситуациях.

2.1.3 Передача полетных телеметрических данных

Подсистема полетных телеметрических данных отвечает за передачу на Землю научно-технических данных, собранных в ходе проведения экспериментов, активного и пассивного зондирования, а также данных, формируемых космическим аппаратом и бортовыми устройствами, например зондами и посадочными модулями. При выполнении пилотируемых полетов в функции телеметрической подсистемы входит также передача аудио- и видеосигналов.

2.1.4 Слежение

Слежение – одна из основных задач программы космических исследований. Помимо предоставления информации, требуемой для определения местоположения и скорости космического аппарата, функция слежения необходима для оценки параметров запуска и выхода на орбиту, коррекции траектории, точного отсчета времени при выполнении критически важных функций, таких как торможение с помощью ракетных двигателей, а также для прогнозирования видимости с космического аппарата и углов наведения антенн, требуемых для космического аппарата и земных станций.

3 Полосы частот для программ космических исследований

К числу факторов, определяющих возможность использования конкретных частот в программах космических исследований, относятся требования к этим программам, наличие и стоимость оборудования, факторы распространения и излучения радиоволн, эксплуатационные характеристики линий связи и существующие распределения частот СКИ. Потребности в новых распределениях частот для космических исследований определяются на основе меняющихся требований к программам таких исследований и влияния физических факторов.

3.1 Требования к космическим программам

Для поддержки функций управления, телеметрии и слежения в программах космических исследований необходимы разнообразные типы данных. Для выполнения пилотируемых полетов требуется передача аудио- и видеoinформации в реальном времени. Для обеспечения эффективного использования радиочастотного спектра эти сигналы обычно мультиплексируются на одной несущей частоте.

Распределения более высоких частот, как правило, позволяют использовать более широкие полосы частот. Более широкие полосы обеспечивают возможность поддержания требований к более высокой скорости передачи данных, работу видеосвязи и возможность применения усложненных схем кодирования, позволяющих значительно уменьшить частоту появления ошибок и повысить помехозащищенность.

Космические аппараты могут повторно использовать частоты, если их орбитальные характеристики и требования к передаче таковы, что позволяют избежать чрезмерных уровней помех. Однако если орбитальные характеристики космических аппаратов и требования к передаче могут привести к возникновению чрезмерных уровней помех, то необходимо использовать различные методы.

Для точного слежения необходимо, чтобы частоты сигналов слежения Земля-космос и космос-Земля были когерентно связаны коэффициентом пересчета между частотами приема и передачи. Данное требование соблюдается, если разнос частот прямого и обратного каналов составляет 6–10% от более высокой частоты.

Полосы частот для активного и пассивного зондирования зависят от конкретных изучаемых характеристик объекта, космической среды и/или определенного исследуемого космического явления. Полосы частот выбираются из тех, которые определены физикой как оптимальные для научных исследований. Разрешающая способность и точность, которые могут быть достигнуты, определяются шириной полосы частот.

3.2 Требования к оборудованию

Некоторые параметры оборудования, зависящие от частоты, непосредственно влияют на такие характеристики линии, как усиление антенны, эффективность и точность наведения. Другие параметры не оказывают прямого влияния на характеристики линии, однако их также необходимо учитывать при выборе частот. Для осуществления одновременной передачи и приема сигналов с использованием одной антенны парные полосы частот Земля-космос и космос-Земля должны отличаться на величину, равную 6–7% от высокой частоты для исследований околоземного пространства и 8–20% от высокой частоты для программ исследования дальнего космоса.

Размер антенны космического аппарата ограничивается такими факторами, как пространство и масса, технологическими разработками больших раскрываемых антенн и способностью спутников наводить антенны с требуемой точностью. Частотный диапазон от 100 МГц до 1 ГГц целесообразно использовать для космических аппаратов, требующих ненаправленных антенн или антенн с широким лучом и узкой полосы пропускания, а также для земных станций простой конструкции, не оборудованных средствами управления положением антенны для целей слежения. В диапазоне частот 1–10 ГГц усиление антенн космических аппаратов соответствует требованиям по стабилизации пространственного положения и управлению лучом. В данном диапазоне может быть также соблюдена точность поверхности и наведения антенны, необходимая для крупных земных станций. Этот диапазон может также использоваться для широкополосных систем точного слежения и связи.

Наличие оборудования, пригодного для космического применения, может являться ограничивающим фактором при использовании более высоких частот. В настоящее время разработана наиболее совершенная аппаратура для космических исследований в диапазонах частот 2 ГГц и 7/8 ГГц, имеющих большое значение для формирования линий связи, устойчивых к погодным условиям. Это оборудование также эффективно и доступно для небольших проектов и программ с низкими требованиями к скорости передачи данных и ограниченным бюджетом. Совершенствуется аппаратура для полос частот 27/32/34 ГГц, в которых реализуются преимущества более широких полос частот для аппаратов исследования околоземного пространства и дальнего космоса.

3.3 Факторы распространения и излучения радиоволн

Линии радиосвязи между земными станциями и спутниками для космических исследований проходят через атмосферу Земли, в которой поглощение, осадки и рассеяние оказывают влияние на распространение радиосигналов и ограничивают использование некоторых полос частот. Осадки, в особенности дождь, являются причиной поглощения и рассеяния радиоволн, что может привести к значительному затуханию уровня сигнала. При любых значениях интенсивности осадков погонное затухание быстро увеличивается с увеличением используемой частоты до примерно 100 ГГц. На более высоких частотах скорость затухания существенно не зависит от частоты. Для стран, расположенных в регионах с высокой интенсивностью осадков, критически важным аспектом является выбор подходящих частот, способных обеспечить высокое качество связи, несмотря на неблагоприятные погодные условия.

Молекулярное поглощение связано в основном с наличием в атмосфере водяного пара и кислорода. Газовые примеси при отсутствии водяного пара также могут способствовать значительному ослаблению волн на частотах выше 70 ГГц. Линии поглощения водяного пара сосредоточены на частотах 22,235 ГГц, 183,3 ГГц и около 325 ГГц. Кислород имеет ряд линий поглощения в диапазоне от 53,5 до 65,2 ГГц, а также обособленную линию на частоте 118,74 ГГц. Вероятно, в будущем целесообразно будет использовать геостационарные ретрансляционные станции, работающие на частотах, которые относительно непрозрачны для передачи радиосигналов через атмосферу Земли, и вследствие этого ограничивающие помехи, создаваемые наземными станциями станциям-ретрансляторам и космическим аппаратам.

Шумовая температура неба, наблюдаемая антеннами земных станций, зависит от частоты, угла места антенны и атмосферных условий. На частотах выше примерно 4 ГГц выпадение осадков может привести к увеличению шумовой температуры неба, в несколько раз превышающей шумовую температуру приемника. Шумовая температура неба, наблюдаемая космическим аппаратом, определяется главным образом небесными телами, такими как планеты и их спутники. Они образуют фон для большинства программ космических исследований. Солнце, у которого температура излучения абсолютно черного

тела составляет 6000 К, значительно увеличивает шумовую температуру всей системы. По этой причине передачи сигналов, требующие наведения приемной антенны в точку на Солнце или вблизи него, как правило, не производятся. Значения температуры излучения абсолютно черного тела для планет и их спутников находятся в диапазоне приблизительно 50–700 К (температура Земли равна 290 К). При выполнении околоземных программ Земля, как правило, находится в пределах главного лепестка антенны космического аппарата или антенны спутника DRS и влияет на общую шумовую температуру системы приема сигналов. Шумовая температура системы типового космического аппарата находится в диапазоне от 600 до 1500 К.

Радиочастотный спектр ниже 100 МГц, как правило, не рассматривается для космических исследований, поскольку ионосферные явления, космический и промышленный шум затрудняют использование частот в данном диапазоне. В диапазоне от 100 МГц до 1 ГГц атмосферное поглощение невелико, и погодные условия оказывают незначительное влияние на распространение сигналов. Тем не менее фоновый шум относительно высок и возрастает по формуле $1/f^2$, следовательно, в данном диапазоне частот использование маломощных приемников не дает существенного улучшения функциональных характеристик. В диапазоне частот от 1 до 10 ГГц влияние погодных условий крайне невелико, особенно у нижней границы диапазона, поэтому качество связи фактически не зависит от погодных условий. Уровни галактического и атмосферного шума достаточно низки, что позволяет использовать маломощные приемники. В диапазоне от 10 до 275 ГГц сигналы, проходящие через атмосферу, подвержены значительному ослаблению. В первую очередь это связано с осадками и поглощением в газах. Каждое из этих явлений может оказывать существенное влияние на качество связи на трассах Земля-космос.

3.4 Эксплуатационные характеристики линий связи

Важным условием выполнения космических программ является надежность линий связи. Критически важные этапы программы, в частности запуск и работа во внештатных ситуациях, в которых не может быть гарантирована ориентация космического аппарата, требуют высокой надежности линий связи. Надежность имеет чрезвычайно важное значение для всех пилотируемых космических программ. Полосы частот в диапазоне 2 ГГц, распределенные СКИ, используются для обеспечения надежной, независимой от погодных условий связи и для выполнения критически важных функций при осуществлении программ космических исследований.

Определение полос частот, обеспечивающих наилучшие эксплуатационные показатели линий слежения и связи для космических исследований, осуществляется при анализе эксплуатационных показателей линий связи и зависит от параметров распространения радиоволн и характеристик оборудования. Удобным показателем качества линии связи служит отношение мощности принимаемого сигнала к спектральной плотности мощности шума (P_r/N_0). Справочные кривые, полученные на основе анализа эксплуатационных показателей линий связи, помогают определить диапазоны частот, обеспечивающие оптимальные характеристики для предполагаемых условий космических программ. Различные допущения, касающиеся дальности связи, характеристик антенн и мощности передатчика, влияют на абсолютные значения P_r/N_0 , но не изменяют формы кривых. Полоса частот, которая обеспечивает максимальное значение P_r/N_0 для конкретной системы и набора условий распространения радиоволн, определяется как предпочтительная полоса частот.

3.5 Рекомендации, связанные с распределениями частот службе космических исследований

Распределение полос частот для космических исследований началось в 1959 году в Женеве на очередной Административной радиоконференции. Были произведены временные распределения для передачи сигналов между Землей и искусственными спутниками Земли в полосах частот 136–137 МГц и 2290–2300 МГц. В 1963 году на внеочередной Административной радиоконференции распределение двух указанных полос частот службе космических исследований было подтверждено и получило статус первичного распределения на равной основе с другими службами и на исключительной основе в Районе 2. В то время развитие космических технологий и связи, а также постоянно растущие требования к передаче информации привели к необходимости распределения дополнительных полос частот для удовлетворения возрастающих потребностей службы космических исследований.

Предпочтительные полосы частот для службы космических исследований приведены в следующих Рекомендациях МСЭ-R:

- Рекомендация МСЭ-R SA.363 "Системы космической эксплуатации";
- Рекомендация МСЭ-R SA.1019 "Предпочтительные полосы частот и направления передачи для спутниковых систем ретрансляции данных";
- Рекомендация МСЭ-R SA.1863 "Радиосвязь, используемая в чрезвычайных ситуациях и предназначенная для пилотируемых космических полетов".

Полная таблица распределений частот СКИ, их использования в системах СКИ и соответствующие предельные значения п.п.м. приведены в Прилагаемом документе к настоящему Приложению.

4 Предпочтительные полосы частот и их использование в системах СКИ и типовая ширина полос отдельных линий связи и ее использование

Максимально возможная скорость передачи данных достигается путем использования полос частот, в которых отношение P_r/N_0 для рассматриваемых погодных условий и ограничений антенны космической станции является максимальным. В таблице 1 приведены полосы частот, предпочтительные для различных применений. При определении ширины всепогодных полос частот принималась высокая интенсивность осадков, для того чтобы обеспечить возможность применения результатов на всемирном уровне. Для районов с более низкой интенсивностью осадков могут подходить полосы частот, выходящие за пределы этого диапазона.

Линии связи космос-космос целесообразно располагать в частотных диапазонах с высоким атмосферным затуханием, поскольку это практически устраняет любые проблемы помех наземным системам и от наземных источников.

На частотах выше примерно 150 ГГц сигнал трансатмосферной связи подвергается сильному ослаблению при малых значениях угла места. Однако диапазон частот выше 150 ГГц возможно использовать для линий связи в атмосфере, когда угол места достаточно велик.

Перечень полос частот, приведенный в таблице 1, позволяет определить диапазоны частот, предпочтительные в техническом аспекте. Включение полосы частот в таблицу не указывает на наличие достаточного запаса пропускной способности линии или ширины полосы и не означает, что эти частоты были распределены. Аналогично, отсутствие в таблице других частот не обязательно указывает на невозможность работы в этих полосах частот, когда это целесообразно из соображений совместного использования частот и ограничений современного оборудования.

ТАБЛИЦА 1

Предпочтительные диапазоны частот и их использование*

Диапазоны частот (ГГц)	Направление к-З – космос-Земля З-к – Земля-космос к-к – космос-космос	Комментарии
0,1–2,5 0,1–3,0	к-З З-к	Всепогодные линии связи, также оптимальны при необходимости установления связи независимо от ориентации космического аппарата
0,1–10 0,1–10	к-З З-к	Линии связи для ясной погоды, оптимальны при необходимости наличия на космическом аппарате антенны с широкой или фиксированной шириной луча
0,02–6 0,02–6	к-З З-к	Всепогодные линии связи для использования с направленными антеннами
0,02–6 13,4–27,5 31–36	к-к к-к к-к	Полосы частот, необходимые для обеспечения связи космос-космос с существующими и проверенными технологиями и космическим оборудованием. Также необходимо обеспечить непрерывность обслуживания, пока другие полосы частот не продемонстрируют удобство использования в практическом и техническом планах

ТАБЛИЦА 1 (окончание)

Диапазоны частот (ГГц)	Направление к-З – космос-Земля З-к – Земля-космос к-к – космос-космос	Комментарии
10–26 14–23 31–36 40–41 31–36 37–38 74–84 85–100 127–137	к-З З-к З-к З-к к-З к-З к-З З-к и к-З З-к и к-З	Линии связи для ясной погоды, оптимальны для космических аппаратов, оснащенных антеннами с высоким или средним коэффициентом усиления
65–66 117–120 178–188 318–328	к-к к-к к-к к-к	Полосы частот, обеспечивающие максимальную защиту линий связи космос-космос от помех в условиях ясного неба со стороны наземных систем, оптимальны для антенн космических аппаратов с высоким и средним коэффициентом усиления

* Конкретные полосы частот для систем СКИ следует использовать в соответствии с существующими распределениями СКИ (см. Прилагаемый документ к Приложению).

Перечень типовых значений ширины полос отдельных линий связи в таблице 2 содержит информацию о ширине полосы линий, которая может поддерживаться современными технологиями. Включение ширины полосы линии связи в таблицу не означает, что это полоса частот, в которой должна работать определенная линия, или что для поддержки каких-либо конкретных космических аппаратов или систем программы может потребоваться ограничение количества таких линий.

ТАБЛИЦА 2

Типовая ширина полос отдельных линий связи и ее использование

Использование	Направление	Типовая ширина полосы	Комментарии
Телеуправление	З-к	10–500 кГц	Прямая передача со спутника на Землю
Телеметрия служебных бортовых систем	к-З	5–500 кГц	
Телеметрия	к-З (прямая передача)	100 кГц – 100 МГц	Спутниковая линия ретрансляции данных на земную станцию, данные от одного или нескольких пользовательских спутников
Телеметрия	к-З (ретрансляция)	225–650 МГц	
Телеметрия	к-к	5–225 МГц	Линия связи пользовательского спутника со спутником-ретранслятором
Телеметрия	к-к	> 1 ГГц	Спутниковая линия ретрансляции данных на спутник-ретранслятор
Слежение	к-З	500 Гц – 500 кГц	Интерферометрия
Слежение	З-к	1–3 МГц	Системы измерения дальности и скорости изменения дальности
Слежение	З-к	1–10 МГц	Радиолокация
Слежение	З-к	5–6 МГц	Двустороннее определение дальности с использованием транспондеров

Прилагаемый документ к Приложению

ТАБЛИЦА 3

Полосы частот, распределенные СКИ, соответствующие пределы п.п.м.,
указанные в Регламенте радиосвязи (издание 2016 года),
и использование этих полос частот системами СКИ

Полосы частот		Использование СКИ – не определено к-З – космос-Земля З-к – Земля-космос к-к – космос-космос	Предел плотности потока мощности при угле прихода (θ) относительно горизонтальной плоскости (дБВт/м ²) ⁽¹⁾			Эталонная ширина полосы частот
			$0^\circ \leq \theta \leq 5^\circ$	$5^\circ < \theta \leq 25^\circ$	$25^\circ < \theta \leq 90^\circ$	
2 501–2 502	кГц	СКИ				
5 003–5 005	кГц	СКИ				
10 003–10 005	кГц	СКИ				
15 005–15 010	кГц	СКИ				
18 052–18 068	кГц	СКИ				
19 990–19 995	кГц	СКИ				
25 005–25 010	кГц	СКИ				
30,005–30,01	МГц	СКИ				
39,986–40,02	МГц	СКИ				
40,98–41,015	МГц	СКИ				
137–138	МГц	к-З				
138–143,6	МГц	к-З				
143,6–143,65	МГц	к-З				
143,65–144	МГц	к-З				
400,15–401	МГц	к-З				
410–420	МГц	к-к				
1 215–1 300	МГц	Активное зондирование СКИ				
2 025–2 110	МГц	З-к, к-к	-154	$-154 + 0,5 (\theta - 5)$	-144	4 кГц
2 200–2 290	МГц	к-З, к-к	-154	$-154 + 0,5 (\theta - 5)$	-144	4 кГц
3 100–3 300	МГц	Активное зондирование СКИ				
7 190–7 235	МГц	З-к				
8 450–8 500	МГц	к-З	-150	$-150 + 0,5 (\theta - 5)$	-140	4 кГц
8 550–8 650	МГц	Активное зондирование СКИ				
9 300–9 800	МГц	Активное зондирование СКИ				
9 800–9 900	МГц	Активное зондирование СКИ				
13,25–13,4	ГГц	Активное зондирование СКИ				
13,4–14,3	ГГц	Активное зондирование СКИ				

ТАБЛИЦА 3 (окончание)

Полосы частот		Использование СКИ – не определено к-З – космос-Земля З-к – Земля-космос к-к – космос-космос	Предел плотности потока мощности при угле прихода (θ) относительно горизонтальной плоскости (дБВт/м ²) ⁽¹⁾			Эталонная ширина полосы частот
			$0^\circ \leq \theta \leq 5^\circ$	$5^\circ < \theta \leq 25^\circ$	$25^\circ < \theta \leq 90^\circ$	
14,4–14,47	ГГц	к-З				
14,5–15,35	ГГц	СКИ				
17,2–17,3	ГГц	Активное зондирование СКИ				
22,55–23,55	ГГц	к-к	-115	$-115 + 0,5 (\theta - 5)$	-105	1 МГц
22,55–23,15	ГГц	З-к				
25,25–27,5	ГГц	к-к	-115	$-115 + 0,5 (\theta - 5)$	-105	1 МГц
25,5–27	ГГц	к-З	-115	$-115 + 0,5 (\theta - 5)$	-105	1 МГц
31–31,3	ГГц	СКИ	-115	$-115 + 0,5 (\theta - 5)$	-105	1 МГц
34,7–35,2	ГГц	СКИ	-115	$-115 + 0,5 (\theta - 5)$	-105	1 МГц
35,5–36	ГГц	Активное зондирование СКИ				
37–38	ГГц	к-З, НГСО	-120	$-120 + 0,75 (\theta - 5)$	-105	1 МГц
37–38	ГГц	к-З, ГСО	-125	$-125 + (\theta - 5)$	-105	1 МГц
40–40,5	ГГц	З-к				
65–66	ГГц	СКИ				
74–84	ГГц	к-З				
94–94,1	ГГц	Активное зондирование СКИ				

⁽¹⁾ Пустая ячейка означает, что значение отсутствует.