

МСЭ-R

Сектор радиосвязи МСЭ

Рекомендация МСЭ-R М.1466-1
(01/2017)

Характеристики и критерии защиты радаров, работающих в радионавигационной службе в полосе частот 31,8–33,4 ГГц

Серия М
**Подвижные службы, служба радиоопределения,
любительская служба и относящиеся к ним
спутниковые службы**



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, 2018 г.

© ITU 2018

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 М.1466-1*

Характеристики и критерии защиты радаров, работающих в радионавигационной службе в полосе частот 31,8–33,4 ГГц

(2000-2017)

Сфера применения

В настоящей Рекомендации определены характеристики и критерии защиты радаров, работающих в радионавигационной службе в полосе частот 31,8–33,4 ГГц. Эти технические и эксплуатационные характеристики следует использовать в качестве руководства при анализе совместимости радаров, работающих в службе радиоопределения, и систем других служб.

Ключевые слова

Радионавигация, воздушное судно.

Сокращения/гlossарий

dBi	Antenna gain relative to an isotropic radiator	дБи	Усиление антенны относительно изотропного излучателя
dBm	Power expressed in decibels relative to one milliwatt	дБм	Мощность, выраженная в децибелах относительно одного милливатта
dBW	Power expressed in decibels relative to one watt	дБВт	Мощность, выраженная в децибелах относительно одного ватта
IF	Intermediate frequency	ПЧ	Промежуточная частота
I/N	Interference to receiver noise ratio		Отношение помеха/шум приемника
PPS	Pulses per second	имп/с	Импульсы в секунду
PRF	Pulse repetition frequency		Частота следования импульсов
RF	Radio Frequency	РЧ	Радиочастота

Соответствующие Рекомендации МСЭ-R

- 1 Рекомендация МСЭ-R М.1461 – Процедуры определения потенциальных помех между радаром, работающим в службе радиоопределения, и системами в других службах;
- 2 Рекомендация МСЭ-R М.1851 – Математические модели диаграмм направленности антенн радиолокационных систем радиоопределения для использования при анализе помех.

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

- a) что характеристики радаров, относящиеся к антенне, распространению сигнала, обнаружению цели и большой необходимой ширине полосы, требуемые для выполнения ими своих функций, в некоторых полосах частот являются оптимальными;
- b) что технические характеристики радаров, работающих в службе радиоопределения, зависят от назначения системы и широко варьируются даже в пределах одной полосы частот;
- c) что радионавигационная служба относится к службам безопасности, как это определено в п. 4.10 РР, и создание вредных помех этой службе недопустимо;

* В 2008 году 5-я Исследовательская комиссия по радиосвязи внесла в настоящую Рекомендацию редакционные поправки в соответствии с Резолюцией МСЭ-R 44.

- d) что в период после ВАРК-79 была исключена или понижена в статусе значительная часть спектра, распределенного радиолокационной и радионавигационной службам (в целом около 1 ГГц);
- e) что в настоящее время ряд технических групп МСЭ-R рассматривают возможность внедрения новых типов систем (например, систем фиксированного беспроводного доступа и систем фиксированной и подвижной связи высокой плотности) или служб в полосах между 420 МГц и 34 ГГц, используемых радарными службами радиопредела;
- f) что для изучения осуществимости внедрения новых типов систем необходимы типовые технические и эксплуатационные характеристики систем, работающих в полосах, которые распределены службе радиопредела;
- g) что требуются процедуры и методики анализа совместимости радаров, работающих в службе радиопредела, и систем других служб;
- h) что ВАРК-97 предложила МСЭ-R провести исследования, с тем чтобы определить, какие критерии будут необходимы для совместного использования частот станциями фиксированной службы и станциями других служб, которым распределена полоса частот 31,8–33,4 ГГц;
- i) что полоса частот 31,8–33,4 ГГц распределена на первичной основе фиксированной и радионавигационной службам и что участки этой полосы распределены на первичной основе службе космических исследований (дальний космос) и межспутниковой службе.

рекомендует

- 1 считать технические и эксплуатационные характеристики радаров, работающих в службе радиопредела, которые описаны в Приложении, типовыми характеристиками радаров, работающих в полосе частот 31,8–33,4 ГГц;
- 2 использовать Рекомендацию МСЭ-R М.1461 в качестве руководства при анализе совместимости радаров, работающих в службе радиопредела, и систем других служб;
- 3 использовать величину отношения мощности сигнала помехи к уровню мощности шума приемника радара, I/N , равную –6 дБ, в качестве критерия уровня необходимой защиты для радаров службы радиопредела, и считать этот уровень представляющим уровень чистой защиты при наличии нескольких источников помех.

Приложение

Технические и эксплуатационные характеристики радаров, работающих в радионавигационной службе в полосе частот 31,8–33,4 ГГц

1 Введение

Радионавигационная служба работает по всему миру на первичной основе в полосе частот 31,8–33,4 ГГц. В настоящем Приложении представлены технические и эксплуатационные характеристики типовых радаров радионавигационной службы, работающих в этой полосе частот.

2 Технические характеристики радионавигационных систем в полосах частот 31,8–33,4 ГГц

В таблице 1 и таблице 2 представлены технические параметры трех радионавигационных радаров, работающих в полосах частот 31,8–33,4 ГГц. Все системы работают по всему миру на борту воздушных судов. Радары используются для обзора поверхности земли, прогнозирования неблагоприятных погодных условий, калибровки бортовых навигационных систем воздушных судов для обеспечения точности воздушных перевозок в неблагоприятных погодных условиях, а также для обеспечения пилотов данными с целью уменьшения высоты принятия решения на этапах посадки в неблагоприятных погодных условиях.

ТАБЛИЦА 1

**Характеристики радионавигационных радаров в полосе частот 31,8–33,4 ГГц
(Радары № 1 и № 2)**

Параметр	Единицы	Радар № 1	Радар № 2
Тип настройки		Фиксированная частота Непрерывная настройка в полосе 31,8–33,4 ГГц	Фиксированная частота либо скачкообразная перестройка частоты. Работает в обоих режимах на одном из 9 дискретных каналов, разнесенных один от другого на 100 МГц (32,2–33 ГГц)
Тип излучения		Немодулированные импульсы	
Ширина полосы РЧ-излучения	МГц	37	17 (мгновенное) 117 (скачкообразное)
Длительность импульса	мкс	0,2	
Частота следования импульсов	имп/с	2 000	1 600
Пиковая мощность передатчика	кВт	60	39
Ширина полосы приемника по ПЧ (–20 дБ)	МГц	40	17
Коэффициент шума приемника	дБ	11	
Тип антенны		Параболический отражатель	
Усиление в главном луче антенны	дБи	44	41,1
Сканирование антенны		Угол места: –30° до +10°, ручная установка азимута: 360° при 7, 12 или 21 оборотах в минуту	Угол места: –30° до +10°, ручная установка азимута: 360° при 12 или 45 оборотах в минуту

ТАБЛИЦА 2

**Характеристики радионавигационных радаров в полосе частот 31,8–33,4 ГГц
(Радар № 3)**

Параметр	Единицы	Радар № 3
Тип		Воздушное судно
Высота	м	Максимальная: от 300 до уровня земли Номинальная: от 150 до уровня земли
Центральная частота	ГГц	Регулируется от 31,8 до 33,4 ГГц
Модуляция		FMCW
Ширина полосы РЧ-излучения импульсов с ЛЧМ	МГц	От 20 до 500 Номинальная: 200
Пиковая мощность передатчика	Вт	5–20 Номинальная 5
Частота следования импульсов	имп/с	500 (частота следования циклов ЧМ)
Ширина полосы приемника по ПЧ (–3 дБ)	МГц	60
Коэффициент шума приемника	дБ	6

ТАБЛИЦА 2 (продолжение)

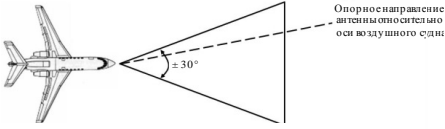


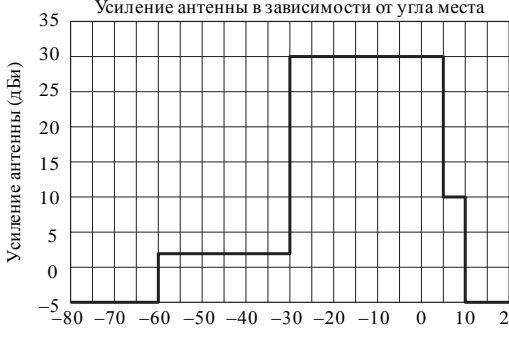
Параметр	Единицы	Радар № 3
Чувствительность	дБм	-110
Порог перегрузки приемника по входной мощности	дБм	-40
Тип антенны		Линейная антенная решетка
Максимальное усиление антенны	дБи	30
Общее покрытие антенны	°	<p>Угол места: от -30 до +5 Азимут: от -30 до +30</p>  <p>М.1466Таб1-02-01</p>
Шаблон маски мгновенного усиления антенны в зависимости от азимута		<p>Усиление антенны в зависимости от азимута</p>  <p>Азимутальный угол относительно опорного направления антенны (градусы)</p> <p>М.1466Таб1-02-02</p> <p>И с увеличением области значений азимутального угла от -10 до 10°</p>  <p>Азимутальный угол относительно опорного направления антенны (градусы)</p> <p>М.1466Таб1-02-03</p>

ТАБЛИЦА 2 (окончание)

Параметр	Единицы	Радар № 3
Шаблон маски мгновенного усиления антенны в зависимости от угла места		<p style="text-align: center;">Усиление антенны в зависимости от угла места</p>  <p style="text-align: center;">Азимутальный угол относительно горизонта (градусы)</p> <p style="text-align: right; font-size: small;">М.1466Табл-02-04</p>

3 Эксплуатационные характеристики радионавигационных систем в полосе частот 31,8–33,4 ГГц

Радионавигационные радары на борту воздушного судна, работающие в полосе частот 31,8–33,4 ГГц, имеют два режима работы. В первом режиме радар работает непрерывно в течение всего полета, во втором режиме – только на этапе захода на посадку аэропорту.

Режим 1: Этот режим охватывает диапазон от высоты отрыва от поверхности земли до примерно 30 000 футов (9 000 м). Полетное время может составлять до шести часов, и основная его часть приходится, как правило, на полет по маршруту, однако возможны определенные задержки в пункте вылета либо в пункте назначения. В небольшой географической зоне могут одновременно находиться до 18 воздушных судов, оборудованных такими радионавигационными радаром (то есть разнесенные менее чем на один километр друг от друга), хотя значительно чаще одновременно в полете будут находиться только 1–3 воздушных судна.

Режим 2: Второй режим охватывает диапазон от высоты отрыва от поверхности земли до 500 футов (150 м) номинально и максимально до 1000 футов (300 м). Полетное время зависит от времени, затраченного на этап захода на посадку. В номинальном случае в данном аэропорту только на одном воздушном судне будет использоваться радар в этом режиме, однако в некоторых случаях следует учитывать одновременный заход на посадку двух воздушных судов, оборудованных такими радаром.

4 Критерии защиты

Влияние помех типа незатухающих колебаний или шумоподобных сигналов от других служб на снижение чувствительности радара прогнозируемо связано с интенсивностью этих помех. В пределах любого азимутального сектора, в котором возникает такого рода помеха, ее спектральная плотность мощности может быть просто добавлена к спектральной плотности мощности теплового шума приемника радара при достаточной точности аппроксимации. Обозначим спектральную плотность мощности шума приемника радара в отсутствие помех символом N_0 , а спектральную плотность мощности шумоподобной помехи – символом I_0 , тогда результирующая эффективная спектральная плотность мощности шума описывается простым выражением $I_0 + N_0$. Увеличение примерно на 1 дБ будет означать существенное ухудшение, эквивалентное уменьшению дальности обнаружения примерно на 6%. Такое увеличение соответствует отношению $(I + N)/N$, равному 1,26, или отношению I/N , равному примерно –6 дБ. Это представляет совокупное воздействие различных источников помех, если таковые существуют; допустимое отношение I/N для любого отдельного источника помех зависит от количества источников помех и их геометрии и должно оцениваться в ходе анализа данного конкретного сценария. Если помехи типа незатухающих колебаний получены в большинстве азимутальных направлений, то необходимо будет поддерживать более низкое отношение I/N .

В некоторых системах связи, в которых развернуто большое число станций, коэффициент суммирования может быть весьма значительным.

Влияние импульсных помех количественно оценить более сложно, и оно в значительной степени зависит от проектного решения приемника/процессора и режима работы. В частности, выигрыш от дифференциальной обработки отраженных от действительной цели сигналов (которые являются синхронными импульсами) и импульсных помех (которые, как правило, асинхронные) часто оказывает заметное влияние на воздействие конкретного уровня импульсных помех. Подобное снижение чувствительности может привести к ухудшению качественных показателей, выраженному в различных формах. Оценка такого ухудшения является целью анализа взаимодействия конкретных типов радаров. Как правило, можно предполагать, что многочисленные функциональные возможности радаров службы радиоопределения будут способствовать подавлению импульсных помех с низким коэффициентом заполнения, в особенности помех от нескольких изолированных источников. Методы подавления импульсных помех с низким коэффициентом заполнения приведены в Рекомендации МСЭ-R М.1372.
