

МСЭ-R

Сектор радиосвязи МСЭ

Рекомендация МСЭ-R М.1638-1
(01/2015)

Характеристики и критерии защиты для исследований возможности совместного использования частот радарными радиолокационной (за исключением наземных метеорологических радаров) и воздушной радионавигационной служб, работающими в полосах частот между 5250 и 5850 МГц

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, 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 М.1638-1

Характеристики и критерии защиты для исследований возможности совместного использования частот радарными радиолокационной (за исключением наземных метеорологических радаров) и воздушной радионавигационной служб, работающими в полосах частот между 5250 и 5850 МГц

(2003-2015)

Сфера применения

В данной Рекомендации содержится описание технических и эксплуатационных характеристик, а также критериев защиты радаров, работающих в полосе частот 5250–5850 МГц, за исключением наземных метеорологических радаров, которые приведены в Рекомендации МСЭ-R М.1849. Эти характеристики предназначены для использования при оценке совместимости этих систем с другими службами.

Ключевые слова

Радар, судовой, сухопутный, воздушный, защита, многофункциональный

Сокращения/Глоссарий

ARNS	Aeronautical radionavigation service	ВРНС	Воздушная радионавигационная служба
ECM	Electronic counter measures		Защита от средств радиоэлектронного подавления

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

- a)* что характеристики антенны, распространения сигнала, обнаружения цели и большая необходимая ширина полосы частот, требуемые для выполнения радарными своими функций, являются оптимальными в определенных полосах частот;
- b)* что технические характеристики радаров радиолокационной (за исключением наземных метеорологических радаров) и радионавигационной служб определяются назначением системы и в значительной степени меняются даже внутри одной полосы частот;
- c)* что в соответствии с определением п. **4.10** Регламента радиосвязи (РР) радионавигационная служба является службой безопасности и требует специальных мер по обеспечению ограждения их от вредных помех;
- d)* что типовые технические и эксплуатационные характеристики радаров радиолокационной (за исключением наземных метеорологических радаров) и радионавигационной служб требуются для определения возможности совместного использования частот и совместимости с этими системами, при необходимости;
- e)* что процедуры и методики анализа совместимости между радарными и системами других служб представлены в Рекомендации МСЭ-R М.1461;
- f)* что радары радиолокационной, радионавигационной и метеорологической служб работают в полосах частот между 5250 и 5850 МГц;
- g)* что радарам наземного базирования, используемым в метеорологических целях, разрешена работа в полосе частот 5600–5650 МГц на равной основе со станциями воздушной радионавигационной службы (ВРНС) (см. п. **5.452** РР);

h) что в Рекомендации МСЭ-R М.1849 содержатся технические и эксплуатационные аспекты наземных метеорологических радаров, и ее можно использовать в качестве руководящих указаний при анализе совместного использования частот наземными метеорологическими радаром и системами других служб, а также совместимости между ними,

рекомендует,

1 что технические и эксплуатационные характеристики радаров радиолокационной (за исключением наземных метеорологических радаров) и радионавигационной служб, представленные в Приложении 1, следует считать типичными характеристики для таких радаров, работающих в полосах частот между 5250 и 5850 МГц;

2 что Рекомендацию МСЭ-R М.1461 следует использовать в качестве руководящих указаний при анализе совместного использования частот радаром радиолокационной (за исключением наземных метеорологических радаров) и радионавигационной служб и системами других служб, а также совместимости между ними;

3 что критерий отношения мощности мешающего сигнала к мощности шума приемника радара (за исключением наземных метеорологических радаров) $I/N = -6$ дБ следует использовать в качестве необходимого порогового уровня защиты для исследований возможности совместного использования частот службой радиоопределения с другими службами. При наличии нескольких источников помех данный критерий является суммарным уровнем защиты.

Приложение 1

Характеристики радаров радиолокационной (за исключением наземных метеорологических радаров) и воздушной радионавигационной служб

1 Введение

Полосы частот между 5250 и 5850 МГц, которые распределены ВРНС, радионавигационной и радиолокационной службам на первичной основе, как показано в таблице 1.

ТАБЛИЦА 1

Полоса частот (МГц)	Распределение (служба)
5 250–5 255	Радиолокационная
5 255–5 350	Радиолокационная
5 350–5 460	Воздушная радионавигационная Радиолокационная
5 460–5 470	Радиолокационная Радионавигационная
5 470–5 570	Морская радионавигационная Радиолокационная ⁽¹⁾
5 570–5 650	Морская радионавигационная Радиолокационная
5 650–5 725	Радиолокационная
5 725–5 850	Радиолокационная

⁽¹⁾ В соответствии с п. 5.452 РР работа радаров наземного базирования в метеорологических целях между частотами 5 600 и 5 650 МГц разрешена на равной основе со станциями морской радионавигационной службы. В Рекомендации МСЭ-R М.1849 содержатся характеристики наземных метеорологических радаров.

Радары радиолокационной службы выполняют множество функций, таких как:

- слежение за средствами вывода на орбиту и воздушными судами, проходящими доводочные и эксплуатационные испытания;
- морское и воздушное наблюдение;
- измерения окружающей среды (например, исследования океанического круговорота воды, а также таких природных явлений, как ураганы);
- получение изображений Земли; а также
- национальная оборона и поддержание мира на международном уровне.

Радары воздушной радионавигационной службы используются в основном на борту воздушных судов для предупреждения о неблагоприятных погодных условиях, а также для определения изменений характера ветра и обеспечения служб безопасности (см. п. 4.10 РР).

В таблице 2 содержится описание многофункциональных радаров.

Многофункциональные радары могут осуществлять функции поиска, слежения, радионавигации, включая обнаружение погодных явлений, с использованием одной и той же антенны в одной полосе частот. Например, в применениях на борту воздушных судов повсеместно используются механически управляемые антенны или фазированные антенные решетки, и эти функции, как правило, включают в себя поиск целей в воздухе и на земной поверхности и слежение за этими целями, а также обход наземных препятствий и предупреждение о неблагоприятных погодных условиях.

В судовых применениях повсеместно используются механически управляемые антенны или фазированные антенные решетки, и эти функции, как правило, включают поиск целей в воздухе и на земной поверхности и слежение за этими целями, а также предупреждение о неблагоприятных погодных условиях. Эти многофункциональные радары обеспечивают экономию пространства и уменьшение веса (особенно в применениях на борту воздушных судов), а также адаптивные режимы эксплуатации с учетом изменения требований.

2 Технические характеристики

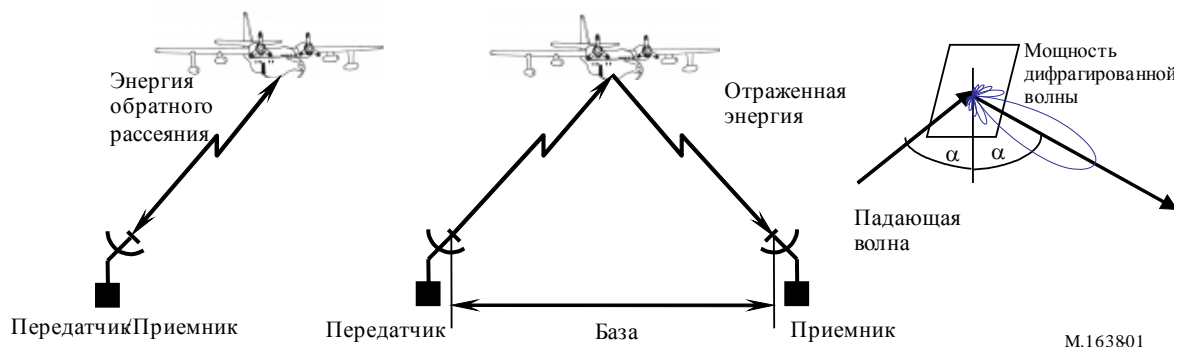
Полосы частот между 5250 и 5850 МГц используются множеством различных типов радаров на сухопутных фиксированных и передвижных платформах, а также на борту морских и воздушных судов. В таблице 2 содержатся технические характеристики типовых систем, развернутых в данных полосах. В основном эта информация является достаточной для проведения основных расчетов с целью оценки совместимости между такими радарными и другими системами. Эти радары традиционно работают как моностатические радары, у которых передатчик и приемник расположены в одном месте (рис. 1а). Вместе с тем радары 10А и 14А из таблицы 2 дополнительно используются как бистатические радары, у которых передатчик и приемник разнесены в пространстве (рис. 1б).

Преимущество разнесения передатчика и приемника заключается в возможном увеличении поперечного сечения объекта, наблюдаемого радаром. Пример влияния разнесения показан на рис. 1с для прямоугольной плоской площадки. Он особенно важен, если подлежащий обнаружению объект отражает немного энергии в направлении падающей волны сигнала радара.

Расстояние между передатчиком и приемником (база), как правило, составляет 30–50 км. Синхронизация передатчика и приемника может быть обеспечена с помощью радиолинии, глобальной навигационной спутниковой службы или стандартов времени. Данный режим работы, при котором пассивный приемник и передатчик находятся в разных местах, следует учитывать при проведении исследований совместимости. В связи с тем, что приемники моностатического и бистатического радаров не меняются, критерии защиты приемника являются одинаковыми.

РИСУНОК 1

1a: моностатический радар; 1b: бистатический радар;
1c: мощность, отраженная от простой прямоугольной площадки



В этой таблице содержатся характеристики некоторых радаров со скачкообразной перестройкой частоты, работающих в данном диапазоне частот. Скачкообразная перестройка частоты является одним из наиболее распространенных способов защиты от средств радиоэлектронного подавления (ЕССМ). Радарные системы, которые проектируются для работы в среде радиоэлектронной атаки противника, используют скачкообразную перестройку частоты в качестве одного из методов ЕССМ. Радары такого типа обычно разделяют распределенную им полосу частот на каналы. Затем радар случайным образом выбирает один канал из всех имеющихся и использует его для передачи. Такой случайный выбор канала может происходить на основе положения луча, когда в одном и том же канале передается множество импульсов, или на основе отдельного импульса. Необходимо учитывать этот важный аспект радарных систем, и при проведении исследований возможности совместного использования частот должно приниматься во внимание возможное влияние радаров со скачкообразной перестройкой частоты.

ТАБЛИЦА 2
**Характеристики радаров радиолокационной
(за исключением наземных метеорологических радаров) и воздушной радионавигационной служб**

Характеристики	Ед. изм.	Радар 1	Радар 2	Радар 3	Радар 4	Радар 5	Радар 6	Радар 7	Радар 8	Радар 9
Функция		Контрольные измерения	Контрольные измерения	Контрольные измерения	Контрольные измерения	Контрольные измерения	Поиск на поверхности и в воздухе	Многофункциональный Поиск на поверхности и в воздухе	Исследования и получение изображений Земли	Поиск
Тип платформы (на воздушном судне, судовая, наземная)		Наземная	Наземная	Наземная	Наземная	Наземная	Судовая	Судовая	На воздушном судне	На воздушном судне
Диапазон настройки	МГц	5 300	5 350–5 850	5 350–5 850	5 400–5 900	5 400–5 900	5 300	5 450–5 825	5 300	5 250–5 725
Модуляция		Нет данных	Не используется	Не используется	Импульсная/импульсная ЛЧМ	Импульсная ЛЧМ	Линейная ЧМ	Не используется	Нелинейная/линейная ЧМ	Импульсная с незатухающей волной
Мощность передатчика, подводимая к антенне	кВт	250	2 800	1 200	1 000	165	360	285	1 или 16	0,1–0,4
Ширина импульса	мкс	1,0	0,25, 1,0, 5,0	0,25, 0,5, 1,0	0,25–1 (немодулированный) 3,150 (ЛЧМ)	100	20,0	0,1/0,25/1,0	7 или 8	1,0
Время нарастания/спада импульса	мкс	0,1/0,2	0,02–0,5	0,02–0,05	0,02–0,1	0,5	0,5	0,03/0,05/0,1	0,5	0,05
Частота повторения импульсов	имп./с	3 000	160, 640	160, 640	20–1 280	320	500	2 400/1 200/750	1 000–4 000	200–1 500
Ширина полосы импульса с ЛЧМ	МГц	Нет данных	Нет данных	Нет данных	4,0	8,33	1,5	Нет данных	62, 124	Нет данных
Ширина полосы РЧ излучения –3 дБ –20 дБ	МГц	4,0 10,0	0,5–5	0,9–3,6 6,4–18	0,9–3,6 6,4–18	8,33 9,9	1,5 1,8	5,0/4,0/1,2 16,5/12,5/7,0	62, 124 65, 130	4,0 10,0
Тип ДН антенны (узкая, веерная, квадратично-косекансная и т. д.)		Узкая	Узкая	Узкая	Узкая	Узкая	Квадратично-косекансная	Веерная	Веерная	Узкая
Тип антенны (рефлектор, фазированная антенная решетка, щелевая антенная решетка и т. д.)		Параболический рефлектор	Параболическая	Параболическая	Фазированная антенная решетка	Фазированная антенная решетка	Параболическая	Рупорная решетка с питанием бегущей волной	Два рупора с двойной поляризацией на общей платформе	Щелевая антенная решетка

ТАБЛИЦА 2 (продолжение)

Характеристики	Ед. изм.	Радар 1	Радар 2	Радар 3	Радар 4	Радар 5	Радар 6	Радар 7	Радар 8	Радар 9
Поляризация антенны		Вертикальная/ левая круговая	Вертикальная/ левая круговая	Вертикальная/ левая круговая	Вертикальная/ левая круговая	Вертикальная/ левая круговая	Горизонталь- ная	Горизонталь- ная	Горизонтальная и вертикальная	Круговая
Усиление основного луча антенны	дБи	38,3	54	47	45,9	42	28,0	30,0	26	30–40
Ширина луча антенны по углу места	градусы	2,5	0,4	0,8	1,0	1,0	24,8	28,0	28,0	2–4
Ширина луча антенны по азимуту	градусы	2,5	0,4	0,8	1,0	1,0	2,6	1,6	3,0	2–4
Скорость горизонтального сканирования антенны	градусы/с	Нет данных (слежение)	Нет данных (слежение)	Нет данных (слежение)	Нет данных (слежение)	Нет данных (слежение)	36, 72	90	Нет данных	20
Тип горизонтального сканирования антенны (непрерывное, случайное, 360°, секторное и т. д.)	градусы	Нет данных (слежение)	Нет данных (слежение)	Нет данных (слежение)	Нет данных (слежение)	Нет данных (слежение)	Непрерывное 360	30–270 Секторное	Фиксированное налево или направо от трассы полета	Постоянное
Скорость вертикального сканирования антенны	градусы/с	Нет данных (слежение)	Нет данных (слежение)	Нет данных (слежение)	Нет данных (слежение)	Нет данных (слежение)	Нет данных	Нет данных	Нет данных	Нет данных
Тип вертикального сканирования антенны (непрерывное, случайное, 360°, секторное и т. д.)	градусы	Нет данных (слежение)	Нет данных (слежение)	Нет данных (слежение)	Нет данных (слежение)	Нет данных (слежение)	Нет данных	Фиксированное	Фиксированное по углу места (от –20 до –70)	Нет данных
Уровни боковых лепестков (БЛ) антенны (1-е БЛ и удаленные БЛ)	дБ	–20	–20	–20	–22	–22	–20	–25	–22	–25
Высота антенны	м	20	20	8–20	20	20	40	40	до 8 000	9 000
Ширина полосы приемника по ПЧ по уровню 3 дБ	МГц	1	4,8, 2,4, 0,25	4, 2, 1	2–8	8	1,5	1,2, 10	90, 147	1
Коэффициент шума приемника	дБ	6	5	5	11	5	5	10	4,9	3,5
Минимальный различимый сигнал	дБм	–105	–107	–100	–107, –117	–100	–107	–94 (короткий/ средний импульс) –102 (широкий импульс)	–90, –87	–110

ТАБЛИЦА 2 (продолжение)

Характеристики	Ед. изм.	Радар 10	Радар 10А	Радар 11	Радар 12	Радар 13	Радар 14	Радар 14А	Радар 15
Функция		Радионавигация, поиск на поверхности и в воздухе	Радионавигация, поиск на поверхности и в воздухе	Радиолокация	Радиолокация	Радиолокация	Радиолокация	Радиолокация	Радиолокация
Тип платформы (на воздушном судне, судовая, наземная)		Судовая, наземная	Наземная (бистатическая)	Наземная	Судовая	Наземная	Наземная	Наземная (бистатическая)	Наземная
Диапазон настройки	МГц	5 250–5 875	5 250–5 875	5 250–5 350	5 400–5 900	5 450–5 850	5 300–5 800	5 300–5 800	5 400–5 850
Модуляция		Двоичная фазовая манипуляция кодом Баркера	Двоичная фазовая манипуляция кодом Баркера	Кодированные импульсы	Кодированные импульсы	Импульсная, некогерентная	Нет данных	Нет данных	Немодулированные импульсы
Мощность передатчика, подводимая к антенне	кВт	90	90	0,400	25	750	50	50	1000
Ширина импульса	мкс	0,30–14,0	0,30–14,0	0,08	0,32	1	Нет данных	Нет данных	0,25–1
Время нарастания/спада импульса	мкс	0,04–0,1	0,04–0,1	0,03/0,03	0,015/0,035	0,108/0,216	0,100/0,100	0,100/0,100	0,150/0,200
Частота повторения импульсов	имп./с	4 000–5 000	4 000–5 000	5 000	8 000	160–1 280	Нет данных	Нет данных	160–640
Ширина полосы импульса с ЛЧМ	МГц	1,5	1,5	Нет данных	Нет данных	Нет данных	Нет данных	Нет данных	Нет данных
Ширина полосы –3 дБ РЧ излучения –20 дБ	МГц	4 12 20 при –40 дБ	4 12 20 при –40 дБ	6 11	1,55 20	0,8 4,1	470 490	470 490	1,8 10
Тип ДН антенны (узкая, веерная, квадратично-косекансная и т. д.)		Веерная	Веерная	Нет данных	Нет данных	Узкая	Узкая	Узкая	Нет данных
Тип антенны (рефлектор, фазированная антенная решетка, щелевая антенная решетка и т. д.)		Пассивная фазированная антенная решетка	Пассивная фазированная антенная решетка	Фазированная антенная решетка	Фазированная антенная решетка	Параболическая	Фазированная антенная решетка	Фазированная антенная решетка	Рупорная

ТАБЛИЦА 2 (продолжение)

Характеристики	Ед. изм.	Радар 10	Радар 10А	Радар 11	Радар 12	Радар 13	Радар 14	Радар 14А	Радар 15
Поляризация антенны		Горизонтальная	Горизонтальная	Вертикальная	Вертикальная	Линейная вертикальная	Нет данных	Нет данных	Вертикальная, линейная
Усиление основного луча антенны	дБи	33 (<55)	33 (<55)	16	25	42,94	40	40	42
Ширина луча антенны по углу места	градусы	7	7	12,5	26	2,5	2,5	2,5	1,2
Ширина луча антенны по азимуту	градусы	1,8	1,8	12,5	2	2,5	2,5	2,5	1,2
Скорость горизонтального сканирования антенны	градусы/с	6–60	6–60	Нет данных	Нет данных	25	30	30	Переменная – 45
Тип горизонтального сканирования антенны (непрерывное, случайное, 360°, секторное и т. д.)	градусы	360	360	Нет данных	360	360	360	360	360
Скорость вертикального сканирования антенны	градусы/с	Нет данных	Нет данных	Нет данных	Нет данных	25	Нет данных	Нет данных	Переменная – 45
Тип вертикального сканирования антенны (непрерывное, случайное, 360°, секторное и т. д.)	градусы	Нет данных	Нет данных	Нет данных	С электронным управлением	Нет данных	С электронным управлением	С электронным управлением	Нет данных
Уровни боковых лепестков (БЛ) антенны (1-е БЛ и удаленные БЛ)	дБ	–29	–29	Нет данных	Нет данных	–8,7	–40	–40	–22
Высота антенны	м	45	30	Нет данных	30	Нет данных	Нет данных	Нет данных	Нет данных
Ширина полосы приемника по ПЧ по уровню 3 дБ	МГц	11	11	10	7	2,75	Нет данных	Нет данных	20
Коэффициент шума приемника	дБ	3	3	10	4	3	4	4	2,3
Минимальный различимый сигнал	дБм	–115	–115	–111	–116	–107	–100	–100	–112

ТАБЛИЦА 2 (продолжение)

Характеристики	Ед. изм.	Радар 16	Радар 17	Радар 18	Радар 19	Радар 20	Радар 21	Радар 22	Радар 23
Функция		Воздушная радионавигация	Многофункциональный	Многофункциональный	Многофункциональный	Многофункциональный	Многофункциональный	Многофункциональный	Многофункциональный
Тип платформы (на воздушном судне, судовая, наземная)		На воздушном судне	На воздушном судне	Наземная	Наземная	Судовая	Наземная/судовая	Поиск на поверхности и в воздухе, наземного базирования на транспортном средстве	Поиск, наземного базирования на транспортном средстве
Диапазон настройки	МГц	5 440	5 370	5 600–5 650	5 300–5 700	5 400–5 700	5 300–5 750	5 400–5 850	5 250–5 850
Модуляция		Нет данных	Нет данных	Нет данных	Немодулированный импульс	Немодулированный импульс	Нет данных	Кодированный импульс/код Баркера и скачкообразное изменение частоты	Кодированный импульс/код Баркера и скачкообразное изменение частоты
Мощность передатчика, подводимая к антенне	кВт	0,200 пиковая	70 пиковая	7,5	250	350	300–400 пиковая	12 пиковая	70
Ширина импульса	мкс	1–20	6,0	0,0005–0,20	от 0,8 до 2,0	2	0,05–4,0	4,0–20,0	3,5/6,0/1,0
Время нарастания/спада импульса	мкс	0,1	0,6	0,0005/0,0005	0,08	0,096/0,33	0,1	0,2	0,3
Частота повторения импульсов	имп./с	180–1 440	200	3 000	250–1 180	250–500	200–1 300	1 000–7 800	2 500–3 750
Ширина полосы импульса с ЛЧМ	МГц			Нет данных	Нет данных	Нет данных	Нет данных	Нет данных	Нет данных
Ширина полосы РЧ излучения –3 дБ –20 дБ	МГц			2 15	1,25 8,3	0,4 2,88	Нет данных	5 Нет данных	5 Нет данных
Тип ДН антенны (узкая, веерная, квадратично-косекансная и т. д.)		Узкая	Веерная	Узкая	Узкая	Узкая	Коническая	Узкая	Узкая
Тип антенны (рефлектор, фазированная антенная решетка, щелевая антенная решетка и т. д.)		Щелевая антенная решетка	Параболическая	Параболический рефлектор	Параболический рефлектор	Параболический рефлектор	Параболическая	Фазированная антенная решетка	Фазированная антенная решетка

ТАБЛИЦА 2 (окончание)

Характеристики	Ед. изм.	Радар 16	Радар 17	Радар 18	Радар 19	Радар 20	Радар 21	Радар 22	Радар 23
Поляризация антенны		Горизонтальная	Горизонтальная	Горизонтальная	Горизонтальная	Горизонтальная	Вертикальная	Вертикальная	Горизонтальная
Усиление основного луча антенны	дБи	34	37,5	38,5	44,5	40	44,5	35	31,5
Ширина луча антенны по углу места	градусы	3,5	4,1	2,2	1	1,7	2,0	30	30
Ширина луча антенны по азимуту	градусы	3,5	1,1	2,2	1	1,7	2,0	2	2
Скорость горизонтального сканирования антенны	градусы/с	20	24	3,4	Переменная	6	36	Переменная	Переменная
Тип горизонтального сканирования антенны (непрерывное, случайное, 360°, секторное и т. д.)	градусы	Непрерывное	180 Секторное	360	Нет данных	360	360	360	360 Секторное
Скорость вертикального сканирования антенны	градусы/с	45	Нет данных	6,5	Переменная	Нет данных	3	Нет данных	Нет данных
Тип вертикального сканирования антенны (непрерывное, случайное, 360°, секторное и т. д.)	градусы	Секторное	Нет данных	Нет данных	Нет данных	Нет данных	30	Секторное	Секторное
Уровни боковых лепестков (БЛ) антенны (1-е БЛ и удаленные БЛ)	дБ	-31	-20	-31	-25	-29	-30	-40	-30
Высота антенны	м	Высота полета воздушного судна	Высота полета воздушного судна	10	10	10	10-40	10	6-13
Ширина полосы приемника по ПЧ по уровню 3 дБ	МГц	1,0	0,6	3	0,75	0,5	0,8	4	5
Коэффициент шума приемника	дБ	5	6	4	3	2	3	5	13
Минимальный различимый сигнал	дБм	-109	-106	-123	-109	-115	-120	-103	-108

3 Эксплуатационные характеристики

3.1 Радары воздушной радионавигационной службы

Радары, работающие в ВРНС в полосе частот 5350–5460 МГц в основном представляют собой системы на борту воздушных судов для обеспечения безопасности полетов. В эксплуатации находятся как погодные радары, так и радары для целей избежания неблагоприятных метеорологических условий, непрерывно работающие во время полета. Кроме того, существуют радары для определения порывов ветра, которые включаются автоматически каждый раз, когда воздушное судно опускается ниже 2400 футов (732 м). Оба типа радаров имеют сходные характеристики и являются главным образом бортовыми радарными переднего обзора, сканирующими пространство в секторе курса полета воздушного судна. Эти системы автоматически сканируют в заданных пределах азимутов и углов места и обычно настраиваются по углу места пилотом вручную (механически): для принятия навигационного решения пилоту может потребоваться рассмотреть "разрезы" под разными углами места.

3.2 Радары радиолокационной службы

Существует большое количество типов радаров, выполняющих различные функции и работающих в радиолокационной службе в полосе частот 5250–5850 МГц. В таблице 2 представлены технические характеристики ряда характерных типов радаров, использующих эти частоты. Эти характеристики могут использоваться для оценки совместимости между радарными радиолокационной службы и системами других служб. Ниже приведено краткое описание эксплуатации таких радаров.

Контрольно-измерительные радары испытательных полигонов используются для получения высокоточных координат запускаемых ракет-носителей и воздушных судов, проходящих доводочные и эксплуатационные испытания. Такие радары характеризуются высокой мощностью передачи и параболическими зеркальными антеннами большой апертуры с весьма узконаправленными лучами.

Радары имеют антенны автоматического слежения, которые отслеживают интересующий объект либо по отражению сигнала от его поверхности, либо с помощью маяка (следует обратить внимание на то, что характеристики радиолокационных маяков не представлены в таблице 2; как правило, они имеют возможность перестройки в полосе частот 5400–5900 МГц, пиковая мощность их передачи составляет 50–200 Вт и они предназначены для ретрансляции принятого радиолокационного сигнала). Продолжительность их работы может составлять от нескольких минут до 4–5 часов в зависимости от программы испытаний. Работа проводится по определенному расписанию круглосуточно и ежедневно.

Радары морских судов и радары обзора воздушного пространства используются для обеспечения безопасности судов и работают непрерывно по всему ходу следования судна, а также во время его входа и выхода из портовых зон. Эти радары работают непрерывно в течение периода использования судна, с учетом его расписания движения и готовности. Эти радары выполняют такие задачи, как охрана морской среды; охрана правопорядка в портах и на внутренних водных путях; береговая охрана; гуманитарная помощь и/или реагирование при бедствиях, а также задачи поиска и спасания в условиях целей с малым поперечным сечением, таких как воздушные суда небольшой массы, спасательные лодки, каноэ, небольшие шлюпки и пловцы в спасательных жилетах. Как правило, такие обзорные радары используют не очень высокую мощность передачи и антенны с электронным сканированием по углу места и с механическим сканированием по всему азимуту 360°. Работа может осуществляться таким образом, что эти радары будут работать одновременно на нескольких судах в данной географической зоне.

В полосе частот 5250–5850 МГц работают и другие радары специального назначения. Радар типа 7 (таблица 2) – это радар на борту воздушного судна с синтезированной апертурой, используемый для составления карты местности и получения радиолокационных изображений, для исследований окружающей среды и землепользования, а также для другой соответствующей научно-исследовательской деятельности. Радары такого типа работают непрерывно на различных высотах с изменяющимся углом нижнего обзора в различные периоды времени продолжительностью до нескольких часов в зависимости от конкретной цели проводимых измерений.

4 Критерии защиты

Эффект потери чувствительности радаров, работающих в данной полосе частот, из-за влияния других служб, работающих в режиме незатухающих колебаний или с шумоподобной модуляцией, прямо зависит от интенсивности работы таких служб. В любых азимутальных секторах, в которых возникают такие помехи, спектральная плотность мощности помехи может быть в пределах определенного приближения просто добавлена к спектральной плотности мощности теплового шума приемника радара. Если спектральную плотность мощности шума приемника радара при отсутствии помех обозначить как N_0 , а спектральную плотность мощности шумоподобной помехи обозначить как I_0 , то результирующая эффективная спектральная плотность мощности шума принимает вид $I_0 + N_0$. Увеличение спектральной плотности шума приблизительно на 1 дБ будет означать значительное ухудшение для радаров радиолокационной службы, за исключением наземных метеорологических радаров. Такое увеличение соответствует отношению $(I + N)/N$, равному 1,26, или отношению I/N , порядка -6 дБ. Для радаров радионавигационной службы и метеорологических¹ радаров, учитывая выполняемые ими функции обеспечения безопасности человеческой жизни, увеличение примерно на 0,5 дБ будет означать существенное ухудшение работы радаров. Такое увеличение соответствует отношению $(I + N)/N$, равному примерно -10 дБ. Однако для подтверждения этой величины требуются дальнейшие исследования. Данные критерии защиты учитывают совокупное воздействие многочисленных источников помех при их наличии; допустимая величина отношения I/N для единичного источника помех зависит от количества источников помех и геометрии их расположения и требует оценки в ходе проведения анализа заданного сценария.

Коэффициент суммирования помех может быть весьма существенным для некоторых систем связи, в которых может быть развернуто большое количество станций.

Влияние импульсной помехи оценить более сложно: оно в значительной степени зависит от конструкции приемника/процессора и режима работы. В частности, дифференциальный выигрыш в отношении сигнал/шум при обработке отраженного от цели полезного сигнала, который обладает синхронностью, при импульсных помехах, которые, как правило, являются асинхронными, часто оказывает значительное влияние на допустимые уровни импульсных помех. Потеря чувствительности может вызывать несколько различных видов ухудшения качества работы радара. Его оценка будет являться целью проведения анализа взаимодействия между конкретными типами радаров. В общем случае можно предположить, что многие особенности радаров службы радиоопределения будут способствовать ослаблению влияния импульсной помехи с малым коэффициентом заполнения, особенно при помехах от нескольких изолированных источников. Методы подавления импульсных помех с малым коэффициентом заполнения представлены в Рекомендации МСЭ-R М.1372 "Эффективное использование радиочастотного спектра радарными станциями службы радиоопределения".

¹ Критерии защиты наземных метеорологических радаров представлены в Рекомендации МСЭ-R М.1849.

5 Методы ослабления влияния помех

В общем случае взаимная совместимость между радаром радиолокационной (за исключением наземных метеорологических радаров) и воздушной радионавигационной служб достигается за счет сканирования лепестков диаграммы направленности антенны, которое позволяет ограничить взаимодействие через основные лепестки. Дополнительное ослабление влияния помех обеспечивается за счет различия формы сигналов обоих типов радаров и соответствующего ослабления нежелательных импульсов за счет фильтрации в приемнике и методов обработки сигналов, таких как установление ограничителей, регулирование периодов чувствительности и интегрирования сигналов. Кроме того, помехи могут быть ослаблены за счет разноса сигнала по несущей частоте или избирательности по времени с помощью использования методов ослабления/подавления асинхронных импульсов. При взаимодействии одного радара с другим разнос по частоте не всегда является необходимым условием для совместимой работы, поскольку высокая степень развязки при наличии связи по мощности или по времени достигается либо сама по себе, либо за счет правильного проектирования. Дополнительные сведения относительно методов ослабления влияния помех, применяемых радиолокационными системами, представлены в Рекомендации МСЭ-R М.1372.
