

МСЭ-R

Сектор радиосвязи МСЭ

Рекомендация МСЭ-R М.1462-1
(01/2019)

Характеристика и критерии защиты радаров, работающих в радиолокационной службе в диапазоне частот 420–450 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 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 М.1462-1

Характеристики и критерии защиты радаров, работающих в радиолокационной службе в диапазоне частот 420–450 МГц

(2000-2019)

Сфера применения

В настоящей Рекомендации приведены технические и эксплуатационные характеристики радиолокационных систем, работающих в диапазоне частот 420–450 МГц. Эти параметры предназначены для использования в качестве ориентира при анализе совместимости радаров, работающих в службе радиоопределения, и систем других служб.

Ключевые слова

Радар, характеристики, критерии защиты

Сокращения/гlossарий

IF	Intermediate Frequency	ПЧ	Промежуточная частота
I/N	Interfering to noise ratio		Отношение мешающий сигнал/шум
RF	Radio Frequency	РЧ	Радиочастота

Соответствующие Рекомендации и Отчеты МСЭ

Рекомендация МСЭ-R М.1372 – Эффективное использование радиочастотного спектра радиолокационными станциями службы радиоопределения

Рекомендация МСЭ-R М.1461 – Процедуры определения потенциальных помех между радаром, работающим в службе радиоопределения, и системами в других службах

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

a) что в некоторых полосах частот характеристики радаров, относящиеся к антенне, распространению сигнала, обнаружению цели и большой необходимой ширине полосы, требуемые для выполнения ими своих функций, 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 в определенных полосах частот характеристики распространения сигнала и обнаружения цели, требуемые для выполнения этих функций, являются оптимальными и что полоса 420–450 МГц особенно пригодна для идентификации, отслеживания и каталогизации объектов наземными радаром на очень больших расстояниях (например, в космосе),

признавая,

a) что полосы частот в диапазоне 420–450 МГц или их участки распределены на всемирной основе фиксированной, радиолокационной и любительской службам, спутниковой службе исследования Земли (активной) и подвижным службам, за исключением воздушной подвижной службы;

b) что в диапазоне частот 420–450 МГц имеется ряд других распределений, которые произведены посредством примечаний к Таблице распределения частот,

отмечая,

что в случае распределения полос частот радиолокационной службе на вторичной основе может возникнуть необходимость в применении методов ослабления влияния помех или принятии эксплуатационных мер для защиты служб, которым эти полосы распределены на первичной основе,

рекомендует

- 1 считать определенные в Приложении 1 технические и эксплуатационные характеристики радиолокационных систем типовыми для таких систем, работающих в диапазоне частот 420–450 МГц;
- 2 использовать Рекомендацию МСЭ-R М.1461 в качестве руководства при анализе совместимости радаров, работающих в службе радиоопределения, и систем других служб;
- 3 использовать значение отношения уровня мощности мешающего сигнала к уровню мощности шума приемника радара (I/N), равное -6 дБ, в качестве требуемого уровня защиты для указанных радиолокационных систем и рассматривать это значение I/N как общий уровень защиты при наличии нескольких источников помех (см. Примечание 1);
- 4 считать следующее ниже Примечание частью настоящей Рекомендации.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Критерий защиты, приведенный в пункте 3 раздела *рекомендует*, не должен применяться к радарам слежения за космическими объектами, описанным в Приложении 1. Эти радары характеризуются очень высокой чувствительностью, и для них недопустимо итоговое снижение дальности обнаружения на 6% (соответствующее уменьшению объема пространства обзора на 19%). Требуется проведение специальных исследований совместимости с этими радаром.

Приложение 1

Технические и эксплуатационные характеристики радиолокационных систем, работающих в диапазоне частот 420–450 МГц

1 Введение

В диапазоне частот 420–450 МГц работают мощные авиационные, судовые и наземные радары. В следующих далее разделах определены их эксплуатационные и технические характеристики.

2 Характеристики радаров, работающих в диапазоне частот 420–450 МГц

Ниже приведены типовые характеристики радиолокационных систем, работающих в диапазоне частот 420–450 МГц. Представленной в настоящем Приложении информации достаточно для выполнения общих расчетов в целях оценки совместимости этих радаров и других систем.

2.1 Наземные радары

Полоса частот 420–450 МГц обеспечивает уникальные характеристики, которые идеально подходят для обнаружения, идентификации и слежения за объектами на больших расстояниях.

Радары типа А осуществляют отслеживание и каталогизацию космических объектов при выходной мощности передатчика до 5 МВт и высоком усилении антенны. Эти радары работают непрерывно – круглосуточно и круглогодично. "Рубеж" их радиолокационного обнаружения ограничен диапазоном от приблизительно 3° до 60° по углу места в пределах секторов шириной 120° по азимуту. Приемники радаров этого типа обладают очень высокой чувствительностью для регистрации отраженных сигналов от внеатмосферных и космических объектов. Число таких наземных радаров невелико, что обусловлено их специальным назначением и необходимыми конструктивными особенностями (например, антенной решеткой очень большого размера), а их высокая чувствительность и

выполняемая ими функция обуславливает для этих радаров особое признание и защиту. В таблице 1 приведены характеристики этих радаров, а в таблице 2 – места расположения многих из них.

Радар типа В – это система для обзора и слежения на больших высотах. Такие радары бывают как стационарными, так и транспортируемыми.

Радар типа С представляет собой транспортируемую систему для поиска движущихся объектов на земной поверхности и в воздухе на малых расстояниях от местонахождения радара.

ТАБЛИЦА 1

Характеристики наземных радаров, работающих в диапазоне частот 420–450 МГц

Параметр	Радар типа А	Радар типа В	Радар типа С
Применение	Слежение за космическими объектами	Обзор на больших высотах	Поиск наземных и воздушных объектов
Зона развертывания	По всему миру, стационарный вариант	По всему миру, стационарный и транспортируемый варианты	По всему миру, стационарный и транспортируемый варианты
Тип настройки; диапазон частот (МГц)	Быстрая перестройка частоты; 420–450	Быстрая перестройка частоты; 420–450	Быстрая перестройка частоты; 420–450
Пиковая выходная мощность радиосигнала (МВт)	1–5	0,3	0,01
Поляризация	Круговая	Круговая	Линейная
Длительность импульса (мс)	0,25; 0,5; 1; 2; 4; 8; 16	0,01–16	0,001–1
Коэффициент заполнения (средний) (%)	25	1–25	1–10
Частотная модуляция импульсов	Поиск: ЛЧМ 100–350 кГц Слежение: ЛЧМ 1 или 5 МГц	ЛЧМ 2 МГц	ЛЧМ 1 или 0,3 МГц
Частота повторения импульсов (Гц)	До 41	15–400	100–3 000
Тип антенны	Плоская антенная решетка; диаметр 22 м и более	Фазированная антенная решетка	Фазированная антенная решетка
Высота радара над землей (м)	15	5–20	5–10
Усиление антенны (дБи)	38,5	28–40	10
Область сканирования антенны	Угол места 3°–85°; азимут ±60° на каждую из двух плоских антенных решеток при сканировании по азимуту (240°)	Азимут: сектор ±60°, с вращением или случайными режимами Угол места 3°–85°	Всенаправленное (360°) сканирование по азимуту

ТАБЛИЦА 1 (окончание)

Параметр	Радар типа А	Радар типа В	Радар типа С
Ширина луча антенны по азимуту (градусы)	2,2	1,8 (тип.)	80
Ширина луча антенны по углу места (градусы)	2,2	1,8 (тип.)	60
Шумовая температура приемника (К)	≤ 450	≤ 435	≤ 435
Коэффициент шума (дБ)		≤ 2,5	≤ 2,5
Ширина полосы приемника по РЧ (МГц)		30	30
Ширина полосы приемника по ПЧ (МГц)	1 или 5 (см. ширину полосы ЛЧМ)	2	1 или 0,3

ТАБЛИЦА 2

**Местоположение радаров слежения за космическими объектами,
работающих в диапазоне частот 420–450 МГц**

Местоположение радара	Широта	Долгота
Штат Массачусетс (США)	41,8° с. ш.	70,5° з. д.
Штат Техас (США)	31,0° с. ш.	100,6° з. д.
Штат Калифорния (США)	39,1° с. ш.	121,5° з. д.
Штат Джорджия (США)	32,6° с. ш.	83,6° з. д.
Штат Флорида (США)	30,6° с. ш.	86,2° з. д.
Штат Северная Дакота (США)	48,7° с. ш.	97,9° з. д.
Штат Аляска (США)	64,3° с. ш.	149,2° з. д.
Туле (Гренландия)	76,6° с. ш.	68,3° з. д.
Файлингдейлс-Мур (Соединенное Королевство)	54,5° с. ш.	4,0° з. д.

2.2 Авиационные радары

Три нижние полосы частот радиолокации (420–450 МГц, 1215–1400 МГц и 3100–3700 МГц) имеют и впредь будут иметь важнейшее значение для разработки и эксплуатации авиационных обзорных радиолокационных систем. Эти системы работают по всему миру и, оказавшись в намеченном районе работы, могут работать в течение продолжительных периодов времени (от нескольких часов до нескольких дней). Обнаружение объектов, их захват и слежение за ними на больших расстояниях являются важнейшими функциями управления воздушным движением и наблюдения за ним. Дальность действия наземных радаров сильно ограничена радиолокационным горизонтом, поэтому развертывание радаров большой дальности действия на воздушных судах – великолепный способ расширить возможности отдельного радара. Как и в наземных радиолокационных обзорных воздушного пространства, в авиационных радаров применяется круговое сканирование по азимуту и сканирование в заданном диапазоне по углу места либо электронным способом, либо путем использования относительно широкого луча по углу места. Радар такого типа работает как на этапе набора высоты воздушным судном (и его снижения), так и на высотах полета; потолок высоты для воздушных судов составляет около 9 км. В таблице 3 приведены характеристики типовой авиационной радиолокационной системы, работающей в полосе частот 420–450 МГц.

ТАБЛИЦА 3

Характеристики авиационных радаров, работающих в диапазоне частот 420–450 МГц

Параметр	Радар типа 1	Радар типа 2
Тип настройки; диапазон частот	Фиксированная частота или быстрая перестройка частоты; 420–450 МГц	Быстрая перестройка частоты; 420–450 МГц
Пиковая выходная мощность радиосигнала (МВт)	2	2,5
Поляризация	Горизонтальная	Горизонтальная
Длительность импульса (мкс)	1, 2, 4, 8	30, 35, 100
Модуляция импульсов	Немодулированные импульсы	ЛЧМ
Частота повторения импульсов (кГц)	0,1–2	До 3
Тип антенны	Директорная антенна или плоская антенная решетка	Линейная антенная решетка
Усиление антенны (дБи)	22	19
Область сканирования антенны	Угол места $\pm 60^\circ$ (с механическим позиционированием или электронным сканированием); азимут 360° при 3–7 об./мин	Угол места: фиксированный диапазон $\pm 45^\circ$ (с электронным сканированием, механически неподвижное крепление); азимут 360°
Ширина луча антенны	Угол места 6° – 20° (в зависимости от типа сканирования); азимут 6°	Угол места до 60° ; азимут 7°
Коэффициент шума приемника (дБ)	5	3
Ширина полосы приемника по ПЧ (МГц)	1	33

2.3 Судовые радары

Судовые обзорные радары также работают в диапазоне частот 420–450 МГц. Обычно они эксплуатируются в открытом море, хотя следует также предполагать возможность их работы в прибрежных водах и в морских портах. Подобно другим обзорным радарам системы этого типа осуществляют сканирование на 360° по азимуту и работают в непрерывном режиме. В таблице 4 приведены характеристики типового судового радара, работающего в диапазоне частот 420–450 МГц.

ТАБЛИЦА 4

Характеристики судовых радаров, работающих в диапазоне частот 420–450 МГц

Параметр	Значение		
Тип настройки; диапазон частот	Фиксированные частоты; 420–450 МГц		
Пиковая выходная мощность радиосигнала (МВт)	2		
Модуляция импульсов	Немодулированные импульсы		
Усиление антенны (дБи)	30 (главный лепесток) 0 (медиана бокового лепестка)		
Кривая уровней мощности радиоизлучения передатчика	-3 дБ	2	МГц
	-20 дБ	3	МГц
	-70 дБ	20 МГц	
Избирательность тракта ПЧ приемника	-3 дБ	2	МГц
	-103 дБ	20 МГц	
Уровень шума приемника (дБВт)	-136		
Тип антенны	Параболический отражатель		

3 Критерии защиты

Степень снижения чувствительности радаров радиоопределения под влиянием помех от других служб в виде модуляции непрерывным или шумоподобным сигналом прогнозируемо связана с интенсивностью этих помех. В пределах любого азимутального сектора, в котором возникает такого рода помеха, ее спектральную плотность мощности можно в пределах разумной точности аппроксимации просто приплюсовать к спектральной плотности мощности теплового шума приемника радара. Если обозначить спектральную плотность мощности шума приемника радара в отсутствие помех как N_0 , а спектральную плотность мощности шумоподобной помехи как I_0 , то результирующая эффективная спектральная плотность мощности шума будет равна просто $I_0 + N_0$. Увеличение этого значения примерно на 1 дБ будет сопровождаться существенным ухудшением характеристик, эквивалентным снижению дальности обнаружения приблизительно на 6%. Такое увеличение соответствует значению отношения $(I + N)/N$, равному 1,26, или значению I/N , приблизительно равному -6 дБ. Данное значение отражает суммарное воздействие нескольких источников помех, если таковые имеются; допустимое значение I/N для любого отдельного источника помех зависит от количества источников и их геометрических характеристик и должно определяться в ходе анализа конкретного сценария. Если бы на большинстве направлений по азимуту принимались помехи в форме непрерывного сигнала, пришлось бы поддерживать более низкий уровень I/N .

Фактор суммирования может быть весьма существенным для некоторых систем связи, в которых может быть развернуто большое число станций.

Влияние импульсных помех количественно оценить сложнее, и оно строго зависит от конструкции и режима работы приемника/процессора. В частности, нередко влияние импульсных помех заданного уровня существенно зависит от дифференциального выигрыша при обработке отраженного от реальной цели сигнала, который имеет вид синхронизированных импульсов, и импульсных помех, имеющих обычно асинхронный характер. Такое снижение чувствительности может вызвать ухудшение характеристик в нескольких различных формах. Его оценка будет целью анализа взаимодействий между конкретными типами радаров. В целом можно предположить, что подавлению импульсных помех с низким коэффициентом заполнения, в особенности от нескольких изолированных источников, может поспособствовать целый ряд свойств радаров радиоопределения. Методы подавления импульсных помех с низким коэффициентом заполнения описаны в Рекомендации МСЭ-R М.1372 "Эффективное использование радиочастотного спектра радиолокационными станциями службы радиоопределения".