

# МСЭ-R

Сектор радиосвязи МСЭ

**Рекомендация МСЭ-R М.2007**  
(03/2012)

## **Характеристики и критерии защиты радаров, работающих в воздушной радионавигационной службе в полосе частот 5150–5250 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
<b>M</b>	<b>Подвижные службы, служба радиоопределения, любительская служба и относящиеся к ним спутниковые службы</b>
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.2007

**Характеристики и критерии защиты радаров, работающих в воздушной радионавигационной службе в полосе частот 5150–5250 МГц**

(2012)

**Сфера применения**

В настоящей Рекомендации определены характеристики и критерии защиты радаров, работающих в воздушной радионавигационной службе (ВРНС) в полосе частот 5150–5250 МГц. Эти технические и эксплуатационные характеристики должны использоваться при анализе совместимости радаров, работающих в воздушной радионавигационной службе, и систем других служб.

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

*учитывая,*

- a) что антенна, распространение сигнала, обнаружение цели и большая необходимая ширина полосы радаров, требуемые для выполнения ими своих функций, в некоторых полосах частот являются оптимальными;
- b) что технические характеристики радаров, работающих в радионавигационной службе, определяются задачей системы и значительно различаются даже в рамках одной полосы частот;
- c) что для определения возможности внедрения новых типов систем необходимы типовые технические и эксплуатационные характеристики систем, работающих в полосах частот, распределенных воздушной радионавигационной службе (ВРНС);
- d) что для анализа совместимости радаров, работающих в ВРНС, и систем других служб требуются процедуры и методики,

*признавая,*

что полоса частот 5150–5250 МГц распределена на первичной основе воздушной радионавигационной службе, фиксированной спутниковой (Земля-космос) службе и подвижной, за исключением воздушной подвижной, службе в соответствии с п. 5.446А РР,

*рекомендует,*

- 1** чтобы технические и эксплуатационные характеристики радаров, работающих в ВРНС, которые описаны в Приложении 1, рассматривались в качестве типовых для радаров, работающих в полосе частот 5150–5250 МГц, и использовались в исследованиях совместимости с системами других служб;
- 2** чтобы при анализе совместимости радаров, работающих в службе радиоопределения, с системами других служб использовалась Рекомендация МСЭ-R М.1461;
- 3** чтобы критерий отношения уровня мощности мешающего сигнала к уровню мощности шума приемника радара ( $I/N$ ), составляющий  $-6$  дБ, использовался в качестве требуемого уровня защиты радаров воздушной радионавигационной службы, и чтобы в случае наличия нескольких источников помех этот уровень представлял чистый защитный уровень.

## Приложение 1

### Технические и эксплуатационные характеристики радаров, работающих в воздушной радионавигационной службе в полосе частот 5150–5250 МГц

#### 1 Введение

Системы ВРНС эксплуатируются во всем мире на первичной основе в полосе частот 5150–5250 МГц. В настоящем Приложении представлены технические и эксплуатационные характеристики типовых радионавигационных импульсных доплеровских радаров, работающих в ВРНС в этой полосе частот.

#### 2 Характеристики воздушных радионавигационных систем обнаружения и предотвращения столкновений

Безопасность летной эксплуатации беспилотного воздушного судна (БВС) требует использования передовых методов обнаружения и отслеживания, находящихся в непосредственной близости воздушных судов, поверхности земли и препятствий для осуществления навигации. Аналогично пилотируемому воздушному судну, БВС должно избегать столкновения с этими объектами. Дистанционный оператор должен быть осведомлен об окружающих условиях, в которых находится воздушное судно, для того чтобы иметь возможность обнаруживать потенциальные угрозы для безопасного полета воздушного судна и принимать надлежащие меры для избежания опасности. Основная функция радара для обнаружения и предотвращения столкновений заключается в обеспечении возможности обнаружения, отслеживания и передачи дистанционному оператору информации о воздушном движении в целях поддержания достаточного расстояния от других воздушных судов или препятствий. Система основана на использовании подхода "летчик в контуре", при котором окончательное решение о маневрах беспилотной авиационной системы (БАС) с целью предотвращения столкновения принимает наземный оператор БАС. В таблице 1 представлены технические параметры воздушных радионавигационных радаров, работающих в полосе частот 5150–5250 МГц.

ТАБЛИЦА 1

Технические параметры радара для обнаружения и предотвращения столкновений

Параметр	Радар 1
Платформа	Беспилотный летательный аппарат
Высота платформы (км)	До 20
Тип радара	Система предотвращения столкновения воздушных судов в воздухе
Диапазон измеряемой скорости относительно земли (км/ч)	До 1 500
Диапазон настройки частоты (МГц)	5 150–5 250
Тип излучения	Импульсы с линейной ЧМ (ЛЧМ)
Ширина полосы импульса ЛЧМ (МГц)	20
Ширина импульса (мкс)	5–11
Время нарастания и спада импульса (мкс)	0,1–0,2
Ширина полосы РЧ излучения	–3 дБ 18 –20 дБ (МГц) 22 –40 дБ 26
Частота повторения импульсов (имп./с)	31 500–33 500
Пиковая мощность передатчика (Вт)	80,0



ТАБЛИЦА 1 (окончание)

Параметр	Радар 1
Средняя мощность передатчика (Вт)	16
Ширина полосы пропускания ПЧ приемника по уровню $-3$ дБ (МГц)	30
Чувствительность (дБм)	$-133$
Коэффициент шума приемника (дБ)	5
Тип антенны	Фазированная решетка
Размещение антенны	Носовая и боковая часть воздушного судна
Усиление антенны (дБи)	33–36
Первый боковой лепесток антенны (дБи)	18–20
Горизонтальная ширина луча (градусы)	8
Вертикальная ширина луча (градусы)	8
Поляризация	Вертикальная
Сканирование лучом антенны в вертикальной плоскости (градусы)	$\pm 45$
Сканирование лучом антенны в горизонтальной плоскости (градусы)	$\pm 45$
Критерий защиты (дБ)	$-6$

### 3 Операции обнаружения и предотвращения столкновений

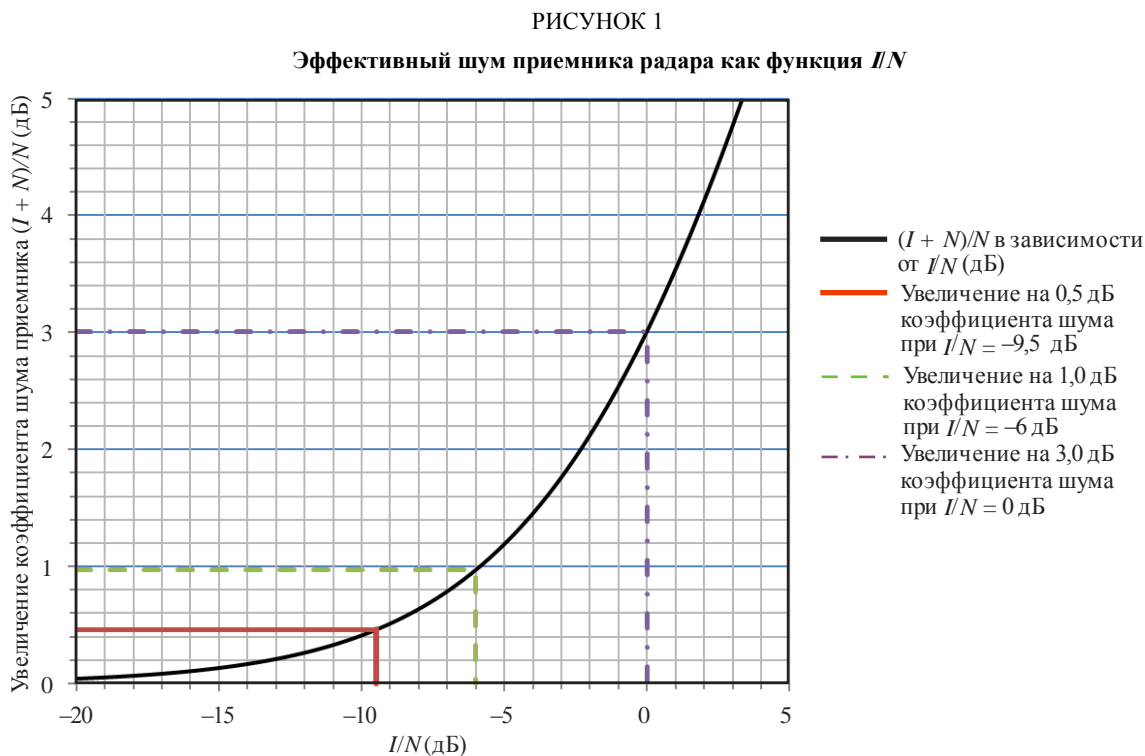
На протяжении долгого времени для пилотируемого воздушного судна основным средством обнаружения другого воздушного судна и предотвращения столкновения в воздухе служило зрение находящегося в кабине человека-пилота, даже при наличии ретрансляторов и радиолокационных систем. БАС не обладает преимуществом этого бортового средства обеспечения безопасности. Предполагается полная интеграция БВС с пилотируемыми воздушными судами во всем диапазоне применений. Применения БАС были продемонстрированы или планируются в таких областях, как сельское хозяйство, радиорелейная связь, аэрофотосъемка, картирование, управление в чрезвычайных ситуациях, а также научные исследования, рациональное природопользование и обеспечение исполнения законов. Следовательно, БАС должны быть оснащены этой функцией обнаружения и предотвращения столкновений (S&A) для производства полетов в необословленном воздушном пространстве. Поддержание чувствительности сенсорной системы S&A имеет критическое значения для обеспечения своевременного обнаружения воздушного судна вблизи от БАС в целях предотвращения столкновения.

Обеспечение безопасного интервала эшелонирования относительно других воздушных судов требует активной функции поиска для поддержания расстояния видимости до другого воздушного судна. Параметры функции обнаружения могут включать время, расстояние, скорость приближения, угол приближения и маневренность. Функция самоэшелонирования действует в пределах достаточного временного интервала, для того чтобы выполнить маневр БАС и избежать активации функции предотвращения столкновения.

Предотвращение столкновения – это маневрирование в последний момент в целях предотвращения столкновения. Эта функция включается тогда, когда все режимы обеспечения эшелонирования не смогли поддерживать безопасное расстояние. Аналогично, параметры этой функции могут включать время, расстояние, скорость приближения, угол приближения и маневренность. При таком характере столкновения БАС имеет небольшой период времени для предотвращения столкновения в воздухе. Его функция должна обладать возможностью интерпретации данных датчиков и формирования надлежащего соответствующего маневра. Данные датчиков могут включать поперечное сечение и радиус действия бортового радара. При снижении отношения сигнал-шум снижается расстояние обнаружения. Кроме того, затухание в атмосфере претерпевает значительные изменения (даже на 5000 МГц), поэтому требуется также широкий допуск на рабочий диапазон дальности.

#### 4 Защитные критерии

Если радиолокационный приемник принимает помеху, вклад средней мощности помехи  $I$  суммируется с мощностью собственного шума радара  $N$ , и эта суммарная мощность будет оказывать маскирующее воздействие на обнаружение полезных целей. Отношение суммарного значения шум + помеха к собственному шуму выражается следующим образом:  $(I + N)/N$ , а его изменение в зависимости от отношения  $I/N$  графически показано на рисунке 1.



М.2007-01

Как показано на рисунке 1, коэффициент шума приемника увеличивается на 0,5 дБ, когда средняя мощность помехи на 9,5 дБ ниже номинального уровня шума приемника, и значение шума приемника увеличивается на 1 дБ, когда средняя мощность помехи на 6 дБ ниже номинального уровня шума приемника. Это увеличение эффективного коэффициента шума будет представлять равное увеличение минимального уровня обнаруживаемого сигнала приемников радаров, на которые воздействуют помехи. Следовательно, для обеспечения полной защиты работы радаров ВРНС в этой полосе частот защитный критерий  $I/N$  должен быть равен  $-6$  дБ<sup>1</sup>.

Данные критерии защиты учитывают совокупное воздействие нескольких 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. В случае некоторых систем связи, в которых можно развернуть большое количество станций, фактор агрегирования может оказаться весьма существенным.

<sup>1</sup> Рекомендация МСЭ-R М.1461-1 "Процедуры определения потенциальных помех между радарными, работающими в службе радиопределения, и системами в других службах".

Влияние импульсной помехи количественно определить более сложно, и оно в значительной степени зависит от конструкции и режима работы приемника/процессора. В частности, выигрыш при дифференциальной обработке сигналов, отраженных от важной цели, которые являются синхронными импульсами, и импульсных помех, которые, как правило, асинхронные, часто существенно влияет на воздействие на заданные уровни импульсных помех. Такое снижение чувствительности может вызвать несколько различных форм ухудшения показателей работы; их оценка станет задачей анализа взаимодействия радаров конкретных типов. Методы подавления импульсных помех с малыми рабочими циклами содержатся в Рекомендации МСЭ-R М.1372.

---