

МСЭ-R

Сектор радиосвязи МСЭ

Рекомендация МСЭ-R М.1465-4
(02/2022)

Характеристики и критерии защиты радаров, работающих в службе радиоопределения в полосе частот 3100–3700 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-Т/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-Т/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, 2022 г.

© ITU 2022

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.1465-4

Характеристики и критерии защиты радаров, работающих в службе радиоопределения в полосе частот 3100–3700 МГц

(2000-2007-2015-2018-2022)

Сфера применения

В настоящей Рекомендации представлены технические и эксплуатационные характеристики, а также критерии защиты радаров сухопутного базирования/на борту судов/воздушного базирования, работающих в полосе частот 3100–3700 МГц¹. Рекомендация включает репрезентативные характеристики передатчика, приемника и компонентов антенн этих радаров, а также информацию об их развертывании.

Ключевые слова

Характеристики, критерии защиты, судовой радар, радар наземного базирования, радар на борту воздушного судна.

Сокращения/гlossарий

AMSL	Above mean sea level		Над средним уровнем моря
ATC	Air traffic control	УВД	Управление воздушным движением
CPFSK	Continuous-phase frequency shift keying		Частотная манипуляция с непрерывной фазой
RR	Radio Regulations	РР	Регламент радиосвязи

Соответствующие Рекомендации и Отчеты МСЭ

Рекомендации:

- МСЭ-R М.1460: Технические и рабочие характеристики и критерии защиты радаров радиоопределения в полосе частот 2900–3100 МГц
- МСЭ-R М.1461: Процедуры определения потенциальных помех между радарными, работающими в службе радиоопределения, и системами в других службах
- МСЭ-R М.1464: Характеристики метеорологических радиолокационных радаров и характеристики и критерии защиты для исследований совместного использования частот воздушными радионавигационными радарными и радарными службы радиоопределения, работающими в полосе частот 2700–2900 МГц
- МСЭ-R М.1851: Математические модели диаграмм направленности антенн радиолокационных систем радиоопределения для использования при анализе помех

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

- a) что в некоторых полосах частот характеристики радаров, относящиеся к антеннам, распространению сигнала, обнаружению цели и большой требуемой ширине полосы, являются оптимальными для выполнения ими своих функций;
- b) что технические характеристики радаров, работающих в службе радиоопределения, определяются назначением системы и широко отличаются даже в рамках одной полосы частот;

¹ Некоторые системы работают в полосе частот, продолжающейся вниз до 2800 МГц.

- c) что радионавигационная служба является службой безопасности, как это указано в пункте **4.10** Регламента радиосвязи (РР), и должно быть обеспечено непричинение ей вредных помех;
- d) что репрезентативные технические и эксплуатационные характеристики систем, работающих в полосах частот, распределенных службе радиоопределения, необходимы для определения технической осуществимости внедрения новых типов систем;
- e) что требуются процедуры и методики анализа совместимости между радарными, работающими в службе радиоопределения, и системами других служб;
- f) что полоса частот 3100–3400 МГц распределена радиолокационной службе на первичной основе во всех трех Районах;
- g) что полоса частот 3400–3600 МГц распределена радиолокационной службе на вторичной основе в Районе 1;
- h) что согласно пункту **5.433** РР полоса частот 3400–3600 МГц распределена радиолокационной службе на первичной основе в Районах 2 и 3, однако все администрации, использующие радиолокационные системы в этой полосе, должны прекратить их работу к 1985 году. После этого администрации должны принимать все практически возможные меры для защиты фиксированной спутниковой службы, и к фиксированной спутниковой службе не должны предъявляться требования координации;
- i) что полоса частот 3600–3700 МГц распределена радиолокационной службе на вторичной основе в Районах 2 и 3;
- j) что полоса частот 3100–3300 МГц также распределена радионавигационной службе на первичной основе в странах, перечисленных в пункте **5.428** РР;
- k) что в Рекомендации МСЭ-R М.1464 содержатся характеристики некоторых систем, работающих в диапазоне частот 2700–3400 МГц,

признавая,

что применимы пункты **5.433, 5.429, 5.429А, 5.429В, 5.429С, 5.429D, 5.429Е** и **5.429F** РР,

рекомендует,

- 1** чтобы технические и эксплуатационные характеристики радиолокационных радаров, описанные в Приложении 1, считались репрезентативными для радаров, работающих в полосе частот 3100–3700 МГц;
- 2** чтобы Рекомендация МСЭ-R М.1461 учитывалась при анализе совместимости между радарными, работающими в службе радиоопределения, и системами в других службах;
- 3** чтобы критерий уровня мощности мешающего сигнала по отношению к мощности шума приемника радара, отношение I/N , равное -6 дБ, использовался в качестве требуемого уровня защиты для радиолокационных систем и чтобы этот уровень представлял собой чистый уровень защиты в случае наличия многих источников помех.
- 4** чтобы для исследований совместного использования частот и совместимости с радиолокационными системами, работающими в диапазоне частот 3,1–3,7 ГГц, использовались характеристики, приведенные в таблице 1.

Приложение 1

Технические и эксплуатационные характеристики радиолокационных радаров, работающих в полосе частот 3100–3700 МГц

1 Введение

Характеристики радиолокационных радаров, работающих в полосе частот 3100–3700 МГц, представлены в таблице 1 и более подробно описываются в представленных ниже пунктах.

ТАБЛИЦА 1

Таблица характеристик радиолокационных систем в полосе частот 3100–3700 МГц^{2, 3}

Параметр	Системы сухопутного базирования							Судовые системы				Система на борту воздушного судна
	L-A	L-B	L-C	L-D	L-E	L-F	L-G	S-A	S-B	S-C	S-D	A-A
Использование	Поиск с поверхности земли и с воздуха	Поиск с поверхности земли	Многофункциональный поиск с поверхности земли и с воздуха	Многофункциональный поиск с поверхности земли и с воздуха	Многофункциональный поиск с поверхности земли и с воздуха	Многофункциональный поиск с поверхности земли и с воздуха	Многофункциональный поиск с поверхности земли и с воздуха	Поиск с поверхности земли и с воздуха				Поиск с поверхности земли и с воздуха
Модуляция	P0N/Q3N	P0N	P0N/Q7N	P0N/Q7N	Q0N	M1N	Q3N	P0N	Q7N	P0N/Q7N	Q7N	Q7N
Диапазон настройки (ГГц)	3,1–3,7		2,8–3,4	2,8–3,5	3,3–3,4	3,1–3,5	3,1–3,5	3,3–3,4	2,9–3,7	3,1–3,5		3,1–3,7
Мощность, подаваемая на антенну передатчика (максимальная)	640	1 000	200	60–70	0,33	500	100	1 000	4 000–6 400	60–200	4–90	1 000
Длительность импульса	160–1 000	1,0–15	50–500	3–150	0,65	0,1–1,0	0,5–50	0,25, 0,6	6,4–768	0,1–1000	0,1–100	1,25 ⁽¹⁾
Частота повторения (кГц)	0,020–2	0,536	0,2–50	0,8–50	160	50–200	1,0–20,0	1,125	0,152–6,0	0,3–10	0,5–10	2
Степень сжатия	48 000	Не применяется	До 1 000	До 2 000	26	Не применяется	Не применяется	Не применяется	64–512	До 20 000	До 400	<10
Тип сжатия	Отсутствует	Не применяется	LFM и NLFM	LFM и NLFM	Не применяется	Не применяется	Не применяется	Не применяется	CPFSK	Отсутствует	Отсутствует	LFM и NLFM
Коэффициент заполнения (%)	2–32	0,005–0,8	0,2–20	Не более 12	Не более 11	2,0–5,0	1,0–5,0	0,28, 0,67	0,8–30,0	Не более 20	Не более 20	5
Ширина полосы передатчика (МГц) (–3 дБ)	25/300	2	2	7–40	1–20	5	1,5	4, 16,6	4–800	25	3,15	> 30
Усиление антенны (дБи)	39	40	31	40	22	22	37	32	42	До 40	До 40	40

² В Рекомендациях МСЭ-R М.1460 и МСЭ-R М.1464 также приведены характеристики радиолокационных радаров, работающих в диапазоне частот 2700–3400 МГц.

³ Технические характеристики этих радаров относятся ко всему указанному диапазону настройки.

ТАБЛИЦА 1 (продолжение)

Параметр	Системы сухопутного базирования							Судовые системы				Система на борту воздушного судна
	L-A	L-B	L-C	L-D	L-E	L-F	L-G	S-A	S-B	S-C	S-D	A-A
Тип антенны	Параболическая	Фазированная решетка	Фазированная решетка	Фазированная решетка	Фазированная решетка	Фазированная решетка	Фазированная решетка	Фазированная решетка			Волноводно-щелевая решетка	
Ширина луча (H, V) (градусы)	1,72	1,05; 2,2	1,5	1–4,5	15,15	15, 15	2,5; 2,5	1,75, 4,4, csc ² до 30	1,7; 1,7	1,1–5, 1,1–5	1,5–6; 4–20	1,2; 6,0
Тип развертки по вертикали	Отсутствует	Не применяется	Произвольная	Произвольная	Произвольная	Сектор электронного сканирования	Отсутствует	Не применяется	Произвольная	Не применяется	Не применяется	Отсутствует
Максимальная развертка по вертикали (градусы)	93,5	Не применяется	90	90	75	90	70	Не применяется	90	90	90	± 60
Скорость развертки по вертикали (градусы)	15	Не применяется	50	Переменная	35	10,0–50,0	Не применяется	Не применяется		Мгновенная		Электронная
Тип развертки по горизонтали	Не применяется	Круговая	Круговая	Круговая	Произвольная	Не применяется	Круговая	Круговая	Произвольная	Непрерывная 360 + сектор	Непрерывная 360 + сектор	Круговая
Максимальная развертка по горизонтали (градусы)	360							360				
Скорость развертки по горизонтали (градусы)	15	25,7	36	180	Переменная	60–100	0	24	Не применяется	30–360	50–180	36
Поляризация	РНСП	V	Линейная	V	V	Линейная	Линейная	H	V	Отсутствует	V	H
Чувствительность приемника (дБм)	Отсутствует	–112	–110	–115	–141	–114	–85	–112	Отсутствует	Отсутствует	Отсутствует	Отсутствует
Показатель шума приемника (дБ)	3,1	4,0	1,5	4	3	3	5	4,8	5,0	1,5	1,5	3
Ширина полосы по РЧ приемника (–3 дБ) (МГц)	Отсутствует	2,0	600	400	100	500	120	Отсутствует		400		Отсутствует
Ширина полосы по ПЧ приемника (–3 дБ) (МГц)	380	0,67	2	30	5,10	12	18	8	10	10–30	2–20	1
Зона развертывания	Во всем мире	Во всем мире	Во всем мире	Во всем мире	Во всем мире	Во всем мире	Во всем мире	Во всем мире	Во всем мире	Во всем мире	Во всем мире	Во всем мире

1) Сжатие 100 нс.

2 Технические характеристики

Полоса частот 3100–3700 МГц используется радарными установками на суше, морских и воздушных судах. В целом она используется в основном подвижными радарными установками на борту морских и воздушных судов, в то время как фиксированные системы сухопутного базирования эксплуатируются на испытательных полигонах и часто размещаются на привязных аэростатах для наблюдения за сушей или прибрежными зонами. Выполняемые функции включают поиск объектов, расположенных вблизи от поверхности или на борту воздушного судна на большой высоте, наблюдение за морем, слежение за объектами на борту воздушных судов, а также поиск многоцелевых контрольно-измерительных приборов на испытательных полигонах. Для выполняемых радарными функциями поиска применяется как излучение немодулированной несущей, так и излучение с угловой импульсной модуляцией, а также коэффициенты заполнения. В таблице 1 содержатся репрезентативные характеристики радиолокационных систем сухопутного базирования, систем на борту морских судов и систем на борту воздушных судов, работающих в полосе частот 3100–3700 МГц.

2.1 Радары сухопутного базирования

2.1.1 Операции радаров сухопутного базирования

Радары сухопутного базирования, работающие в полосе частот 3100–3700 МГц, применяются обычно для проведения испытаний на испытательных полигонах и за их пределами. Многие из этих радаров являются подвижными в том смысле, что они часто устанавливаются на колесных транспортных средствах для перемещения радара с целью обеспечения функций поиска и слежения для летательных аппаратов на продолжительных маршрутах полетов. Другие радары устанавливаются в фиксированных местоположениях на испытательных полигонах, где они также обеспечивают функции поиска и слежения.

Представленная в таблице 1 Система L-B сухопутного базирования привязывается на высоте до 4600 м для увеличения дальности наблюдений до 275 км. Описанная в таблице 1 Система L-A сухопутного базирования работает в основном в светлое время суток при хороших погодных условиях и иногда в темное время суток, тогда как радары, расположенные на привязных аэростатах, работают постоянно. Системы L-C, L-D, L-E, L-F, L-G сухопутного базирования – всепогодные, постоянно действующие многоцелевые радары, устанавливаемые на подвижных (на базе транспортных средств) или стационарных платформах, для поиска с воздуха и с поверхности земли.

2.1.2 Передатчик

Передатчики являются настраиваемыми и предназначены для работы в любом месте в пределах полосы частот 3100–3700 МГц. В частности, система L-F осуществляет передачу в диапазоне 3100–3500 МГц, а система L-G – в диапазоне 3100–3500 МГц. Применяются немодулированный импульс, одноканальная угловая модуляция и многоканальная угловая модуляция. Кроме того, в системах L-B, L-F и L-G не применяется сжатие импульса.

2.1.3 Приемник

У многих приемников радаров, установленных на испытательных полигонах, есть специальные селекторные схемы для корреляции видеоданных и подачи данных на различные дисплеи, пульта операторов и записывающие устройства. Полученные радаром, установленным на привязном аэростате, видеоданные ретранслируются на наземные устройства оператора как по радио (фиксированная служба), так и по проводам.

2.1.4 Антенна

В системах L-A и L-B используются параболические антенны. В системах L-C, L-D, L-E, L-F используются фазированные антенные решетки, а в системе L-G – плоская антенная решетка. Диаграммы направленности антенн систем L-C, L-D, L-E, L-F и L-G возможно моделировать с использованием диаграммы направленности антенны с равномерным распределением, представленной в Рекомендации МСЭ-R М.1851. Антенны проектируются для конкретной цели на испытательном полигоне, но работают при усилении главного луча до 40 дБи, управляются с помощью электронных

средств и обычно направлены в небо в произвольных направлениях, что увеличивает вероятность освещения объектов космического базирования и получения от них энергии. Антенны радаров, расположенных на привязных аэростатах, направлены на линию горизонта вплоть до нескольких градусов над линией горизонта.

2.2 Радары на борту морских судов

2.2.1 Операции на борту морских судов

В таблице 1 в качестве Систем S-A–S-D описаны репрезентативные типы радаров на борту морских судов, работающих в диапазоне частот 3,1–3,7 ГГц. Система S-A используется как основная система управления воздушным движением на авианосцах. Система S-B – это многофункциональные радары, расположенные главным образом на борту кораблей сопровождения. Районы обслуживания этих радаров на борту морских судов включают прибрежные районы и открытое море. Как правило, такие радары работают круглосуточно. При обеспечении сопровождения других судов нередко одновременно работают до десяти таких радаров. Помимо бортовых систем имеются фиксированные системы на суше, которые используются для подготовки и тестирования. Кроме того, для регулярного технического обслуживания и тестирования требуется, чтобы эти радары время от времени работали в некоторых портовых зонах. Суда, оборудованные Системой S-A, почти всегда сопровождаются как минимум одним судном, оборудованным Системой S-B.

2.2.2 Передатчик

Система S-A осуществляет передачу в полосе частот 3500–3700 МГц. Система S-B осуществляет передачу в полосе частот 2900–3700 МГц и использует сочетание фазовой модуляции и скачкообразной перестройки частоты. Излучения имеют быструю перестройку частоты по десяти полосам частот, каждая шириной 40 МГц, обозначенным как полосы частот от 1 до 10. Последовательность ширины изменяющегося импульса является произвольной.

2.2.3 Приемник

Приемники Системы S-A являются такими, как это описано в таблице 1, и выполняют обычные функции систем управления воздушным движением (УВД) по уменьшению количества ложных целей/местных помех, индикации движущихся целей, распознаванию на коротких/больших расстояниях и передаче видеоизображений на осциллографы с индикатором кругового обзора; диапазон настройки приемника такой же, что и у передатчика. Приемник Системы S-B работает в полосе частот 2900–3700 МГц. Характеристики приемников не представлены, но предполагается, что это современные приемники с большим коэффициентом расширения спектра сигнала, необходимым для обнаружения многочисленных и различных объектов в расширенном диапазоне, при сильной местной помехе и в сложных метеорологических условиях.

2.2.4 Антенна

В Системе S-A используется механически вращающаяся антенна типа отражателя с шириной полосы по азимуту $1,75^\circ$ и косекансно-квадратичным (csc^2) лучом при угле места от $4,4^\circ$ до 30° с усилением главного луча 32 дБи. Номинальная высота антенны – 46 м над средним уровнем моря (AMSL). В Системе S-B используются четыре плоские фазированные антенные решетки с электронным управлением для обеспечения покрытия 360° с усилением главного луча 42 дБи. Диаграмму направленности для системы S-B возможно моделировать с использованием диаграммы направленности антенны с равномерным распределением, представленной в Рекомендации МСЭ-R М.1851. Номинальная высота антенны радара S-B составляет 20 м AMSL.

2.3 Радары на борту воздушных судов

В находящихся в этой полосе частот радарах на борту воздушных судов используются преимущества свойств спектра, имеющих на этой длине волны, для проведения наблюдений на дальних расстояниях, слежения за целью и УВД. В таблице 1 приводятся характеристики спектра для типичных радаров на борту воздушных судов в этой полосе частот. Эта система представляет собой многофункциональный радар с фазированной антенной решеткой, размещенный на самолетах

наблюдения ряда администраций. Антенна такой системы – крупная сборная волноводно-щелевая антенная решетка, установленная на корпусе самолета. Она обеспечивает усиление главного луча 40 дБи, первого бокового лепестка 27 дБи, а усиление ее удаленного бокового лепестка оценивается равным 11,5 дБи. Диаграмма направленности антенны, которую следует учитывать в исследованиях совместного использования частот и совместимости, соответствует диаграмме направленности Рекомендации МСЭ-R М.1851 с равномерным распределением. Воздушное судно, на котором установлены такие радары, способно выполнять операции по всему миру. Помимо выполняемых ими функций воздушного наблюдения и УВД, у них также есть режим работы по наблюдению за морем. Такая бортовая система обычно работает на высоте около 9000 м и может также эксплуатироваться продолжительное время вплоть до 12 ч, в зависимости от готовности летного экипажа. В некоторых ситуациях постоянное наблюдение поддерживается на круглосуточной основе с помощью дозаправки воздушного судна.

3 Критерии защиты

Радары подпадают под воздействие нежелательных сигналов различных форм принципиально разными путями, и особенно сильная разница существует между воздействием энергии типа непрерывного шума и воздействием импульсов.

Системы, в которых используется сжатие импульсов, имеют полосу пропускания по ПЧ, согласованную со сжатым импульсом, и действуют в качестве согласованного фильтра, обеспечивающего минимальное ухудшение отношения S/N . Фильтры сжатия импульсов могут быть частично согласованы и таким образом увеличивать влияние шумоподобных помех. В этом случае отношение I/N , равное –6 дБ, может оказаться недостаточным, и для оценки помех с точки зрения функционального влияния на рабочие характеристики радара могут быть необходимы дальнейшие исследования либо измерения совместимости.

Помеха от незатухающей волны шумоподобного типа приводит к падению чувствительности радаров радиоопределения, и такое воздействие связано с ее интенсивностью и может прогнозироваться. В любых азимутальных секторах, в которые поступает такая помеха, ее спектральная плотность мощности в пределах допустимого приближения может просто добавляться к спектральной плотности мощности теплового шума радиолокационной системы. Если мощность шума радиолокационной системы при отсутствии помех обозначить как N , а мощность шумоподобной помехи как I , то получаемая в результате мощность шума становится просто $I + N$.

С учетом того что критерии защиты радаров, традиционно устанавливаемые в рамках МСЭ-R, основаны на ухудшении рабочих характеристик, необходимом для поддержания отношения отраженного от цели сигнала к шуму в присутствии помехи, требуется, чтобы мощность отраженного от цели сигнала была увеличена пропорционально увеличению мощности шума от N до $I + N$. Это можно сделать, только допуская более короткие максимальные расстояния относительно конкретных целей, сокращая наблюдения небольших целей или модифицируя радар, с тем чтобы увеличить его мощность передатчика или произведение средней излучаемой. (В современных радарах шум приемной системы, как правило, уже близок к возможному минимуму, и обычным явлением становится близкая к оптимальной обработка сигнала.)

Такие ухудшения рабочих характеристик колеблются в зависимости от функции радара и характера его целей. Для большинства радиолокационных систем увеличение эффективного уровня шума примерно на 1 дБ повлияло бы на максимально допустимое ухудшение рабочих характеристик. В случае отдельной цели с определенной средней или медианной эффективной отражающей поверхностью (RCS) такое увеличение привело бы к уменьшению дальности обнаружения примерно на 6%, независимо от каких-либо характеристик колебания RCS, которые могут быть у цели. Такое воздействие является результатом того факта, что достижимая дальность в свободном пространстве пропорциональна квадратичному корню из отношения мощности сигнал/шум (SNR), получаемого на основе наиболее известной формы уравнения дальности действия радара. Увеличение эффективной мощности шума на 1 дБ приводит к увеличению мощности в 1,26 раза, так что, если такое увеличение не будет компенсировано, потребуется уменьшить дальность в свободном пространстве в $1/((1,26)^{1/4})$ или 1/1,06 раза; то есть дальность действия уменьшится примерно на 6%. В уравнении дальности отношение SNR также прямо пропорционально мощности передатчика, произведению средней

излучаемой (для радара наблюдения) и поперечному сечению радара обнаружения цели. Вследствие этого, в качестве альтернативы, увеличение эффективной мощности шума на 1 дБ может компенсироваться вышеуказанным обнаружением целей, за исключением целей со средним поперечным сечением радаров, в 1,26 раза превышающим цель минимального размера, которая могла бы быть обнаружена при режиме работы без помех, либо увеличением мощности передатчика радара или его произведения средней излучаемой на 26%. Любые из этих альтернативных вариантов находятся на рубеже допустимого в большинстве программ работы радаров, а модификации систем были бы дорогостоящими, нецелесообразными или невозможными, особенно в подвижных радаров. Для отдельных целей такие ухудшения рабочих характеристик действуют по отношению к любым заданным показателям вероятности обнаружения и частоты ложных тревог и любым характеристикам отклонения цели.
