

**МСЭ-R**

Сектор радиосвязи МСЭ

**Рекомендация МСЭ-R М.2013**  
(01/2012)

**Технические характеристики и критерии  
защиты воздушных радионавигационных  
систем, не относящихся к ИКАО,  
работающих в диапазоне 1 ГГц**

**Серия М**

**Подвижная спутниковая служба, спутниковая  
служба радиоопределения, любительская  
спутниковая 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 1 МСЭ-R. 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>Подвижная спутниковая служба, спутниковая служба радиоопределения, любительская спутниковая 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 1 МСЭ-R.

Электронная публикация  
Женева, 2012 г.

## РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R М.2013

**Технические характеристики и критерии защиты воздушных радионавигационных систем, не относящихся к ИКАО, работающих в диапазоне 1 ГГц**

(2012)

**Сфера применения**

В настоящей Рекомендации описываются технические характеристики и критерии защиты систем воздушной радионавигационной службы (ВРНС), не относящихся к Международной организации гражданской авиации (ИКАО) и работающих в диапазоне 1 ГГц, для применения в исследованиях совместимости. В документе рассматриваются системы ВРНС не-ИКАО, работающие в странах, перечисленных в п. 5.312 РР системы ТАКАН.

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

*учитывая,*

- a)* что тактическая аэронавигационная система (ТАКАН) представляет собой воздушную радионавигационную систему, используемую на национальной основе и работающую в полосе частот 960–1215 МГц;
- b)* что система ТАКАН используется как гражданскими, так и государственными воздушными судами;
- c)* что система ТАКАН при использовании гражданской авиацией функционально эквивалентна стандартизированному дальномерному оборудованию (DME) ИКАО;
- d)* что система ТАКАН обеспечивает дополнительные функции по сравнению с DME, например получение азимутальной информации;
- e)* что эти дополнительные функции позволяют измерять технические характеристики, отличающиеся от характеристик DME, и могут потребовать дополнительного рассмотрения в будущих исследованиях совместимости;
- f)* что к области применения ТАКАН также относятся системы на борту морского судна и системы "воздух-воздух",

*учитывая,*

- a)* что согласно Резолюции 417 (ВКР-07) предпочтение следует отдавать системам ВРНС, работающим в полосе частот 960–1164 МГц;
- b)* что исследования МСЭ-R показали, что после введения в эксплуатацию воздушной подвижной (на трассах) службы (ВП(R)С) в полосе частот 960–1164 МГц возникла необходимость проведения более подробных местных исследований совместимости между системами ТАКАН и ВП(R)С,

*рекомендует,*

чтобы для исследований совместимости использовались характеристики и критерии защиты, указанные в Приложениях.



## Приложение 1

### Тактическая аэронавигационная система

ТАКАН – это воздушная радионавигационная система, используемая на национальной основе и работающая на частотах от 960 до 1215 МГц. Система ТАКАН состоит из запросчика, установленного на борту воздушного судна, и радиомаяка, передающего ответы. В большинстве случаев радиомаяки ТАКАН являются фиксированными установками наземного базирования, но иногда также используются морские подвижные и воздушные подвижные радиомаяки. В зависимости от генерируемого уровня э.и.и.м. и конструкции запросчика может быть измерена наклонная дальность до 400 морских миль (740 км), но на практике диапазон измерений ограничивается максимальной дальностью прямой видимости радиосредств (RLOS). Передатчик воздушного судна излучает регулярные пары импульсов, так называемые импульсы запроса, принимаемые установками наземного базирования (радиомаяками). Импульсы системы ТАКАН имеют длительность 3,5 мкс при 50-процентном уровне амплитуды. Временной разнос между парой импульсов запроса составляет 12 мкс (канал X) или 36 мкс (канал Y). После приема пары импульсов запроса наземная станция проверяет форму импульсов и интервал между ними. Если эти параметры находятся в допустимых пределах, она передает ответ после фиксированной задержки со сдвигом частоты  $\pm 63$  МГц относительно частоты запроса в зависимости от выбранного канала по импульсному коду. Интервал между импульсами ответа радиомаяка составляет 12 мкс (канал X) и 30 мкс (канал Y). После приема ответа запросчик рассчитывает мгновенную наклонную дальность до радиомаяка по времени, прошедшему между приемом пары импульсов запроса и получением пары импульсов ответа.

Радиомаяк принимает запросы от многих воздушных судов и поэтому передает множество ответов. Каждый запросчик генерирует уникальную структуру импульсов, изменяя в некоторых пределах время между парами импульсов, чтобы избежать генерирования синхронных ответов. По этому принципу каждая платформа способна распознавать среди всех импульсных пар те ответы, которые инициированы ее собственным запросчиком.

В целях идентификации радиомаяки ТАКАН передают идентификационный код Морзе. Запросчики воздушных судов используют идентификационный тон для проверки того, что данные о дальности предоставляются надлежащим радиомаяком. Помимо импульсных ответов прием соответствующего идентификационного тона также является важным условием для правильного функционирования запросчиков системы ТАКАН.

Помимо измерения дальности система ТАКАН также предоставляет информацию об азимутальном положении. Азимутальная информация обеспечивается за счет применения амплитудной модуляции импульсов, передаваемых наземным радиомаяком. Такая амплитудно-импульсная модуляция (АИМ) создается посредством использования антенны радиомаяка с механическим или электронным сканированием. Изменение азимутальной диаграммы направленности в виде лепестков шириной 15 и 135 Гц при максимально допустимом коэффициенте модуляции 55 процентов снижает уровень сигнала импульсов ответа на величину до 10,7 дБ ниже максимального уровня э.и.и.м. импульсов без АИМ. Чтобы запросчик мог декодировать из АИМ данные об ориентации диаграммы направленности антенны относительно направления на север, радиомаяк передает еще 900 импульсных пар, состоящих из группы импульсов направления относительно севера (NRPG) и дополнительных точных эталонных групп импульсов (RPG). Для получения точной азимутальной информации и чтобы иметь возможность отвечать по меньшей мере 100 воздушным судам с 70-процентной эффективностью ответов, необходимо постоянно передавать по меньшей мере 3600 импульсных пар.

Система ТАКАН используется для воздушной навигации как государственных воздушных судов, так и гражданской авиации. При использовании для гражданской авиации система ТАКАН функционально эквивалентна системе DME, стандартизированной в ИКАО. Характеристики ТАКАН приведены в таблице 1.

ТАБЛИЦА 1  
Типовые характеристики станций ТАКАН

Назначение	Единицы	Радиосистемы воздушной навигации (960–1 215 МГц)				
		"Земля-воздушное судно"	"Воздушное судно-Земля"	"Земля-воздушное судно" (море)	"Воздушное судно-Земля" (море)	"Воздушное судно-воздушное судно"
Направление радиопередачи		"Земля-воздушное судно"	"Воздушное судно-Земля"	"Земля-воздушное судно" (море)	"Воздушное судно-Земля" (море)	"Воздушное судно-воздушное судно"
Полоса рабочих частот	МГц	962–1 213	1 025–1 150	962–977	1 025–1 088	1 025–1 151
Дальность действия (ограничивается дальностью RLOS)	км	до 600	до 600	до 600	до 600	до 740
Передаваемая информация		Ответные сигналы для определения дальности и азимута, идентификационная информация	Сигнал запроса для определения дальности и азимута	Ответные сигналы для определения дальности и азимута, идентификационная информация	Сигнал запроса для определения дальности и азимута	Ответные сигналы для определения дальности и азимута, идентификационная информация
<b>Характеристики передатчика</b>						
Тип станции		Радиомаяк	Запросчик	Радиомаяк	Запросчик	Радиомаяк
Высота над землей	м	3 (10 футов)	до 18 288 (60 000 футов)	3 (10 футов)	до 18 288 (60 000 футов)	до 18 288 (60 000 футов)
Тип сигнала		Импульсный	Импульсный	Импульсный	Импульсный	Импульсный
Разнос каналов	МГц	1	1	1	1	1
Тип модуляции		Форма импульсов и интервал между импульсами пары	Форма импульсов и интервал между импульсами пары	Форма импульсов и интервал между импульсами пары	Форма импульсов и интервал между импульсами пары	Форма импульсов и интервал между импульсами пары
Мощность передатчика (импульсная)	дБВт	39 (макс.)	33 (макс.)	39 (макс.)	33 (макс.)	33 (макс.)
Длительность импульса	мкс	3,5 ± 0,5 (50% амплитуды)	3,5 ± 0,5 (50% амплитуды)	3,5 ± 0,5 (50% амплитуды)	3,5 ± 0,5 (50% амплитуды)	3,5 ± 0,5 (50% амплитуды)
Типовой коэффициент заполнения	%	2,52	0,105	2,52	0,105	0,735
Тип антенны		Кольцевая антенная решетка	Всенаправленная	Кольцевая антенная решетка	Всенаправленная	Кольцевая антенная решетка
Типовое усиление антенны	дБи	6	0	6	0	6

ТАБЛИЦА 1 (окончание)

Назначение	Единицы	Радиосистемы воздушной навигации (960–1 215 МГц)				
<b>Характеристики приемника</b>						
Приемная станция		Станция воздушного судна	Наземная станция аэропорта и на трассе	Станция воздушного судна	Морская станция	Станция воздушного судна
Полоса рабочих частот	МГц	962–1 213	1 025–1 150	962–977	1 025–1 088	1 025–1 151
Высота над землей	м	до 20 880 (60 000 футов)	3 (10 футов)	до 20 880 (60 000 футов)	3 (10 футов)	до 20 880 (60 000 футов)
Полоса пропускания приемника на уровне 3 дБ	МГц	2	2–4,5	2	2–4,5	2–4,5
Макс./мин. усиление антенны	дБи	5,4/0	9,1/4,1	5,4/0	9,1/4,1	5,4/0
Поляризация		Вертикальная	Вертикальная	Вертикальная	Вертикальная	Вертикальная
Чувствительность приемника	дБВт	–122	–122	–122	–122	–122
Максимально допустимый уровень помех относительно принимаемой мощности	дБВт	–129	–130	–129	–130	–129

ПРИМЕЧАНИЕ. – Защитные отношения, показанные в таблице 1, были получены для неимпульсных сигналов. Для импульсных сигналов необходимо провести дополнительные исследования. При этом сигналы с длительностью импульсов более 50 мкс считаются неимпульсными или непрерывными сигналами.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Усиление антенны на борту воздушного судна взято из документа МСЭ-R М.1642-1.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Измерения, проведенные с некоторыми устройствами ТАКАН, показали, что чувствительность приемной секции запросчика ТАКАН при измерении дальности и измерении углов отличается лишь на 3 дБ (–90 дБм для дальности и –87 дБм для измерения углов).

В различных администрациях существует большая база установленного оборудования ТАКАН – как наземных станций (радиомаяков), так и станций воздушных судов (запросчиков). Фактические технические характеристики различных типов оборудования различаются. Одним из важных факторов, определяющих влияние помех, является кривая избирательности приемника. На рисунке 1 показаны кривые избирательности приемников для пяти типов запросчиков ТАКАН. Можно заметить значительный разброс избирательности различных типов приемников ТАКАН. В исследованиях совместимости необходимо учитывать все типы запросчиков ТАКАН, чтобы гарантировать достаточную защиту этого оборудования воздушной радионавигационной службы (ВРНС), включая функциональные возможности определения дальности и азимута.

На рисунке 2 показана кривая избирательности приемника типового радиомаяка ТАКАН. Избирательность радиомаяка ТАКАН хуже, чем у приемников оборудования запросчиков ТАКАН.

РИСУНОК 1

**Кривые РЧ-избирательности приемного оборудования станций на борту воздушного судна (запросчиков)**

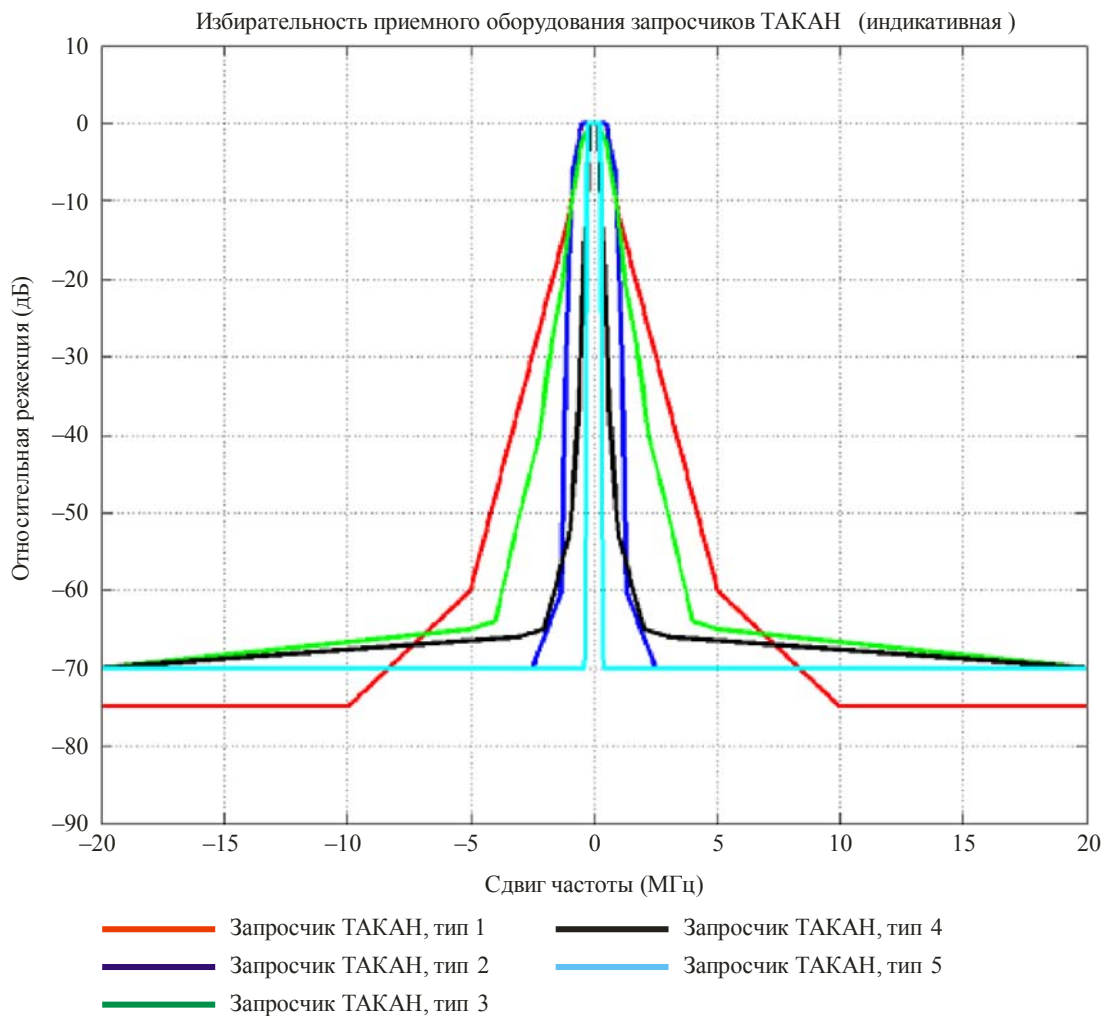
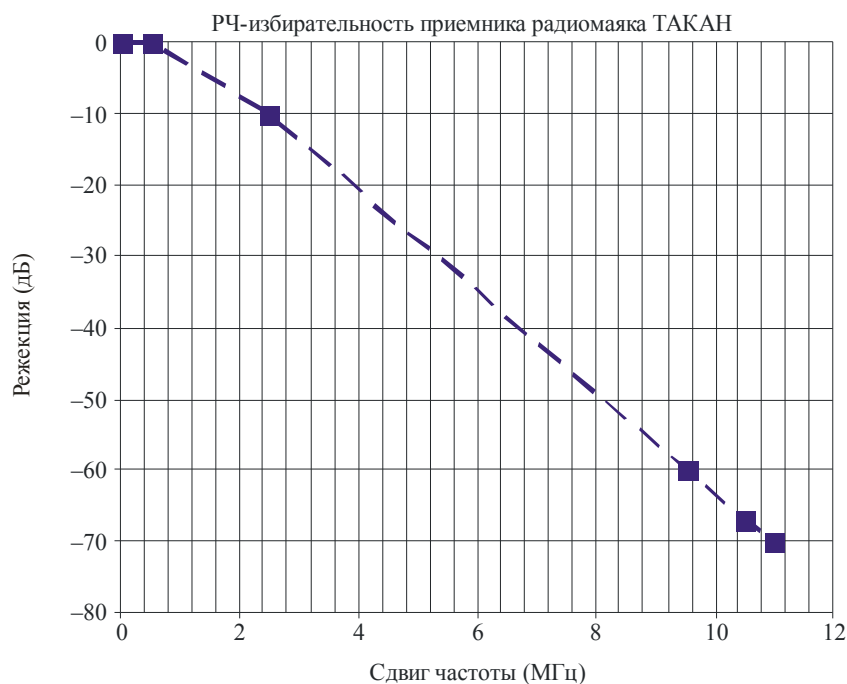


РИСУНОК 2

**Кривая РЧ-избирательности приемника наземной станций (радиомаяка)**

F.5-1007-02

**Приложение 2****Воздушные радионавигационные системы, не относящиеся к ИКАО, работающие в странах, перечисленных в п. 5.312 РР**

В частности, в странах, перечисленных в п. 5.312 РР, эксплуатируются воздушные радионавигационные системы следующих трех типов:

- Тип 1. Системы ВРНС первого типа относятся к системам определения направления и дальности. Эти системы предназначены для определения азимута и наклонной дальности воздушного судна, а также для наблюдения за районом и для навигации между воздушными судами. Они состоят из станций на борту воздушных судов и станций наземного базирования. Станции на борту воздушных судов генерируют сигналы запроса, передаваемые всенаправленными антеннами и принимаемые наземными станциями ВРНС, также работающими во всенаправленном режиме. Наземные станции генерируют и передают ответные сигналы, содержащие информацию об азимуте и дальности. Эти сигналы принимаются и декодируются станциями на борту воздушных судов ВРНС. Станции первого типа передают сигналы запроса данных об азимуте и дальности за пределами полосы частот 960–1164 МГц. После приема сигнала запроса наземные станции ВРНС используют полосу частот 960–1164 МГц только для передачи данных о дальности, принимаемых станциями на борту воздушных судов ВРНС. Таким образом, системы ВРНС первого типа используют полосу частот 960–1164 МГц только для передачи сигналов в направлении "земля-воздух". Максимальная дальность действия систем ВРНС первого типа составляет 400 км. Ожидается, что в некоторых странах, упомянутых в п. 5.312 РР, применение вышеупомянутых систем ВРНС первого типа может быть прекращено.



- Тип 2. Системы ВРНС второго типа для определения направления и дальности служат для тех же целей, что и системы ВРНС первого типа. Основное отличие систем второго типа заключается в том, что сигналы запроса передаются станциями на борту воздушных судов в той же полосе частот, что и ответные сигналы, передаваемые наземными станциями. Кроме того, наземные станции ВРНС второго типа могут работать как в направленном, так и во всенаправленном режимах. Направленный режим позволяет увеличить количество рабочих каналов станций ВРНС. Максимальная дальность действия систем ВРНС первого типа составляет 400 км. В целях увеличения гибкости действия систем ВРНС второго типа планируется использовать всю полосу частот 960–1164 МГц, распределенную для ВРНС. Применение широкополосного настраиваемого фильтра во входном каскаде приемника ВРНС является конструктивной особенностью систем ВРНС второго типа, обусловленной необходимостью одновременного приема сигналов на нескольких каналах. Полоса пропускания при неравномерности 3 дБ этого фильтра составляет 22 МГц, позволяя принимать одновременно до 5 каналов из общего количества 30 перекрываемых каналов шириной 4,3 МГц каждый. Одновременное применение широкополосного фильтра и коррелятора также позволяет повысить точность измерения данных о местоположении воздушных судов и отношение уровней несущего сигнала к шуму ( $C/N$ ) В во входном каскаде приемника. Системы ВРНС второго типа могут работать в ограниченном ряде стран, упомянутых п. 5.312 РР.
- Тип 3. Системы ВРНС третьего типа предназначены для эксплуатации на этапах полета воздушных судов, а именно при их заходе на посадку и приземлении. Эти системы выполняют функции контроля курса, дальности и глиссады при заходе на посадку и приземлении воздушных судов. Наземные станции ВРНС третьего типа могут работать как в направленном, так и во всенаправленном режимах. Дальность действия систем ВРНС третьего типа не превышает 60 км. Полоса частот 960–1164 МГц используется в каналах, предназначенных для контроля глиссады и определения расстояния между станциями на борту воздушных судов и наземными станциями ВРНС. Системы ВРНС третьего типа могут работать в ограниченном ряде стран, упомянутых в п. 5.312 РР.

В таблице 2, ниже, приведено краткое техническое описание станций ВРНС.

Таким образом, станции систем, не относящихся к ИКАО, работают, используя каналы связи "воздух-земля" и "земля-воздух", и состоят как из наземных приемников и передатчиков, так и из установленных на борту воздушных судов.

ТАБЛИЦА 2

## Типовые характеристики станций ВРНС, работающих в странах, перечисленных в п. 5.312 РР

Характеристики системы ВРНС		Тип 1	Тип 2			Тип 3	
Назначение	Единицы	Радиосистемы ближней навигации	Радиосистемы ближней навигации		Радиосистемы контроля захода на посадку и приземления		
Полоса рабочих частот	МГц	960–1 000,5	960–1 164				
Направление радиoliniи		"Земля-воздушное судно"	Земля-воздушное судно"	"Воздушное судно-Земля"	Земля-воздушное судно"	"Воздушное судно-Земля"	
Дальность действия	км	до 400	до 400	до 400	до 45	до 45	
Передаваемая информация		Передача азимутальных сигналов, ответных сигналов дальности и запросов индикации	Передача азимутальных сигналов, ответных сигналов дальности и запросов индикации	Передача сигналов запроса дальности и ответных сигналов индикации	Передача сигналов в каналах определения глиссады и курса, и ответных сигналов дальности	Передача запроса дальности	
<b>Характеристики передатчика</b>							
Тип станции		Наземные станции аэропорта и на трассе	Наземные станции аэропорта и на трассе	Станция на борту воздушного судна	Наземная станция аэропорта	Станция на борту воздушного судна	
Класс излучения		700КРХХ	4М30Р1N	4М30Р1D	700КР0Х; 4М30Р1N	700КР0Х; 4М30Р1N	
Разнос каналов	МГц	0,7	0,7	0,7	0,7	2	
Тип модуляции		импульсная	импульсная	импульсная	импульсная	импульсная	
Мощность передатчика (импульсная)	дБВт	20–45	29–39	27–33	3–30	5–33	
Коэффициент заполнения	%	0,018; 0,066	0,064–0,3	0,00765	0,04; 0,025	0,009	
Средняя выходная мощность (мин./макс.)	дБВт	7,6/13,2	7,1/13,8	–8,2	–4/–6	–7,5	
Длительность импульса	мкс	1,5; 5,5	1,25; 1,5; 5,5	1,5	1,7	1,7	
Тип антенны		Всенаправленная	Антенная решетка	Всенаправленная	Антенная решетка	Всенаправленная	
Макс./мин. усиление антенны	дБи	6/0	15,6	3/–10	10/0	1,5/–3	
Высота над землей	м	10	10	до 12 000	10	до 12 000	

ТАБЛИЦА 2 (окончание)

Характеристики системы ВРНС		Тип 1	Тип 2		Тип 3	
Назначение	Единицы	Радиосистемы ближней навигации	Радиосистемы ближней навигации		Радиосистемы контроля захода на посадку и приземления	
<b>Характеристики приемника</b>						
Приемная станция		Станция на борту воздушного судна	Станция на борту воздушного судна	Наземные станции аэропорта и на трассе	Станция на борту воздушного судна	Наземная станция аэропорта
Высота над землей	м	до 12 000	до 12 000	10	до 12 000	10
Полоса пропускания приемника на уровне 3 дБ	МГц	1,5	22	22	7	7
Шумовая температура приемника	К	400	1 060	550	400	400
Макс./мин. усиление антенны	дБи	1,5/-3	3/-10	14	1,5/-3	10/0
Поляризация		Горизонтальная	Горизонтальная	Горизонтальная	Горизонтальная	Горизонтальная
Чувствительность приемника	дБВт	-120	-118	-125	-110...-120	-113
Защитное отношение $C/I$	дБ	25	17	20	25	25

ПРИМЕЧАНИЕ. – Защитные отношения, показанные в таблице 2.1, были получены для неимпульсных сигналов. Для импульсных сигналов необходимо провести дополнительные исследования. При этом сигналы с длительностью импульсов более 50 мкс считаются неимпульсными или непрерывными сигналами.