

РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R М.1639-1*

Критерии защиты для воздушной радионавигационной службы в отношении суммарных излучений от космических станций в радионавигационной спутниковой службе в полосе частот 1164–1215 МГц

(2003-2005)

Сфера применения

В настоящей Рекомендации приводится значение уровня эквивалентной плотности потока мощности (э.п.п.м.), который обеспечивает защиту станций воздушной радионавигационной службы (ВРНС) от излучений радионавигационных спутников всех систем радионавигационной спутниковой службы (РНСС), действующих в полосе частот 1164–1215 МГц.

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

- a) что в соответствии с Регламентом радиосвязи (РР) полоса частот 960–1215 МГц распределена на первичной основе воздушной радионавигационной службе (ВРНС) во всех Районах МСЭ;
- b) что расчеты показывают, что сигналы радионавигационной спутниковой службы (РНСС) в полосе частот 1164–1215 МГц могут быть рассчитаны таким образом, чтобы не причинять помехи оборудованию измерения расстояний (DME)/приемникам ВРНС тактической аэронавигационной системы (ТАСАН), действующим в этой полосе частот;
- c) что метод эквивалентной плотности потока мощности (э.п.п.м.) позволяет оценить помехи от различных космических станций РНСС приемникам ВРНС более точно, чем метод суммарной п.п.м.;
- d) что сигнальные трассы сигналов планируемой РНСС (космос–космос и космос–Земля) в полосе частот 1164–1215 МГц будут порождаться одной и той же передачей от спутников РНСС, и, таким образом, служба РНСС (космос–космос) на таких системах не будет увеличивать уровень э.п.п.м. выше уровня, используемого для службы РНСС (космос–Земля);
- e) что нет сведений о наличии планов для каких-либо систем РНСС, предоставляющих исключительно службу РНСС (космос–космос) в полосе частот 1164–1215 МГц, и весьма маловероятно, что такие системы будут разрабатываться в будущем;
- f) что в Рекомендации МСЭ-R М.1642 изложена методика и приводятся эталонные характеристики станции ВРНС, которые следует использовать при расчете суммарной э.п.п.м., производимой излучениями от всех космических станций всех радионавигационных спутниковых систем на любой воздушной радионавигационной станции,

признавая,

- a) что ВКР-2000 ввела распределение на равной первичной основе для РНСС в полосе частот 1164–1215 МГц при условиях, что от РНСС требуется защищать ВРНС от вредных помех;
- b) что ВКР-03 определила, что защита ВРНС от РНСС может обеспечиваться, если значение э.п.п.м. производимой всеми космическими станциями всех систем РНСС (космос–Земля) в полосе частот 1164–1215 МГц не будет превышать уровня $-121,5 \text{ дБ}/(\text{Вт}/\text{м}^2)$ в любой полосе частот 1 МГц, и приняла Резолюцию 609 (ВКР-03), для того чтобы этот уровень не превышался;

* Данную Рекомендацию следует донести до сведения Международной организации гражданской авиации (ИКАО).

с) что ВРНС в соответствии с п. 1.59 РР является службой безопасности и в соответствии с п. 4.10 РР администрациям необходимо принять особые меры для защиты этих служб от вредных помех,

рекомендует,

1 чтобы максимальный допустимый уровень э.п.п.м. от всех космических станций всех систем РНСС не превышал $-121,5$ дБ/(Вт/(м² · МГц)), согласно представленным в Приложении 1 расчетам, с тем чтобы обеспечить защиту ВРНС в полосе частот 1164–1215 МГц.

Приложение 1

Определение суммарного критерия защиты

В настоящем приложении рассматривается уровень э.п.п.м. для всех космических излучений РНСС в полосе частот 1164–1215 МГц, будь то РНСС космос–Земля или космос–космос, который обеспечивает защиту ВРНС.

1 Определение э.п.п.м.

Определение основано на п. 22.5С.1 РР, принятого на ВКР-2000.

Когда антенна принимает мощность в эталонной ширине полосы одновременно от передатчиков, расположенных на разных расстояниях, в различных направлениях и при разных уровнях падающей п.п.м., э.п.п.м. представляет собой п.п.м., которая при получении с одного передатчика в дальнем поле антенны в направлении максимального усиления создаст такую же мощность на входе приемной станции, что и фактически получаемая суммарная от всех различных передатчиков.

Мгновенная э.п.п.м. вычисляется по следующей формуле:

$$epfd = 10 \log_{10} \left[\sum_{i=1}^{N_a} 10^{\frac{P_i}{10}} \cdot \frac{G_t(\theta_i)}{4\pi d_i^2} \cdot \frac{G_r(\varphi_i)}{G_{r,max}} \right]$$

где:

- N_a : число космических станций, видимых с данной приемной станции
- i : индекс рассматриваемой космической станции
- P_i : ВЧ мощность на входе антенны (или излучаемая ВЧ мощность в случае активной антенны) данной передающей космической станции (дБ/(Вт/МГц))
- θ_i : внеосевой угол между направлением прицеливания данной передающей космической станции и направлением приемной станции
- $G_t(\theta_i)$: усиление (как отношение) передающей антенны данной космической станции в направлении приемной станции
- d_i : расстояние (в метрах) между данной передающей станцией и приемной станцией
- φ_i : внеосевой угол между направлением прицеливания приемной станции и направлением данной передающей космической станции
- $G_r(\varphi_i)$: усиление (как отношение) приемной антенны приемной станции в направлении данной передающей космической станции (см. Рекомендацию МСЭ-R М.1642)
- $G_{r,max}$: максимальное усиление (как отношение) приемной станции

э.п.п.м.: мгновенная э.п.п.м. приемной станции (дБ/(Вт/(м² · МГц))).

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Считается, что каждая передающая станция расположена в дальнем поле приемной станции (то есть на расстоянии, превышающем $2D^2/\lambda$, где D – эффективный диаметр приемной антенны, а λ – наблюдаемая длина волны). В рассматриваемом случае это условие будет всегда выполняться.

2 Максимальная суммарная э.п.п.м. (всех систем РНСС) для защиты ВРНС

Приведенные в таблице 1 параметры определяют уровень э.п.п.м., при котором оборудование ВРНС будет защищено от излучений РНСС в полосе частот 1164–1215 МГц.

ТАБЛИЦА 1

Максимально допустимый суммарный уровень э.п.п.м., при котором обеспечивается защита ВРНС от РНСС

	Параметр	Значение	Ссылка
1	Предельное значение помехи DME РНСС (на входе антенны)	–129 дБ/(Вт/МГц)	(См. Примечание 1)
2	Максимальное усиление антенны DME/TACAN, включая рассогласование по поляризации	3,4 дБи	(5,4 дБи усиление антенны –2 дБ рассогласование по поляризации)
3	Эффективная область антенны 0 дБи при 1176 МГц	–22,9 дБ(м ²)	
4	Суммарная э.п.п.м. РНСС (всех систем) в 1 МГц	–109,5 дБ/(Вт/(м ² · МГц))	Сочетание 1, 2 и 3 (1 минус 2 минус 3)
5	Предел надежности	6 дБ	Рекомендация МСЭ-R М.1477
6	Распределение помех РНСС по всем источникам помех	6 дБ	Распределение РНСС 25% совокупных разрешенных помех
7	Максимальная суммарная э.п.п.м. РНСС	–121,5 дБ/(Вт/(м ² · МГц))	Сочетание 4, 5 и 6 (4 минус 5 минус 6)

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Это значение основано на предельном значении помехи НЧ в –129 дБВт, которое указано для международных систем DME, используемых гражданской авиацией. Проведенное измерение показало, что сигнал РНСС в полосе 1 МГц будет оказывать такое же воздействие на работу DME, что и сигнал НЧ (см. п. 2.1).

2.1 Сравнение между воздействием сигнала помехового типа на НЧ и сигнала помехи типа РНСС на бортовые приемники DME/TACAN

2.1.1 Подверженность приемников DME воздействию помех от сигналов РНСС (сигналов с расширенным спектром)

Сигналы наземного ответчика DME с пиковым значением в –83 дБм были определены как полезные сигналы на различных запросчиках/приемниках DME.

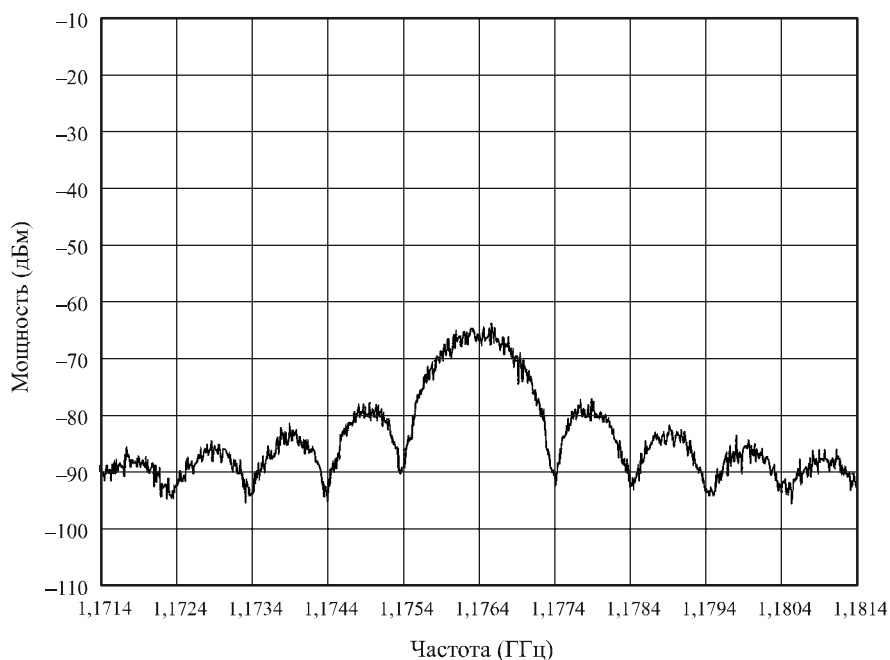
Общая мощность узкополосного (см. рис. 1) или широкополосного (см. рис. 2) источника помех была измерена в пределах ширины полосы в 650 кГц, и для нескольких различных конструкций DME и нескольких DME одного типа была определена разница в действии DME при сигналах НЧ и сигналах РНСС. Эти типы DME были разработаны для применения на крупных коммерческих воздушных судах и менее крупных воздушных судах коммерческой авиации.

На рис. 1 и 2 приводятся контуры мешающих сигналов, используемых при тестах.

На рис. 1 источник помехи происходит от имитационного устройства сигнала РНСС, которое воспроизводит точную структуру сигнала и сигнал частоты действующей системы РНСС. Такая псевдослучайная передача с многократным доступом с кодовым разделением (МДКР) в 1,023 мчип/с пересчитана в частоты для соответствующего проверяемого принимающего частоты DME. Диапазон применяемых к DME мешающих узкополосных сигналов РНСС (измеряемый в 650 кГц) составлял от -83 до -94 дБм.

РИСУНОК 1

Пример узкополосного сигнала РНСС, транспонированного в 1176,45 МГц



Разрешение ОБ = 100 кГц

Видео ОБ = 100 кГц

Сканирование = 0,05 с

Затухание = 0 дБ

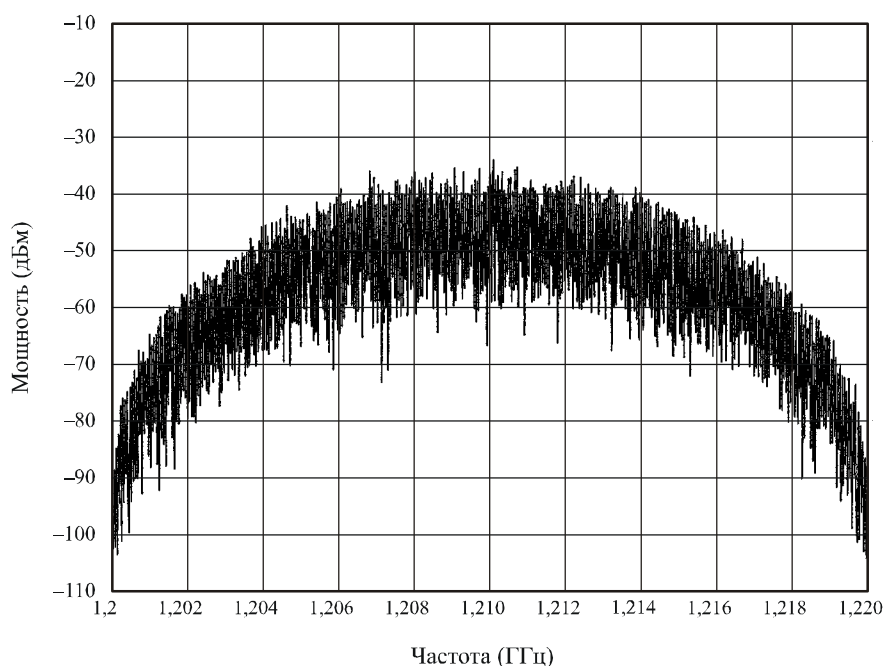
Средние значения = 10

1639-01

На рис. 2 источник помехи происходит от генератора цифровых сигналов, который воспроизводит псевдослучайное излучение МДКР в 10,23 мчип/с, аналогичное предлагаемому РНСС в полосе частот 1164–1215 МГц. Сигнал подводился непосредственно к соответствующему проверяемому принимающему DME. Диапазон применяемых к DME мешающих широкополосных сигналов РНСС (измеряемый в 650 кГц) составлял от –81 до –93 дБм.

РИСУНОК 2

Пример широкополосного сигнала РНСС



Разрешение ОБ = 100 кГц
 Видео ОБ = 100 кГц
 Сканирование = 0,05 с
 Затухание = 0 дБ
 Средние значения = 1

1639-02

2.1.2 Результаты измерения НЧ РНСС

Измерение показало, что сигнал РНСС, распространяемый в полосе 1 МГц, будет оказывать такое же воздействие на работу DME, что и сигнал НЧ. Отмечено расхождение в измерениях примерно в ± 1 дБ, а также расхождение в работе различных DME примерно в ± 3 дБ.

2.2 Развязка по круговой поляризации, обеспечиваемая антенной DME

Линейная антенна DME с вертикальной поляризацией должна получать –3 дБ от общего сигнала РНСС с круговой поляризацией. Однако излучения РНСС наблюдаются в боковых лепестках, а не в основном луче антенны DME, где рассогласование по поляризации менее выражено. Некоторые недавние измерения по антеннам DME воздушных судов дали значение в –2,5 дБ, тогда как в других случаях рассогласование по поляризации для воздушных судов составило 0 дБ. В связи с этим было сочтено целесообразным принять значение рассогласования по поляризации в –2 дБ для сигналов с круговой поляризацией в направлении антенны DME. Поэтому для определения максимального усиления антенны приемника ВРНСС, включая рассогласование по поляризации, данное значение следует прибавить к эффективному максимальному усилению антенны.

2.3 Распределение максимального допустимого суммарного уровня помех РНСС от DME

Выбранный показатель в 6 дБ для распределения максимального допустимого суммарного уровня помех от всех других источников помех в отношении максимального допустимого суммарного уровня помех РНСС подтверждает, что существует возможность помех от другого DME в той же полосе частот, от побочных и внеполосных излучений другим бортовым ВРНС и системам воздушной подвижной спутниковой службы (ВПСС), а также от соседних с ВРНС полос частот. Бортовые системы ВРНС включают многие добавочные ответчики радаров наблюдения, многие бортовые системы исключения конфликтов и другие запросчики DME; кроме того, в ВПСС действует бортовое спутниковое оконечное оборудование. Источник помех от соседних полос частот – это мощные радары радиолокационной службы, действующие в полосе немногим больше 1215 МГц, и передатчики радиовещательной службы, действующие в полосе менее 960 МГц.
