

## РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R M.1828

**Технические и эксплуатационные требования к станциям воздушных судов  
воздушной подвижной службы, ограниченной передачами телеметрии  
для полетных испытаний в полосах около 5 ГГц**

(2007)

**Сфера применения**

В настоящей Рекомендации приводятся технические и эксплуатационные требования к станциям воздушных судов воздушной подвижной службы, ограниченной передачами телеметрии для полетных испытаний, которые должны использоваться администрациями в качестве технического руководства по установлению требований соответствия воздушных судов для использования в масштабах всего мира.

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

*учитывая,*

- a) что были разработаны различные в техническом и эксплуатационном отношении станции воздушных судов воздушной подвижной службы (ВПС), ограниченные передачами систем телеметрии для сетей полетных испытаний, которые начнут действовать в ближайшем будущем;
- b) что работа станции воздушного судна обычно осуществляется в соответствии с рядом национальных и международных правил и регламентарных положений, включая удовлетворительное соответствие взаимно согласованным техническим стандартам и эксплуатационным требованиям;
- c) что существует необходимость определения технических и эксплуатационных требований для проведения проверки станций воздушных судов на соответствие;
- d) что определение технических и эксплуатационных требований к станциям воздушных судов обеспечит общую техническую основу для содействия проведению проверки станций воздушных судов на соответствие различными национальными и международными органами и разработки мероприятий по взаимному признанию соответствия станций воздушных судов;
- e) что технические и эксплуатационные требования должны быть направлены на обеспечение приемлемого баланса между сложностью оборудования радиосвязи и необходимостью эффективного использования радиочастотного спектра,

*учитывая также,*

- a) что в полосе частот 5150–5250 МГц существуют распределения на первичной основе воздушной радионавигационной службе, фиксированной спутниковой службе (Земля-космос) и подвижной службе;
- b) что существует требование полной защиты первичных служб в полосе 5030–5250 МГц;
- c) что ВКР-03 приняла Резолюцию 229, которая регулирует использование полосы 5150–5250 МГц подвижной службой для внедрения систем беспроводного доступа (СБД), в том числе локальных радиосетей (RLAN);
- d) что определение МСЭ-R технических и эксплуатационных требований к воздушным станциям, работающим в полосе 5030–5250 МГц, должно предотвратить создание недопустимых помех другим службам;

- e) что следует постоянно и точно измерять и контролировать технические и эксплуатационные характеристики ;
- f) что полоса 5030–5150 МГц распределена воздушной радионавигационной службе на первичной основе;
- g) что системы MLS могут быть защищены путем обеспечения достаточного расстояния разнеса между излучающим сигналы телеметрии передатчиком воздушной подвижной службы (ВПС) и приемниками MLS;
- h) что в МСЭ-R идет процесс разработки материала для руководства по применению методики, описанной в Рекомендации МСЭ-R М.1829,

*признавая,*

- a) что полоса 5030–5150 МГц должна использоваться для работы международной стандартной микроволновой системы посадки (MLS) для точного захода на посадку и посадки самолетов (потребности в отношении данной системы должны иметь приоритет перед другими видами использования этой полосы в соответствии с п. 5.444 Регламента радиосвязи (РР)),

*рекомендует*

- 1 администрациям использовать в качестве руководящих принципов для обеспечения совместимости с другими службами приведенные в Приложениях 1 и 2 технические и эксплуатационные требования к станциям воздушных судов ВПС, ограниченной передачами телеметрии для полетных испытаний в диапазоне 5 ГГц;
- 2 всем станциям воздушных судов ВПС, ограниченной передачами телеметрии для полетных испытаний, которые осуществляют одновременные передачи в пределах одной сети ВПС, использовать неперекрывающийся спектр.

## Приложение 1

### Технические и эксплуатационные требования к станциям воздушных судов воздушной подвижной службы, ограниченной передачами телеметрии для сетей полетных испытаний в полосах около 5 ГГц

#### Часть А

#### Основные требования, касающиеся защиты сетей ФСС в полосе 5091–5250 МГц

Станция воздушного судна ВПС, работающая в полосе 5091–5250 МГц, должна быть разработана таким образом, чтобы плотность потока мощности передатчика станции одного воздушного судна была ограничена  $-138$  дБ(Вт/(м<sup>2</sup> · 1,23 МГц)) на орбите спутника ФСС для космического аппарата, на котором используются приемные антенны с полным охватом Земли.

Максимальный уровень допустимых суммарных помех, равный 1% от  $\Delta T_s/T_s$ , на входе приемника составляет  $I_{Agg-Rec}$ :

$$I_{Agg-Rec} = KTB - 20 \text{ дБ} = -160,3 \text{ дБ(Вт/1,23 МГц)},$$

где

- $K$ : постоянная Больцмана (1,38 е-23)  
 $T$ : шумовая температура приемника, равная 550 К  
 $B$ : ширина полосы приемника, равная 1,23 МГц.

Поэтому максимальный уровень п.п.м., создаваемый одним передатчиком ВПС на входе антенны спутникового приемника, составляет:

$$\begin{aligned} pfd_{Max} &= I_{Agg-Rec} - G_r + L_{Feed} + L_P - 10 \log_{10}(21) + 10 \log\left(\frac{4\pi}{\lambda^2}\right) \\ &= -160,3 - 4 + 2,9 + 1 - 13,2 + 35,6 \\ &= -138 \text{ дБВт}/(\text{м}^2 \times 1,23 \text{ МГц}), \end{aligned}$$

где

- $G_r$ : коэффициент усиления антенны ФСС  
 $21$ : максимальное число станций ВПС, ведущих одновременную передачу в пределах ширины полосы приемника ФСС.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Вышеупомянутый предел, относящийся к п.п.м., получен в условиях распространения в свободном пространстве.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Маска э.и.и.м. может быть получена на основе вышеупомянутого значения п.п.м. путем применения метода, приведенного в Части А Приложения 2. Может быть также рассмотрено упрощение результирующей маски э.и.и.м.

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Вышеупомянутый предел соответствует  $-198,9 \text{ дБ}(\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{Гц}))$ .

ПРИМЕЧАНИЕ 4. – Предел п.п.м., определенный в настоящем разделе, основан на обеспечении того, чтобы увеличение шумовой температуры спутника ФСС (т.е.  $\Delta T_{sat}/T_{sat}$ ), обусловленное работой ВПС, не превышало 1%. Данная методика предполагает, что на одной частоте в пределах видимости спутника ФСС одновременно работает 21 передатчик ВПС.

## Часть В

### Основные требования, касающиеся защиты подвижной службы в полосе 5150–5250 МГц

Следующие основные требования представлены только в качестве технического руководства.

Максимальная п.п.м., создаваемая на поверхности Земли излучениями со стороны станции воздушного судна системы ВПС, ограниченной передачами телеметрии для сети полетных испытаний, не должна превышать  $-79,4 \text{ дБ}(\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot 20 \text{ МГц})) - G_r(\theta)$  в полосе частот 5150–5250 МГц.

Администрации могут предпочесть внедрить другие более жесткие технические и эксплуатационные требования к ВПС, чем упомянутые в этом разделе, для защиты подвижной службы. Может быть необходимым проведение дополнительного исследования, если используются иные параметры, чем те, которые предполагались при разработке настоящего руководящего указания.

$G_r(\theta)$  – это диаграмма направленности антенны приемника подвижной службы в зависимости от угла места  $\theta$ , определяемая следующим образом:

**Диаграмма направленности антенны в зависимости от угла места системы беспроводного доступа**

Угол места, $\theta$ (градусы)	Коэффициент усиления (дБи)
$45 < \theta \leq 90$	-4
$35 < \theta \leq 45$	-3
$0 < \theta \leq 35$	0
$-15 < \theta \leq 0$	-1
$-30 < \theta \leq -15$	-4
$-60 < \theta \leq -30$	-6
$-90 < \theta \leq -60$	-5

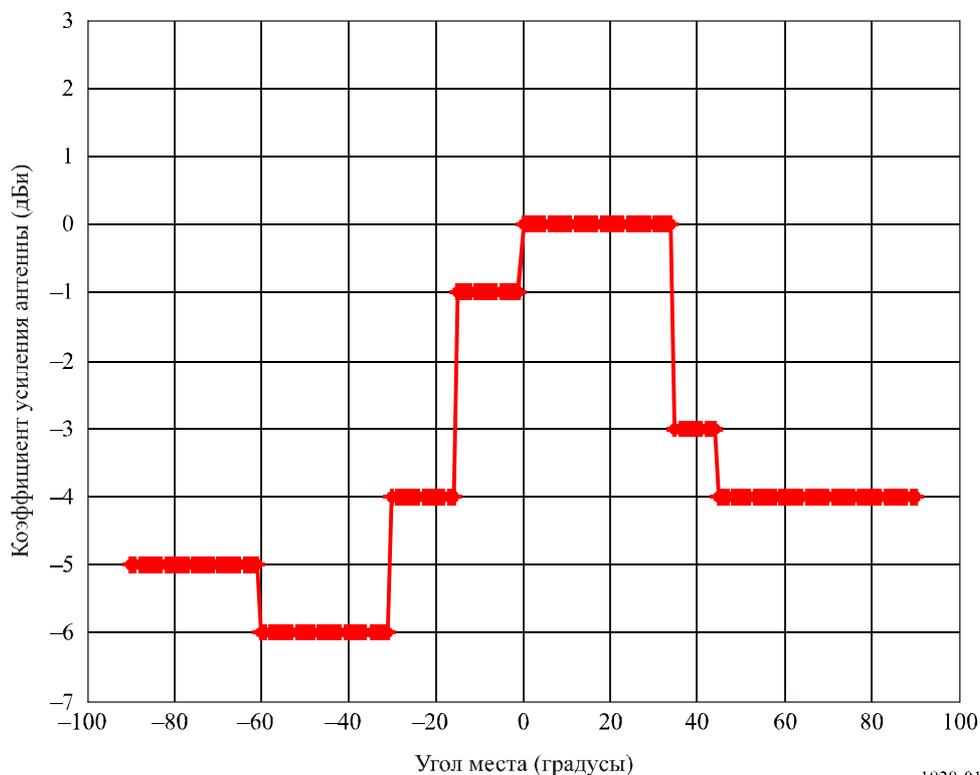
где

$G_r(\theta)$ : коэффициент усиления, относящийся к изотропной антенне (дБи)

$\theta$ : абсолютное значение угла места относительно угла максимального усиления (градусы).

РИСУНОК 1

**Диаграмма направленности антенны приемника подвижной службы**



1828-01

ПРИМЕЧАНИЕ 5. – Вышеупомянутые пределы относятся к п.п.м. и углам прихода, которые получены в условиях распространения в свободном пространстве.

ПРИМЕЧАНИЕ 6. – Маска э.и.и.м. может быть получена на основе вышеупомянутого значения п.п.м. путем применения метода, приведенного в Части В Приложения 2. Может быть также рассмотрено упрощение результирующей маски э.и.и.м.

## Часть С

### Основные требования, касающиеся защиты воздушной подвижной (на трассе) службы (ВП(R)С) в полосе 5091–5150 МГц

В настоящем исследовании совместного использования частот были учтены следующие характеристики приемника ВП(R)С, основанные на стандарте IEEE 802.16e и Рекомендациях МСЭ-R:

- Критерии защиты: отношение  $I/N = -6$  дБ, указанное в Рекомендации МСЭ-R М.1739 и соответствующее уменьшению дальности действия на 5%.
- Коэффициент шума приемника: 10 дБ.
- Потери на аппаратную реализацию: 5 дБ.
- Потери в зданиях: 0 дБ (наружное использование).
- Ширина полосы приемника: 20 МГц.
- Диаграмма направленности антенны: рассмотренная в анализе диаграмма направленности коэффициента усиления приемника ВП(R)С в зависимости от угла места взята из Рекомендации МСЭ-R F.1336-1 и показана на рис. 2. Предполагается, что максимальное усиление составляет 6 дБи.

В полосе частот 5091–5150 МГц максимальная п.п.м., создаваемая на поверхности Земли излучениями со стороны станций воздушного судна системы ВПС, ограниченной передачами телеметрии для сети полетных испытаний, не должна превышать  $-89,4$  дБ(Вт/(м<sup>2</sup> · 20 МГц)) –  $G_r(\theta)$ .

$G_r(\theta)$  – это диаграмма направленности антенны приемника подвижной службы в зависимости от угла места  $\theta$ , определяемая следующим образом:

$$G_r(\theta) = \max[G_1(\theta), G_2(\theta)]$$

$$G_1(\theta) = 6 - 12 \left( \frac{\theta}{27} \right)^2$$

$$G_2(\theta) = -6 + 10 \log \left[ \left( \max \left\{ \frac{|\theta|}{27}, 1 \right\} \right)^{-1,5} + 0,7 \right],$$

где

$G(\theta)$ : коэффициент усиления, относящийся к изотропной антенне (дБи)

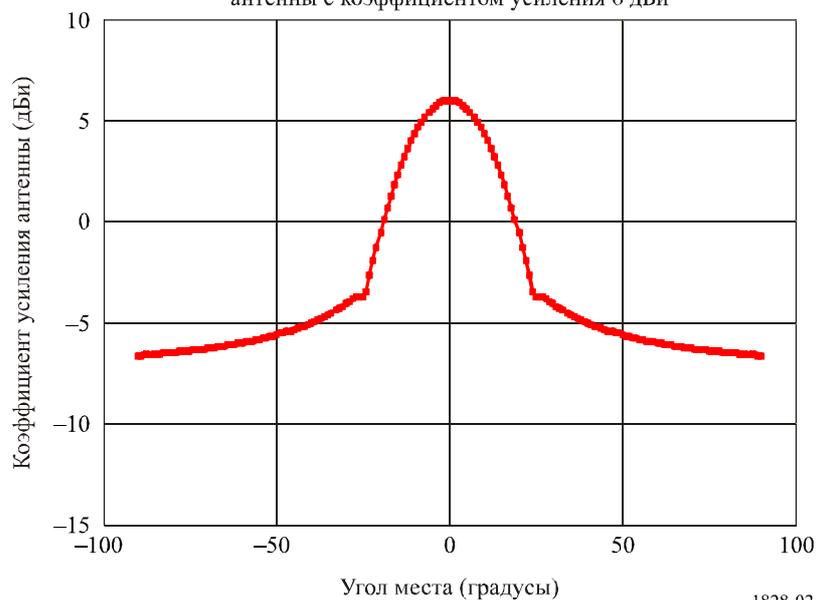
$\theta$ : абсолютное значение угла места (градусы).

Маски п.п.м. и результирующей э.и.и.м. являются предварительными, их будет необходимо подтвердить, когда ВП(R)С будет создана в более полном объеме.

РИСУНОК 2

**Диаграмма направленности антенны приемника ВП(R)С**

Эталонная диаграмма направленности МСЭ-R для ненаправленной антенны с коэффициентом усиления 6 дБи



1828-02

ПРИМЕЧАНИЕ 7. – Вышеупомянутые пределы относятся к п.п.м. и углам прихода, которые получены в условиях распространения в свободном пространстве.

ПРИМЕЧАНИЕ 8. – Маска э.и.и.м. может быть получена на основе вышеупомянутого значения п.п.м. путем применения метода, приведенного в Части В Приложения 2. Может быть также рассмотрено упрощение результирующей маски э.и.и.м.

**Часть D****Основные требования, касающиеся защиты воздушной радионавигационной службы, работающей в полосе 5030–5150 МГц**

При необходимости проведения двухсторонней координации между администрациями, эксплуатирующими микроволновые системы посадки, и администрациями, эксплуатирующими системы ВПС, проведению двухсторонних обсуждений может содействовать Рекомендация МСЭ-R, представленная в пункте h) раздела *учитывая также*.

**Часть E****Основные требования, касающиеся защиты применения воздушной безопасности в полосе 5091–5150 МГц**

Исследования показали, что в случае когда ВПС(ВБ) и ВПС(ВПТ) не работают на перекрывающихся частотах, имеет место частотная совместимость, а наличие основных требований не является необходимым для защиты применения ВПС(ВБ).

Однако для работы на перекрывающихся частотах следует провести дополнительные исследования.

## Приложение 2

### Получение маски э.и.и.м. на основании предела п.п.м.

#### Часть А

#### Получение маски э.и.и.м. для верхнего полушария исходя из предела п.п.м.

При проверке оборудования ВПС, ограниченного передачами телеметрии для полетных испытаний, для определения его соответствия заданному пределу п.п.м., например указанному в Части А Приложения 1, может оказаться полезным определение эквивалентной маски э.и.и.м., которую возможно применять в целях проверки.

Предел п.п.м. может использоваться для математического определения маски э.и.и.м. в верхнем полушарии (т. е. e.i.r.p.  $(\theta, H)$ ), где  $\theta$  – угол выше местной горизонтальной плоскости и  $H$  – высота полета воздушного судна). Это преобразование осуществляется в два этапа. Сначала  $\theta$  преобразуется в эквивалентный угол ниже горизонтальной плоскости на спутнике  $\gamma$ . Затем определяется длина трассы распространения сигнала для угла выше горизонтальной плоскости  $\theta$ , которая используется для расчета потерь распространения для данной трассы и результирующей э.и.и.м.

*Этап 1:* Расчет угла ниже горизонтальной плоскости на спутнике в градусах,  $\gamma$ , исходя из  $\theta$  и  $H$ :

$$\gamma = \arccos \left( (R_e + H) \times \frac{\cos(\theta)}{(R_e + H_{Sat})} \right),$$

где

$\theta$ : угол над горизонтом на станциях воздушных судов

$R_e$ : радиус Земли (6378 км)

$H$ : высота полета воздушного судна (км)

$H_{Sat}$ : высота спутника ФСС (км)

$\gamma$ : угол ниже горизонтальной плоскости на спутнике.

*Этап 2:* Расчет значения э.и.и.м. на основе определенного предела п.п.м.:

$$d = \left( (R_e + H)^2 + (R_e + H_{Sat})^2 - 2(R_e + H)(R_e + H_{Sat}) \cos(\gamma - \theta) \right)^{1/2}$$

$$e.i.r.p.(\theta, H) = pfd + 10 \log_{10}(4 \pi d^2) + 60,$$

где

$d$ : расстояние между станциями воздушных судов и рассматриваемой точкой на поверхности Земли (км)

pfd: предел п.п.м. (дБ(Вт/(м<sup>2</sup> · МГц)))

e.i.r.p. (э.и.и.м.): (дБ(Вт/ МГц)).

График на рисунке 3 показывает данную функцию для высот полета воздушных судов, равных 12 км, исходя из предела п.п.м., приведенного в Части А Приложения 1. В данном примере  $H_{Sat}$  составляет 1414 км.

РИСУНОК 3



## Часть В

### Получение маски э.и.и.м. для нижнего полушария исходя из предела п.п.м.

При проверке оборудования ВПС, ограниченного передачами телеметрии для полетных испытаний, для определения его соответствия заданному пределу п.п.м., например указанному в Части В Приложения 1, может оказаться полезным определение эквивалентной маски э.и.и.м., которую возможно применять в целях проверки.

Предел п.п.м. может использоваться для математического определения маски э.и.и.м. (т. е. e.i.g.p. ( $\gamma, H$ ), где  $\gamma$  – угол ниже местной горизонтальной плоскости и  $H$  – высота полета воздушного судна). Это преобразование осуществляется в два этапа. Сначала  $\gamma$  преобразуется в эквивалентный угол прихода  $\theta$ . Затем определяется длина трассы распространения сигнала для угла прихода  $\theta$ , которая используется для расчета потерь распространения для данной трассы и результирующей э.и.и.м.

*Этап 1:* Расчет угла прихода в градусах,  $\theta$ , исходя из  $\gamma$  и  $H$ :

$$\theta = \arccos((R_e + H) \cos(\gamma) / R_e),$$

где

$\theta$ : угол прихода

$R_e$ : радиус Земли (6378 км)

$H$ : высота полета воздушного судна (км)

$\gamma$ : угол ниже горизонтальной плоскости.

**ПРИМЕЧАНИЕ 1.** – Если аргумент функции  $\arccos$  больше 1, то трасса распространения в направлении угла  $\gamma$  не пересекается с Землей. В этом случае, имеющем место для значений  $\gamma$ , равных или меньших примерно  $3,5^\circ$ , значение  $\theta$  не существует, и поэтому не существует определенного значения для маски п.п.м.

Этап 2: Расчет значения э.и.и.м. на основе определенного предела п.п.м.:

$$d = (R_e^2 + (R_e + H)^2 - 2 R_e (R_e + H) \cos(\gamma - \theta))^{1/2}$$

$$e.i.r.p.(\gamma, H) = pfd + 10 \log_{10}(4 \pi d^2) + 60,$$

где

$d$ : расстояние между станциями воздушных судов и рассматриваемой точкой на поверхности Земли (км)

$pfd$ : предел п.п.м. (дБ(Вт/(м<sup>2</sup> · МГц)))

$e.i.r.p.$  (э.и.и.м.): (дБ(Вт/ МГц)).

График на рисунке 4 показывает данную функцию для различных высот полета воздушных судов исходя из предела п.п.м., приведенного в Части В Приложения 1.

РИСУНОК 4

