

МСЭ-R

Сектор радиосвязи МСЭ

Рекомендация МСЭ-R М.1731-1
(12/2010)

Критерии защиты для терминалов местных пользователей системы Коспас-Сарсат в полосе 1544–1545 МГц

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
M	Подвижная спутниковая служба, спутниковая служба радиоопределения, любительская спутниковая 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 1 МСЭ-R.

Электронная публикация
Женева, 2011 г.

© ITU 2011

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 M.1731-1*

Критерии защиты для терминалов местных пользователей системы Коспас-Сарсат в полосе 1544–1545 МГц

(2005-2010)

Сфера применения

В настоящей Рекомендации рассмотрены критерии защиты для терминалов местных пользователей системы Коспас-Сарсат, которые осуществляют прием на линиях вниз в полосе 1544–1545 МГц со спутников на геостационарной и низкой околоземной орбитах. Программа Коспас-Сарсат принимает и обрабатывает сигналы от радиомаяков – указателей места бедствия (EPIRB) и других маяков, передающих сигналы бедствия и работающих в диапазоне 406 МГц. В некоторых случаях сигналы поступают на наземные станции по линии вниз, работающей в полосе 1544–1545 МГц.

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

- a) что Рекомендация МСЭ-R SM.1535 предусматривает защиту служб безопасности от нежелательных излучений;
- b) что глобальная спутниковая система поиска и спасания Коспас-Сарсат работает в полосе 1544–1545 МГц, использование которой согласно п. 5.356 Регламента радиосвязи (РР) ограничивается радиосвязью космос-Земля при бедствии и для обеспечения безопасности;
- c) что вредные помехи службам безопасности могут привести к гибели людей и потере имущества;
- d) что терминалы местных пользователей системы Коспас-Сарсат на геостационарной орбите Земли (GEOLUT) осуществляют прием в полосе 1544–1545 МГц сигналов от радиомаяков – указателей места бедствия (EPIRB), транслируемых со спутников на геостационарной орбите и спутников исследования окружающей среды (GOES), а также спутников Метео-Sat второго поколения (MSG);
- e) что терминалы местных пользователей системы Коспас-Сарсат на низкой околоземной орбите (LEOLUT) осуществляют прием в полосе 1544–1545 МГц сигналов EPIRB, передаваемых с ретрансляторов поиска и спасания (SARR) на спутниках Коспас и Сарсат;
- f) что терминалы LEOLUT системы Коспас-Сарсат осуществляют прием в полосе 1544–1545 МГц глобального потока обработанных данных (PDS) от радиомаяков EPIRB, которые обрабатываются процессорами поиска и спасания (SARP) на спутниках Коспас и Сарсат;
- g) что терминалы местных пользователей системы Коспас-Сарсат на средневысотной околоземной орбите (MEOLUT) осуществляют прием в полосе 1544–1545 МГц сигналов EPIRB, передаваемых с навигационных спутников на средневысотной околоземной орбите (GALILEO);
- h) что в Приложении 6 представлены бюджеты линии Коспас-Сарсат для операций на низкой околоземной орбите (LEO), средневысотной околоземной орбите (MEO) и геостационарной орбите (GEO) при использовании значений, близких к значениям худшего случая, который в этом Приложении обозначен как "случай низкого уровня",

* Настоящая Рекомендация должна быть доведена до сведения организации Коспас-Сарсат, Международной организации гражданской авиации (ИКАО) и Международной морской организации (ИМО).

рекомендует,

- 1 чтобы анализ помех терминалам GEOLUT системы Коспас-Сарсат, которые работают со спутниками GOES, основывался на Приложении 1;
- 2 чтобы анализ помех терминалам LEOLUT системы Коспас-Сарсат, которые осуществляют прием глобальных данных PDS от радиомаяков EPIRB, основывался на Приложении 2;
- 3 чтобы анализ помех терминалам LEOLUT системы Коспас-Сарсат, которые осуществляют прием сигналов EPIRB в диапазоне 406 МГц, транслируемых спутниками Коспас и Сарсат на низкой околоземной орбите, основывался на Приложении 3;
- 4 чтобы анализ помех терминалам GEOLUT системы Коспас-Сарсат, которые работают со спутниками MSG, основывался на Приложении 4;
- 5 чтобы анализ помех терминалам MEOLUT системы Коспас-Сарсат, которые работают со спутниками GALILEO, основывался на Приложении 5.

Приложение 1

Критерии защиты в полосе 1544–1545 МГц для терминалов GEOLUT системы Коспас-Сарсат, которые осуществляют прием сигналов EPIRB, транслируемых через спутники GOES

1.1 Введение

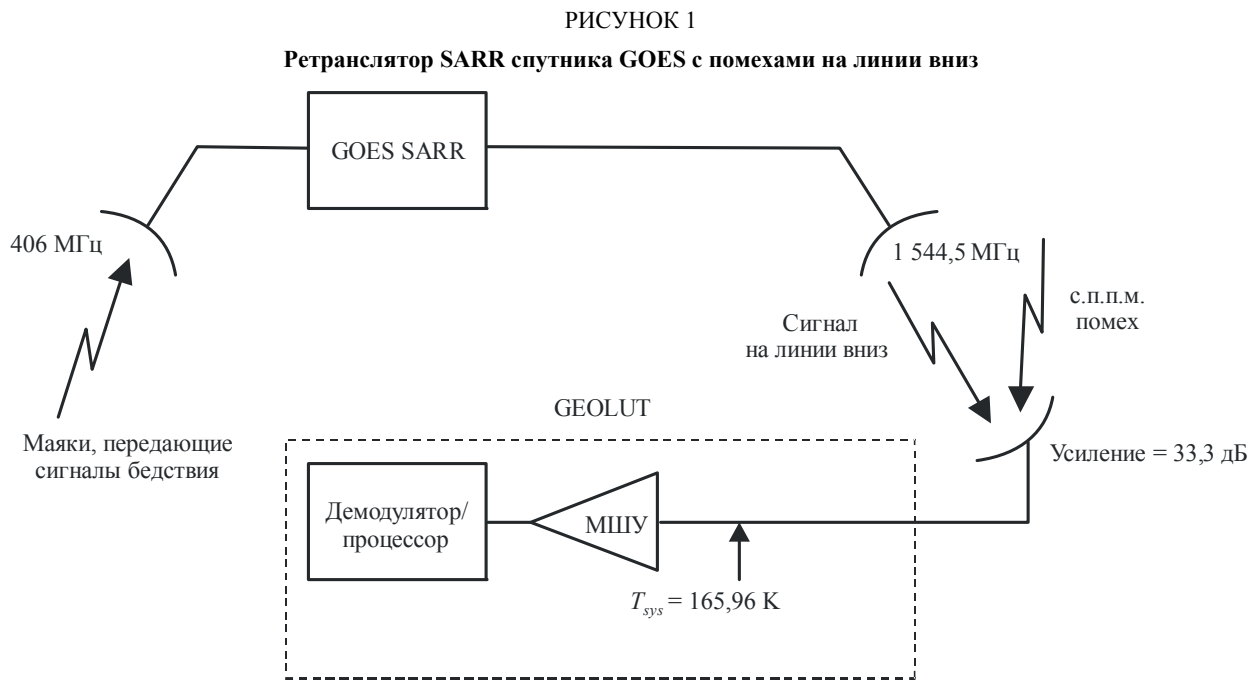
Ретрансляторы поиска и спасания системы Коспас-Сарсат расположены на борту спутников GOES. Эти ретрансляторы принимают сигналы от EPIRB в диапазоне 406 МГц и транслируют сигналы на терминалы GEOLUT Коспас-Сарсат на частотах линии вниз в полосе 1544–1545 МГц. В соответствии с РР полоса 1544–1545 МГц распределена подвижной спутниковой службе (ПСС) в направлении космос-Земля и согласно п. 5.356 РР реально ограничивается связью при бедствии и для обеспечения безопасности. Приведенный в данном Приложении анализ устанавливает критерии защиты от помех для терминалов GEOLUT, которые принимают сигналы со спутников GOES в полосе 1544–1545 МГц.

1.2 Минимальные допустимые характеристики для обнаружения сигналов EPIRB, транслируемых через спутник GOES

Для надежного обнаружения сигналов от маяков, передающих сигналы бедствия в диапазоне 406 МГц, с использованием ретрансляторов 406 МГц на спутниках GOES, коэффициент ошибок по битам (BER) в канале не должен превышать 5×10^{-5} .

1.3 Анализ спектральной плотности потока мощности (с.п.п.м.) помех

Величина BER в канале связи выводится из отношения энергии, содержащейся в каждом бите данных, E_b , к плотности шума. Общая плотность шума состоит из шума, создаваемого оборудованием Коспас-Сарсат, N_0 , и шума, определяемого помехами от других систем, I_0 . На рисунке 1 показан канал SARR 406 МГц спутника GOES с помехами на линии вниз.



МШУ: малозумящий усилитель

М.1731-01

Чтобы достичь величины BER на уровне 5×10^{-5} , отношение энергии на бит к плотности шума и помех ($E_b/(N_0 + I_0)$) в демодуляторе GEOLUT должно равняться или превышать 8,8 дБ. Данный анализ определяет максимальный уровень широкополосной шумоподобной помехи, указываемой в качестве с.п.п.м., отнесенной ко входу антенны GEOLUT, которая может быть согласована без снижения общей величины $E_b/(N_0 + I_0)$ на линии ниже 8,8 дБ.

Как видно из рисунка 1, сигналы от маяков, передающих сигналы бедствия в диапазоне 406 МГц, принимаются ретранслятором SARR спутника GOES и модулируются по фазе на несущей 1544,5 МГц линии вниз с целью обнаружения и обработки терминалами GEOLUT. Усиление антенны и шумовая температура системы для терминала GEOLUT спутника GOES составляют 33,3 дБ и 165,96 К, соответственно.

Сигнал от EPIRB приходит на космический аппарат под углом места 5° . Если внешние источники помех отсутствуют, общее отношение C/N_0 составляет 31,1 дБ-Гц, которое соответствует отношению E_b/N_0 на уровне 5,1 дБ. Учет потерь на аппаратную реализацию и на демодуляцию данных от маяка, а также выигрыша от обработки на терминале GEOLUT приводит к эффективному отношению E_b/N_0 , равному 10,1 дБ. Поскольку в канале для обеспечения надежного соответствия минимальным характеристикам требуется общее отношение $E_b/(N_0 + I_0)$ не менее 8,8 дБ, не может быть допущен уровень накопленных широкополосных помех на линии вниз, который снижает общее отношение несущей к плотности шума и помех более чем на 1,3 дБ.

Если общее отношение C/N_0 при отсутствии помех составляет 31,1 дБ-Гц, широкополосная шумоподобная помеха на линии вниз, снижающая его на 1,3 дБ, приведет к общему отношению несущей к плотности шума и помех, $(C/(N_0 + I_0))_{общее}$, равному:

$$\begin{aligned} (C/(N_0 + I_0))_{общее} &= (C/N_0)_{общее} - 1,3 \text{ дБ} \\ &= 31,1 \text{ дБ-Гц} - 1,3 \text{ дБ} \\ &= 29,8 \text{ дБ-Гц.} \end{aligned}$$

Отношение $(C/(N_0 + I_0))_{\text{общее}}$ вычисляется из отношений несущей к плотности шума и помех на линии вверх и линии вниз, как указано ниже:

$$(C/(N_0 + I_0))_{\text{общее}} = ((C/(N_0 + I_0))^{-1}_{\uparrow} + (C/(N_0 + I_0))^{-1}_{\downarrow})^{-1}.$$

Поскольку данный анализ касается только помех на линии вниз, указанное выше уравнение упрощается до:

$$(C/(N_0 + I_0))_{\text{общее}} = ((C/N_0)^{-1}_{\uparrow} + (C/(N_0 + I_0))^{-1}_{\downarrow})^{-1}.$$

Подстановка 29,8 дБ-Гц вместо $(C/(N_0 + I_0))_{\text{общее}}$ и 31,3 дБ-Гц вместо $(C/N_0)_{\uparrow}$ дает величину отношения $(C/(N_0 + I_0))_{\downarrow}$, равную 35,1 дБ-Гц (см. ниже):

$$C/(N_0 + I_0)_{\downarrow} = ((C/(N_0 + I_0))_{\text{общее}}^{-1} - (C/N_0)_{\uparrow}^{-1})^{-1}$$

или

$$C/(N_0 + I_0)_{\downarrow} = 10 \log ((10^{-29,8/10} - 10^{-31,3/10})^{-1}),$$

в таком случае

$$C/(N_0 + I_0)_{\downarrow} = 35,1 \text{ дБ-Гц.}$$

Спектральная плотность мощности шума на линии вниз без помех на входе МШУ составляет $N_0 = k T$, где k – постоянная Больцмана. Следовательно, $N_0 = -228,6 + 22,2 = -206,4$ дБ(Вт/Гц).

Отношение $(C/N_0)_{\downarrow}$ равно 43,8 дБ и $(N_0)_{\downarrow}$ равно $-206,4$ дБ(Вт/Гц), поэтому величина C_{\downarrow} равна $-162,6$ дБВт.

Максимальная допустимая спектральная плотность мощности помех на линии вниз от совокупности всех источников помех, $I_0(\text{max})$, измеренная на входе МШУ приемника GEOLUT в полосе $1544,5$ МГц ± 100 кГц, составляет:

$$I_0(\text{max}) = 10 \log (10^{(C_{\downarrow} - (C/(N_0 + I_0))_{\downarrow})/10} - 10^{(N_0)_{\downarrow}/10})$$

или

$$I_0(\text{max}) = 10 \log (10^{(-162,6 - 35,1)/10} - 10^{-206,4/10}),$$

в таком случае

$$I_0(\text{max}) = -198,3 \text{ дБ(Вт/Гц).}$$

Рассматриваемые критерии защиты желательно характеризовать в виде порогового уровня с.п.п.м. помех, указываемого в дБ(Вт/(м² · Гц)) на входе антенны GEOLUT. Эффективная апертура антенны, A_e , с усилением G определяется как $A_e = G\lambda^2/4\pi$. Антенна GEOLUT имеет усиление 33,3 дБ, следовательно, эффективная апертура равна $6,42$ м². Максимальная допустимая суммарная помеха, указываемая в виде с.п.п.м., составляет:

$$\text{с.п.п.м.} = I_0(\text{max}) - L_{\text{Line}} - A_e.$$

Предполагая $L_{\text{Line}} = 0$,

$$\begin{aligned} \text{с.п.п.м.} &= -198,3 - 0 - 10 \log (6,42) \\ &= -206,4 \text{ дБ(Вт/(м}^2 \cdot \text{Гц))}. \end{aligned}$$

Максимальный уровень широкополосной шумоподобной помехи в канале GEOLUT в полосе $1544,5$ МГц ± 100 кГц не должен превышать $-206,4$ дБ(Вт/(м² · Гц)).

1.4 Процедура вычисления уровня помех, причиняемых линии вниз канала SARR 406 МГц спутника GOES

Помехи, создаваемые системе Коспас-Сарсат, чаще всего являются результатом внеполосных излучений от служб в соседних или близких к ним полосах, таких как распределения службе ПСС в направлении космос-Земля.

Чтобы определить, передается ли энергия в полосе частот $1544,5 \text{ МГц} \pm 100 \text{ кГц}$, следует изучить ширину полосы излучения. Необходимо проявлять особое внимание при анализе влияния подвижных систем (например, негеостационарных спутников и передатчиков на борту воздушных судов) для учета эффектов доплеровского сдвига частоты, возникающих при их движении.

Вычислите уровень помех от всех источников, которые передают энергию в рассматриваемой полосе, выраженный как уровень с.п.п.м. на входе антенны GEOLUT. Суммарный уровень от всех источников помех не должен превышать $-206,4 \text{ дБ(Вт/(м}^2 \cdot \text{Гц))}$ в любой части этой полосы.

Вышеуказанный уровень основан на осевом усилении 33,3 дБи антенны GEOLUT. При определении степени воздействия помех следует, в зависимости от систем, использовать связанные с данной антенной параметры, такие как избирательность антенн, поляризация и другие технические возможности.

Приложение 2

Критерии защиты от помех в полосе 1544–1545 МГц для терминалов LEOLUT, которые осуществляют прием данных со спутников Коспас и Сарсат, обрабатываемых процессорами SARP со скоростью 2,4 кбит/с

1 Общие положения

Канал 2,4 кбит/с процессора SARP системы Коспас и Сарсат размещен в полосе $1544,5 \text{ МГц} \pm 5 \text{ кГц}$ на линиях вниз полезной нагрузки LEOSAR. Вследствие расширения полосы частот, обусловленного процессом модуляции и доплеровским сдвигом в результате движения спутника, канал 2,4 кбит/с SARP принимается на терминалах LEOLUT в полосе частот $1544,5 \text{ МГц} \pm 50 \text{ кГц}$.

В таблице 1 представлены рекомендуемые бюджеты мощности на линии вниз для каналов SARP системы Коспас и Сарсат, которые были рассчитаны в помощь администрациям при проектировании терминалов LEOLUT для использования в системе Коспас-Сарсат. Бюджет линии показывает, что канал SARP спутника Коспас работает в более надежной линии связи по сравнению с обслуживанием с помощью SARP спутника Сарсат; следовательно, требования по защите, подходящие для канала SARP спутника Сарсат, обеспечат адекватную защиту и для обслуживания через канал SARP спутника Коспас.

2 Минимальные допустимые характеристики для передачи данных PDS со скоростью 2,4 кбит/с в канале SARP

Для надежного обнаружения и определения местонахождения маяков, передающих сигналы бедствия в диапазоне 406 МГц, показатель BER канала SARP на линии вниз не должен превышать 1×10^{-6} (см. таблицу 1).

3 Анализ уровня с.п.п.м., являющегося причиной помехи

Показатель BER канала связи выводится из отношения энергии, содержащейся в каждом бите данных, E_b , к плотности шума. Суммарная плотность шума состоит из шума, создаваемого оборудованием Коспас-Сарсат, N_0 , и шума, вызванного помехами от других систем, I_0 .

С помощью этого анализа устанавливается уровень помех, выражаемый в виде величины с.п.п.м. на входе антенны LEOLUT, который ухудшает показатель BER на линии вниз канала SARP до одного ошибочного бита на каждый миллион (1×10^{-6}).

ТАБЛИЦА 1

**Параметры бюджета мощности на линии вниз для PDS
в канале SARP системы Коспас и Сарсат**

Параметр	Номинал Коспас	Номинал Сарсат	Источник
Несущая частота (МГц)	1 544,5		
Поляризация (левосторонняя круговая)	ЛНСП		
Угол места (градусы)	5		
Высота спутника (км)	1 000	850	
э.и.и.м. спутника ⁽¹⁾ (дБВт)	6,2	7,1	
Наклонная дальность @ 5° (км)	3 200	2 900	Рассчитана из геометрии
Потери на трассе в свободном пространстве (L_p) (дБ)	166,3	165,5	Расчетная стандартная формула
Потери на кратковременные замирения (L_f) (дБ)	10		
Другие потери (L_o) (дБ)	3,6 ⁽²⁾		Потери при проектировании LUT и зависящие от площадки
Антенна (G/T) ⁽³⁾ (дБ(К ⁻¹))	4,3		$G = 26,7$ дБ, $T = 22,4$ дБ(К)
Постоянная Больцмана, k (дБ(Вт · К ⁻¹ · Гц ⁻¹))	-228,6		Физическая константа
Коэффициент скорости передачи данных @ 2,4 кбит/с, r (дБ-Гц)	33,8		
Потери вследствие модуляции (дБ)	-12,1	-14,1	
Желаемый максимальный уровень BER	10^{-6}		
Расчетное отношение (E_b/N_0) (дБ)	13,3	13,0	С использованием параметров, выше
Теоретическое отношение (E_b/N_0) для BER, равного 10^{-6} (дБ)	10,6		E_b/N_0 для требуемого BER
Запас для линии PDS (дБ)	2,7	2,4	

LUT: терминал местного пользователя

⁽¹⁾ Эквивалентная изотропно излучаемая мощность.

⁽²⁾ Потери на рассогласование по поляризации, на ориентацию антенны и на реализацию демодулятора.

⁽³⁾ Отношение усиления к шумовой температуре антенны с учетом потерь в обтекателе, если он применяется, и в кабеле. Для терминалов LUT в Соединенных Штатах Америки $G/T = 4,3$ дБ.

В таблице 1 показан рекомендуемый бюджет мощности на линии вниз для канала SARP. Бюджет линии был рассчитан с использованием типичных параметров терминала LEOLUT. Бюджет линии показывает, что требуемый уровень BER, равный 1×10^{-6} , достигается с запасом 2,4 дБ на слежение за спутниками Сарсат. Для обеспечения требуемого уровня BER в линии должен поддерживаться положительный запас. Поэтому нельзя допускать, чтобы сумма всех помех снижала запас в линии более чем на 2,4 дБ. В этом случае кумулятивная спектральная плотность мощности помех, I_0 , на входе приемника LEOLUT указывается следующим уравнением (численные величины):

$$N_0 + I_0 \leq 10^{(2,4/10)} \times N_0$$

или

$$I_0/N_0 \leq (10^{(2,4/10)} - 1) = 0,738 \text{ (численная величина),}$$

в этом случае

$$I_0/N_0 = -1,3 \text{ дБ.}$$

Совокупное влияние всех источников помех, следовательно, не должно превышать величины $I_0/N_0 = -1,3$ дБ.

Для терминалов LEOLUT с усилением антенн, G , на уровне 26,7 дБ и шумовой температурой системы, T , равной 22,4 дБК на входе МШУ LEOLUT, спектральная плотность мощности шума без помех, N_0 , представляет собой произведение постоянной Больцмана, k , и шумовой температуры T , или $N_0 = kT$, и задается в виде дБ, как указано ниже:

$$N_0 = -228,6 + 22,4 = -206,2 \text{ дБ(Вт/Гц)}.$$

Следовательно, максимальная спектральная плотность мощности помех от всех источников помех, $I_0(\text{max})$, на входе МШУ LEOLUT в пределах полосы $1544,5 \text{ МГц} \pm 50 \text{ кГц}$ не должна превышать следующего уровня:

$$I_0(\text{max}) = N_0 - 1,3 = -207,5 \text{ дБ(Вт/Гц)}.$$

Рассматриваемые критерии защиты желательно характеризовать в виде порогового мешающего уровня с.п.п.м., указываемого в дБ(Вт/(м² · Гц)) на входе антенны LEOLUT. Эффективная апертура антенны с усилением G определяется как $A_e = G\lambda^2/4\pi$. Усиление антенны LEOLUT на уровне 26,7 дБ приводит к величине $A_e = 1,4 \text{ м}^2$. Следовательно, максимальный уровень всех помех на линии вниз составляет:

$$\begin{aligned} \text{с.п.п.м.} &= I_0/A_e = -207,5 - 10 \log(1,4) \\ &= -209,0 \text{ дБ(Вт/(м}^2 \cdot \text{Гц))}. \end{aligned}$$

Максимальный уровень широкополосной шумоподобной помехи в канале в полосе $1544,5 \text{ МГц} \pm 50 \text{ кГц}$ не должен превышать $-209,0 \text{ дБ(Вт/(м}^2 \cdot \text{Гц))}$.

4 Процедура вычисления уровня помех, причиняемых каналу SARP спутника LEOSAR

Помехи, создаваемые системе Коспас-Сарсат, чаще всего являются результатом внеполосных излучений от служб в соседних или близких к ним полосах, таких как распределения службе ПСС в направлении космос-Земля.

Чтобы определить, передается ли энергия в полосе частот $1544,5 \text{ МГц} \pm 50 \text{ кГц}$, следует изучить ширину полосы излучения. Необходимо проявлять особое внимание при анализе влияния подвижных систем (например, негеостационарных спутников и передатчиков на борту воздушных судов) для учета эффектов доплеровского сдвига частоты, возникающих при их движении.

Вычислите уровень с.п.п.м. на входе антенны LEOLUT. Суммарный уровень от всех источников помех не должен превышать $-209,0 \text{ дБ(Вт/(м}^2 \cdot \text{Гц))}$ в любой части полосы $1544,5 \text{ МГц} \pm 50 \text{ кГц}$.

Приложение 3

Критерии защиты в полосе 1544–1545 МГц для услуг ретрансляторов (SARR) 406 МГц спутника Сарсат от помех со стороны широкополосных излучателей

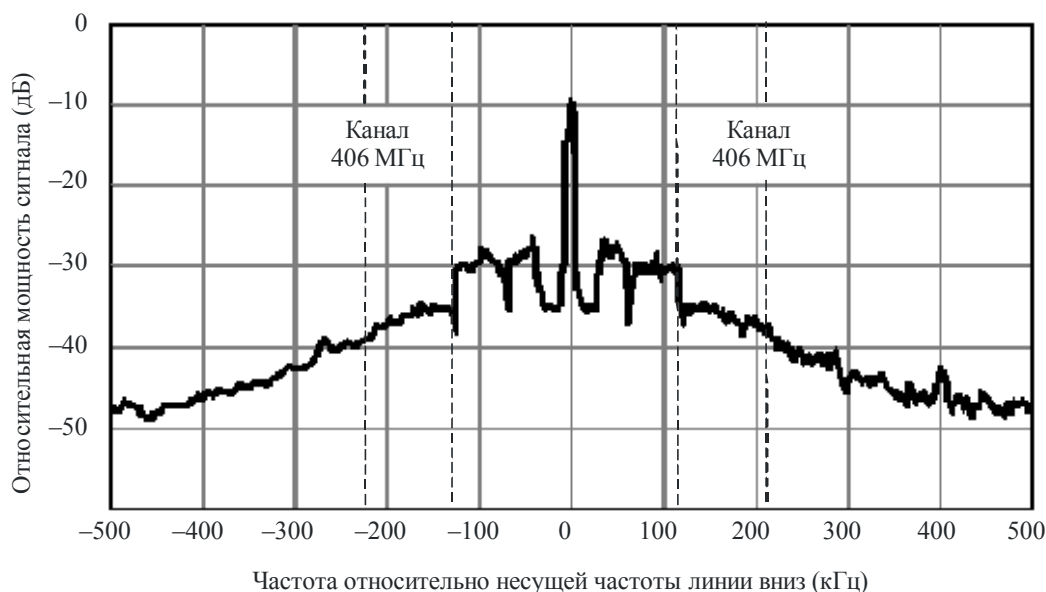
1 Общие положения

Канал SARR 406 МГц спутника Сарсат занимает приблизительно 100 кГц спектра, начиная с частоты на 120 кГц выше и ниже несущей 1544,5 МГц. Однако вследствие допустимого ухода частоты, вызванного старением спутникового передатчика, доплеровского сдвига частоты, вызванного движением спутника Сарсат, минимальной защитной полосы и расширения сигнала, вызванного процессом модуляции, терминалам LEOLUT для обработки канала SARR 406 МГц требуется 220 кГц спектра, начиная с частоты на 80 кГц выше и ниже несущей 1544,5 МГц.

Частота, занимаемая каналом SARR, изображена на рисунке 2.

РИСУНОК 2

Спектр сигнала на линии вниз 1544,5 МГц спутника Сарсат



М.1731-02

2 Минимальные допустимые характеристики для обнаружения сигналов EPIRB, транслируемых через канал SARR 406 МГц спутника SARCAT

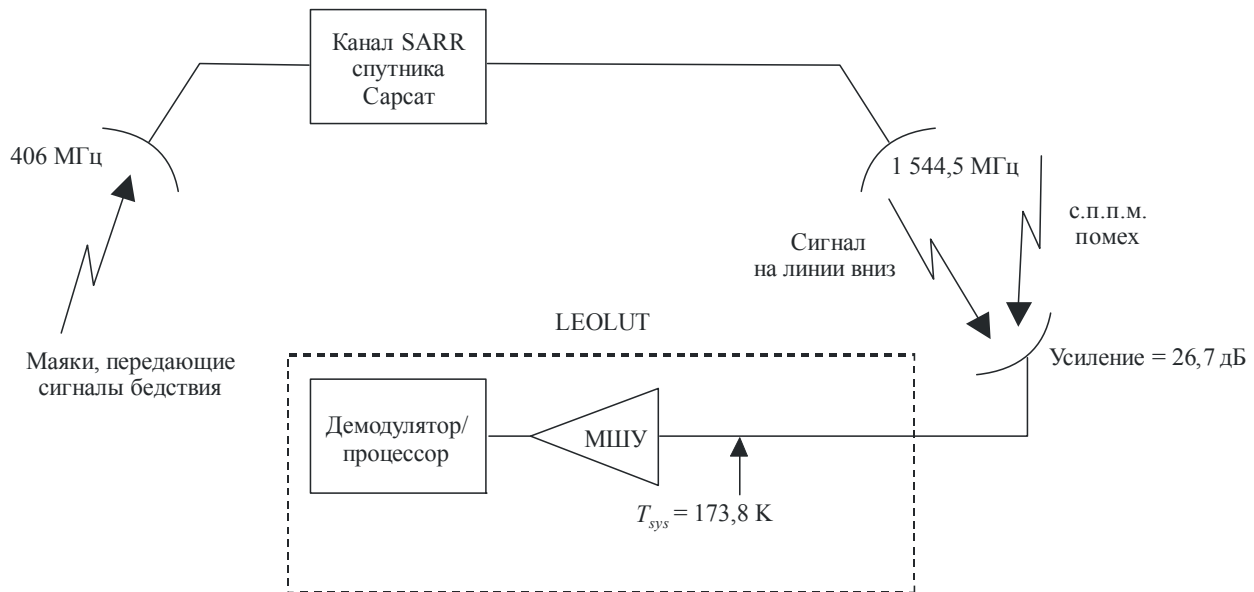
Для надежного обнаружения и определения местонахождения маяков, передающих сигналы бедствия в диапазоне 406 МГц с использованием ретрансляторов 406 МГц спутника Сарсат, показатель BER канала SARR 406 МГц спутника Сарсат не должен превышать 5×10^{-5} .

3 Анализ с.п.п.м. помех

Величина BER в канале связи выводится из отношения энергии, содержащейся в каждом бите данных, E_b , к плотности шума. Общая плотность шума состоит из шума, создаваемого оборудованием Коспас-Сарсат, N_0 , и шума, определяемого помехами от других систем, I_0 . На рисунке 3 показан канал SARR 406 МГц с помехами на линии вниз.

РИСУНОК 3

Ретранслятор SARR 406 МГц спутника Сарсат с помехами на линии вниз



М.1731-03

Чтобы достичь величины BER на уровне 5×10^{-5} , отношение энергии на бит к плотности шума и помех ($E_b/(N_0 + I_0)$) в демодуляторе LEOLUT должно равняться или превышать 8,8 дБ. Данный анализ определяет максимальный уровень широкополосной шумоподобной помехи, указываемой в качестве с.п.п.м., отнесенной ко входу антенны LEOLUT, которая может быть согласована без снижения общей величины $E_b/(N_0 + I_0)$ на линии ниже 8,8 дБ.

Канал SARR 406 МГц на рисунке 1 модулируется по фазе на несущей 1544,5 МГц линии вниз с целью обнаружения и обработки терминалами LEOLUT. Усиление антенны и шумовая температура системы для терминала LEOLUT составляют 26,7 дБ и 173,8 К, соответственно.

Сигнал от EPIRB приходит на космический аппарат под углом места 5° . Если внешние источники помех отсутствуют, общее отношение C/N_0 составляет 38,8 дБ-Гц, которое соответствует отношению E_b/N_0 , равному 12,8 дБ. Учет потерь на аппаратную реализацию и на демодуляцию данных от маяка, а также выигрыша от обработки приводит к эффективному отношению E_b/N_0 , равному 10,8 дБ. Поскольку в канале для обеспечения надежного соответствия минимальным характеристикам требуется общее отношение $E_b/(N_0 + I_0)$ не менее 8,8 дБ, не может быть допущена любая широкополосная помеха на линии вниз, которая снижает общее отношение несущей к плотности шума и помех, $(C/(N_0 + I_0))_{\text{общее}}$, более чем на 2,0 дБ.

Общее отношение C/N_0 при отсутствии помех составляет 38,8 дБ-Гц, поэтому широкополосная шумоподобная помеха на линии вниз, снижающая его на 2,0 дБ, приведет к величине отношения $(C/(N_0 + I_0))_{\text{общее}}$, равной:

$$\begin{aligned} (C/(N_0 + I_0))_{\text{общее}} &= (C/N_0)_{\text{общее}} - 2,0 \text{ дБ} \\ &= 38,8 \text{ дБ-Гц} - 2,0 \text{ дБ} \\ &= 36,8 \text{ дБ-Гц.} \end{aligned}$$

Отношение $(C/(N_0 + I_0))_{\text{общее}}$ может быть вычислено из отношений несущей к плотности шума и помех на линии вверх и линии вниз, как указано ниже:

$$(C/(N_0 + I_0))_{\text{общее}} = ((C/(N_0 + I_0))_{\uparrow}^{-1} + (C/(N_0 + I_0))_{\downarrow}^{-1})^{-1}.$$

Поскольку данный анализ касается только помех на линии вниз, указанное выше уравнение упрощается до:

$$(C/(N_0 + I_0))_{\text{общее}} = ((C/N_0)^{-1}_{\uparrow} + (C/(N_0 + I_0))^{-1}_{\downarrow})^{-1}.$$

Подстановка 36,8 дБ-Гц вместо $(C/(N_0 + I_0))_{\text{общее}}$ и 41,3 дБ-Гц вместо $(C/N_0)_{\uparrow}$ дает величину отношения $(C/(N_0 + I_0))_{\downarrow}$, равную 38,7 дБ-Гц (см. ниже):

$$C/(N_0 + I_0)_{\downarrow} = ((C/(N_0 + I_0))_{\text{общее}}^{-1} - (C/N_0)_{\uparrow}^{-1})^{-1}$$

или

$$C/(N_0 + I_0)_{\downarrow} = 10 \log ((10^{-36,8/10} - 10^{-41,3/10})^{-1}),$$

в таком случае

$$C/(N_0 + I_0)_{\downarrow} = 38,7 \text{ дБ-Гц.}$$

Спектральная плотность мощности шума на линии вниз без помех, отнесенная ко входу МШУ, составляет $N_0 = k T$, где k – постоянная Больцмана. Следовательно, $N_0 = -228,6 + 22,4 = -206,2$ дБ(Вт/Гц).

Поскольку отношение $(C/N_0)_{\downarrow}$ равно 42,5 дБ и $(N_0)_{\downarrow}$ равно $-206,2$ дБ(Вт/Гц), величина C_{\downarrow} составляет $-163,7$ дБВт.

Максимальная допустимая спектральная плотность мощности помех на линии вниз от совокупности всех источников помех, $I_0(\text{max})$, измеренная на входе МШУ приемника LEOLUT в полосе 1544–1545 МГц, используемой на линии вниз канала SARR 406 МГц, определяется следующим образом:

$$I_0(\text{max}) = 10 \log (10^{(C_{\downarrow} - C/(N_0 + I_0)_{\downarrow})/10} - 10^{(N_0)_{\downarrow}/10})$$

или

$$I_0(\text{max}) = 10 \log (10^{(-163,7 - 38,7)/10} - 10^{-206,2/10}),$$

в таком случае

$$I_0(\text{max}) = -204,7 \text{ дБ(Вт/Гц).}$$

Рассматриваемые критерии защиты желательно характеризовать в виде порогового уровня с.п.п.м. помех, указываемого в дБ(Вт/(м² · Гц)) на входе антенны LEOLUT. Эффективная апертура антенны, A_e , с усилением G определяется как $A_e = G\lambda^2/4\pi$. Для антенн LEOLUT с усилением 26,7 дБ эффективная апертура равна 1,4 м². Следовательно, максимальная допустимая суммарная помеха, указываемая в виде с.п.п.м., составляет:

$$\text{с.п.п.м.} = I_0(\text{max}) - L_{\text{Line}} - A_e.$$

Предполагая $L_{\text{Line}} = 0$,

$$\text{с.п.п.м.} = -204,7 - 0 - 10 \log (1,4) = -206,2 \text{ дБ(Вт/(м}^2 \cdot \text{Гц))}.$$

Максимальный уровень широкополосной шумоподобной помехи в полосах, обрабатываемых терминалами LEOLUT для канала SARR 406 МГц, не должен превышать $-206,2$ дБ(Вт/(м² · Гц)).

4 Процедура вычисления уровня помех в полосе 1544–1545 МГц терминалам LEOLUT, принимающим канал SARR 406 МГц

Чтобы определить, передается ли энергия в полосах частот, обрабатываемых терминалами LEOLUT для канала SARR 406 МГц (то есть 1544,58–1544,80 МГц и 1544,42–1544,20 МГц), следует изучить ширину полосы излучения. Необходимо проявлять особое внимание при анализе влияния подвижных систем (например, негеостационарных спутников и передатчиков на борту воздушных судов) для учета эффектов доплеровского сдвига частоты, возникающих при их движении.

Вычислите уровень помех от всех источников, которые передают энергию в рассматриваемой полосе, выраженный как уровень с.п.п.м. на входе антенны LEOLUT. Суммарный уровень от всех источников помех не должен превышать $-206,2$ дБ(Вт/(м² · Гц)) в любой части этой полосы.

Вышеуказанный уровень определялся при использовании антенны LEOLUT с левосторонней круговой поляризацией (ЛНСП) с осевым усилением 26,7 дБи. При определении степени воздействия помех следует, в зависимости от систем, использовать связанные с данной антенной параметры, такие как избирательность по поляризации и другие технические возможности.

Приложение 4

Критерии защиты в полосе 1544–1545 МГц для терминалов GEOLUT системы Коспас-Сарсат, которые осуществляют прием сигналов EPIRB, транслируемых через спутники MSG

1 Введение

Ретрансляторы поиска и спасения системы Коспас-Сарсат расположены на борту спутников MSG. Эти ретрансляторы принимают сигналы от EPIRB в диапазоне 406 МГц и передают сигналы на терминалы GEOLUT Коспас-Сарсат на частотах линии вниз в полосе 1544–1545 МГц. В соответствии с РР полоса 1544–1545 МГц распределена ПСС в направлении космос-Земля и согласно п. 5.356 РР реально ограничивается связью при бедствии и для обеспечения безопасности. Приведенный в данном Приложении анализ устанавливает критерии защиты от помех для терминалов GEOLUT, которые принимают сигналы со спутников MSG в полосе 1544–1545 МГц на линии вниз.

2 Минимальные допустимые характеристики для обнаружения сигналов EPIRB, транслируемых через спутник MSG

Для надежного обнаружения сигналов от маяков, передающих сигналы бедствия в диапазоне 406 МГц, с использованием ретрансляторов 406 МГц на спутниках MSG, показатель BER в канале не должен превышать 5×10^{-5} .

3 Анализ с.п.п.м. помех

Величина BER в канале связи выводится из отношения энергии, содержащейся в каждом бите данных, E_b , к плотности шума. Общая плотность шума состоит из шума, создаваемого оборудованием Коспас-Сарсат, N_0 , и шума, определяемого помехами от других систем, I_0 . На рисунке 4 показан канал SARR 406 МГц спутника MSG с помехами на линии вниз.

Чтобы достичь величины BER на уровне 5×10^{-5} , отношение энергии на бит к плотности шума и помех ($E_b/(N_0 + I_0)$) в демодуляторе GEOLUT должно равняться или превышать 8,8 дБ. Данный анализ определяет максимальный уровень широкополосной шумоподобной помехи, указываемой в качестве с.п.п.м., отнесенной ко входу антенны GEOLUT, которая может быть согласована без снижения общей величины $E_b/(N_0 + I_0)$ на линии ниже 8,8 дБ.

Как видно из рисунка 4, сигналы от маяков, передающих сигналы бедствия в диапазоне 406 МГц, принимаются ретранслятором SARR спутника MSG и передаются на линию вниз 1544,5 МГц с целью обнаружения и обработки терминалами GEOLUT. Усиление антенны и шумовая температура системы для терминала GEOLUT спутника MSG составляют 35,7 дБ и 105,0 К, соответственно.



М.1731-04

Сигнал от EPIRB приходит на космический аппарат под углом места 5° . Если внешние источники помех отсутствуют, общее отношение C/N_0 составляет 27,4 дБ-Гц, которое соответствует отношению E_b/N_0 на уровне 1,4 дБ. Учет потерь на аппаратную реализацию и на демодуляцию данных от маяка, а также выигрыша от обработки на терминале GEOLUT приводит к эффективному отношению E_b/N_0 , равному 8,9 дБ. Поскольку в канале для обеспечения надежного соответствия минимальным характеристикам требуется общее отношение $E_b/(N_0 + I_0)$ не менее 8,8 дБ, не может быть допущен уровень накопленных широкополосных помех на линии вниз, который снижает общее отношение несущей к плотности шума и помех более чем на 0,1 дБ.

Если общее отношение C/N_0 при отсутствии помех составляет 27,4 дБ-Гц, широкополосная шумоподобная помеха на линии вниз, снижающая его на 0,1 дБ, приведет к общему отношению несущей к плотности шума и помех, $(C/(N_0 + I_0))_{\text{общее}}$, равному:

$$\begin{aligned} (C/(N_0 + I_0))_{\text{общее}} &= (C/N_0)_{\text{общее}} - 0,1 \text{ дБ} \\ &= 27,4 \text{ дБ-Гц} - 0,1 \text{ дБ} \\ &= 27,3 \text{ дБ-Гц.} \end{aligned}$$

Отношение $(C/(N_0 + I_0))_{\text{общее}}$ вычисляется из отношений несущей к плотности шума и помех на линии вверх и линии вниз, как указано ниже:

$$(C/(N_0 + I_0))_{\text{общее}} = ((C/(N_0 + I_0))_{\uparrow}^{-1} + (C/(N_0 + I_0))_{\downarrow}^{-1})^{-1}.$$

Поскольку данный анализ касается только помех на линии вниз, указанное выше уравнение упрощается до:

$$(C/(N_0 + I_0))_{\text{общее}} = ((C/N_0)_{\uparrow}^{-1} + (C/(N_0 + I_0))_{\downarrow}^{-1})^{-1}.$$

Подстановка 27,3 дБ-Гц вместо $(C/(N_0 + I_0))_{\text{общее}}$ и 28,1 дБ-Гц вместо $(C/N_0)_{\uparrow}$ дает величину отношения $(C/(N_0 + I_0))_{\downarrow}$, равную 35,0 дБ-Гц (см. ниже):

$$C/(N_0 + I_0)_{\downarrow} = ((C/(N_0 + I_0))_{\text{общее}}^{-1} - (C/N_0)_{\uparrow}^{-1})^{-1}$$

или

$$C/(N_0 + I_0)_{\downarrow} = 10 \log ((10^{-27,3/10} - 10^{-28,1/10})^{-1}),$$

в таком случае

$$C/(N_0 + I_0)_{\downarrow} = 35,0 \text{ дБ-Гц.}$$

Спектральная плотность мощности шума на линии вниз без помех на входе МШУ, составляет $N_0 = k T$, где k – постоянная Больцмана. Следовательно, $N_0 = -228,6 + 20,2 = -208,4$ дБ(Вт/Гц).

Отношение $(C/N_0)_{\downarrow}$ равно 35,5 дБ и $(N_0)_{\downarrow}$ равно $-208,4$ дБ(Вт/Гц), поэтому величина C_{\downarrow} составляет $-171,0$ дБВт.

Максимальная допустимая спектральная плотность мощности помех на линии вниз от совокупности всех источников помех, $I_0(\text{max})$, измеренная на входе МШУ приемника GEOLUT в полосе $1544,5 \text{ МГц} \pm 100 \text{ кГц}$, составляет:

$$I_0(\text{max}) = 10 \log (10^{(C_{\downarrow} - (C/N_0 + I_0)_{\downarrow})/10} - 10^{(N_0)_{\downarrow}/10})$$

или

$$I_0(\text{max}) = 10 \log (10^{(-171,0 - 35,0)/10} - 10^{-208,4/10}),$$

в таком случае

$$I_0(\text{max}) = -209,7 \text{ дБ(Вт/Гц).}$$

Рассматриваемые критерии защиты желательно характеризовать в виде порогового мешающего уровня с.п.п.м., указываемого в дБ(Вт/(м² · Гц)) на входе антенны GEOLUT. Эффективная апертура антенны, A_e , с усилением G определяется как $A_e = G\lambda^2/4\pi$. Антенна GEOLUT имеет усиление 35,7 дБ, поэтому эффективная апертура равна $12,0 \text{ м}^2$. Максимальная допустимая суммарная помеха, указываемая в виде с.п.п.м., составляет:

$$\text{с.п.п.м.} = I_0(\text{max}) - L_{\text{Line}} - A_e.$$

Предполагая $L_{\text{Line}} = 0$,

$$\begin{aligned} \text{с.п.п.м.} &= -209,7 - 0 - 10 \log (12,0) \\ &= -220,5 \text{ дБ(Вт/(м}^2 \cdot \text{Гц))}. \end{aligned}$$

Максимальный уровень широкополосной шумоподобной помехи в канале терминала GEOLUT в полосе $1544,5 \text{ МГц} \pm 100 \text{ кГц}$ не должен превышать $-220,5$ дБ(Вт/(м² · Гц)).

4 Процедура вычисления уровня помех каналу SARR 406 МГц спутника MSG на линии вниз

Помехи, создаваемые системе Коспас-Сарсат, чаще всего являются результатом внеполосных излучений от служб в соседних или близких к ним полосах, таких как распределения службе ПСС в направлении космос-Земля.

Чтобы определить, передается ли энергия в полосе частот $1544,5 \text{ МГц} \pm 100 \text{ кГц}$, следует изучить ширину полосы излучения. Необходимо проявлять особое внимание при анализе влияния подвижных систем (например, негеостационарных спутников и передатчиков на борту воздушных судов) для учета эффектов доплеровского сдвига частоты, возникающих при их движении.

Вычислите уровень помех от всех источников, которые передают энергию в этой полосе, выраженный как уровень с.п.п.м. на входе антенны GEOLUT. Суммарный уровень от всех источников помех не должен превышать $-220,5$ дБ(Вт/(м² · Гц)) в любом месте этой полосы.

Вышеуказанный уровень основывается на осевом усилении антенны GEOLUT, равном 35,7 дБи. При определении степени воздействия помех следует, в зависимости от систем, использовать связанные с данной антенной параметры, такие как избирательность антенны, поляризация и другие технические возможности.

Приложение 5

Критерии защиты в полосе 1544–1545 МГц для терминалов MEOLUT системы Коспас-Сарсат, которые осуществляют прием транслируемых через спутники GALILEO сигналов от радиомаяков, передающих сигналы бедствия и работающих в диапазоне 406 МГц

1 Введение

Ретрансляторы поиска и спасания системы Коспас-Сарсат расположены на борту спутников GALILEO. Эти ретрансляторы принимают сигналы от маяков, передающих сигналы бедствия в диапазоне 406 МГц, и транслируют сигналы на терминалы MEOLUT Коспас-Сарсат на частотах линии вниз в полосе 1544–1545 МГц. По результатам приведенного в данном Приложении анализа устанавливаются критерии защиты от помех для терминалов MEOLUT, которые принимают сигналы со спутников GALILEO в полосе 1544–1545 МГц.

2 Минимальные допустимые характеристики для обнаружения сигналов маяков, передающих сигналы бедствия в диапазоне 406 МГц, транслируемых через спутник GALILEO

Для надежного обнаружения сигналов от маяков, передающих сигналы бедствия в диапазоне 406 МГц, с использованием ретрансляторов 406 МГц на спутниках GALILEO, BER в канале не должен превышать 5×10^{-5} .

3 Анализ с.п.п.м. помех

Величина BER в канале связи выводится из отношения энергии, содержащейся в каждом бите данных, E_b , к плотности шума. Общая плотность шума состоит из теплового шума, N_0 , и шума, определяемого помехами от других систем, I_0 . На рисунке 5 показан канал полезной нагрузки SAR 406 МГц спутника GALILEO с помехами на линии вниз.

Чтобы достичь величины BER на уровне 5×10^{-5} , отношение энергии на бит к плотности шума и помех ($E_b/(N_0 + I_0)$) в демодуляторе MEOLUT должно равняться или превышать 8,8 дБ. Данный анализ определяет максимальный уровень широкополосной шумоподобной помехи, указываемой в качестве с.п.п.м., отнесенной ко входу антенны MEOLUT, которая может быть согласована без снижения общей величины $E_b/(N_0 + I_0)$ на линии ниже 8,8 дБ.

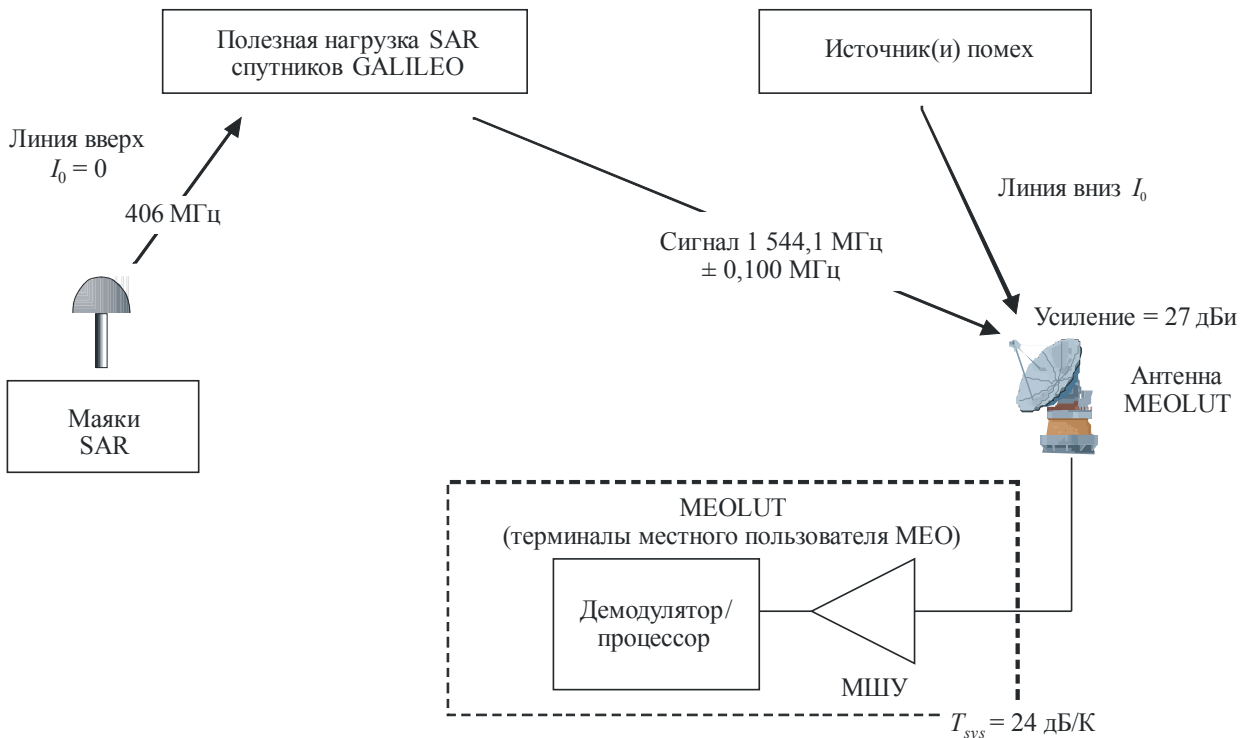
Общая требуемая величина $C/(N_0 + I_0)$ при 400 бит/с (26 дБ/с) составляет:

$$\text{Общее } C/(N_0 + I_0) = 8,8 + 10 \log_{10}(400) = 34,8 \text{ дБ-Гц.}$$

Как видно из рисунка 5, сигналы от маяков, передающих сигналы бедствия в диапазоне 406 МГц, принимаются полезной нагрузкой SAR спутника GALILEO и транслируются в линию вниз на несущей 1544,1 МГц \pm 100 кГц для обнаружения и обработки терминалами MEOLUT. Усиление антенны и шумовая температура системы для терминала MEOLUT SAR/Galileo составляют 27 дБи и 253 К (24 дБ(К)), соответственно. Соответствующее отношение G/T составляет 3 дБ/К.

РИСУНОК 5

Вариант линии ретранслятора SAR GALILEO



М.1731-05

Угол места сигнала маяка составляет 5° относительно космического аппарата. При отсутствии внешних источников помех и согласно Приложению 6 (расчет бюджета линий Коспас-Сарсат) общее значение C/N_0 составляет 35,4 дБ-Гц, что при 400 бит/с соответствует E_b/N_0 , равному 9,4 дБ (35,4 дБ-Гц – 26 дБ/с). Учет потерь на аппаратную реализацию (0,5 дБ), демодуляцию данных от маяка (1,0 дБ), а также выигрыша от обработки (2,0 дБ) на терминале MEOLUT приводит к эффективному отношению E_b/N_0 , равному 9,9 дБ. Поскольку в канале для обеспечения надежного соответствия минимальным характеристикам требуется общее отношение $E_b/(N_0 + I_0)$ не менее 8,8 дБ, не может быть допущен уровень накопленных широкополосных помех на линии вниз, который снижает общее отношение несущей к плотности шума и помех более чем на 1,1 дБ.

Если общее отношение C/N_0 в отсутствие помех составляет 35,4 дБ-Гц, широкополосная шумоподобная помеха на линии вниз, снижающая его на 1,1 дБ, приведет к общему отношению несущей к плотности шума и помех $(C/(N_0 + I_0))_{\text{общее}}$, равному 34,3 дБ-Гц.

Отношение $(C/(N_0 + I_0))_{\text{общее}}$ вычисляется из отношений несущей к плотности шума и помех на линии вверх и линии вниз, как указано ниже:

$$(C/(N_0 + I_0))_{\text{общее}} = ((C/(N_0 + I_0))_{\uparrow}^{-1} + (C/(N_0 + I_0))_{\downarrow}^{-1})^{-1}.$$

Поскольку данный анализ касается только помех на линии вниз, указанное выше уравнение упрощается до:

$$(C/(N_0 + I_0))_{\text{общее}} = ((C/N_0)_{\uparrow}^{-1} + (C/(N_0 + I_0))_{\downarrow}^{-1})^{-1}.$$

Подстановка 34,3 дБ-Гц вместо $(C/(N_0 + I_0))_{\text{общее}}$ и 35,7 дБ-Гц вместо $(C/N_0)_{\uparrow}$ дает величину отношения $(C/(N_0 + I_0))_{\downarrow}$, равную 39,9 дБ-Гц (см. ниже):

$$C/(N_0 + I_0)_{\downarrow} = ((C/(N_0 + I_0))_{\text{общее}}^{-1} - (C/N_0)_{\uparrow}^{-1})^{-1}$$

или

$$C/(N_0 + I_0)_{\downarrow} = 10 \log ((10^{-34,3/10} - 10^{-35,7/10})^{-1}),$$

в таком случае

$$C/(N_0 + I_0)_{\downarrow} = 39,9 \text{ дБ-Гц.}$$

Спектральная плотность мощности шума на линии вниз без помех на входе МШУ составляет $N_0 = k T$, где k – постоянная Больцмана. Следовательно, $N_0 = -228,6 + 24 = -204,6$ дБ(Вт/Гц).

Отношение $(C/N_0)_{\downarrow}$ равно 46,7 дБ и $(N_0)_{\downarrow}$ равно $-204,6$ дБ(Вт/Гц), поэтому величина C_{\downarrow} равна $-157,9$ дБВт.

Максимальная допустимая спектральная плотность мощности помех на линии вниз от совокупности всех источников помех, $I_0(\text{max})$, измеренная на входе МШУ приемника MEOLUT в полосе $1544,1 \text{ МГц} \pm 100 \text{ кГц}$, составляет:

$$I_0(\text{max}) = 10 \log (10^{(C_{\downarrow} - (C/(N_0 + I_0)_{\downarrow})/10)} - 10^{(N_0)_{\downarrow}/10})$$

или

$$I_0(\text{max}) = 10 \log (10^{(-157,9 - 39,9)/10} - 10^{-204,6/10}),$$

в таком случае

$$I_0(\text{max}) = -198,8 \text{ дБ(Вт/Гц).}$$

Рассматриваемые критерии защиты желательно характеризовать в виде порогового уровня с.п.п.м. помех, указываемого в дБ(Вт/($\text{м}^2 \cdot \text{Гц}$)) на входе антенны MEOLUT. Эффективная апертура антенны, A_e , с усилением G определяется как $A_e = G\lambda^2/4\pi$. Антенна MEOLUT имеет усиление 27 дБи, следовательно, эффективная апертура равна $1,5 \text{ м}^2$. Максимальная допустимая суммарная помеха, указываемая в виде с.п.п.м., составляет:

$$\text{с.п.п.м.} = I_0(\text{max}) - L_{\text{Line}} - A_e.$$

Предполагая $L_{\text{Line}} = 0$,

$$\text{с.п.п.м.} = -200,6 \text{ дБ(Вт/(}\text{м}^2 \cdot \text{Гц))}.$$

Максимальный уровень широкополосной шумоподобной помехи в канале MEOLUT SAR/Galileo в полосе $1544,1 \text{ МГц} \pm 100 \text{ кГц}$ не должен превышать $-200,6$ дБ(Вт/($\text{м}^2 \cdot \text{Гц}$)).

4 Процедура вычисления уровня помех для линии вниз канала полезной нагрузки SAR 406 МГц GALILEO

Помехи, создаваемые системе Коспас-Сарсат, чаще всего являются результатом внеполосных излучений от служб в соседних или близких к ним полосах.

Чтобы определить, передается ли энергия в полосе частот $1544,1 \text{ МГц} \pm 100 \text{ кГц}$, следует изучить ширину полосы излучения. Необходимо проявлять особое внимание при анализе влияния подвижных систем (например, негеостационарных спутников и передатчиков на борту воздушных судов) для учета эффектов доплеровского сдвига частоты, возникающих при их движении.

Вычислите уровень помех от всех источников, которые передают энергию в рассматриваемой полосе, выраженный как уровень с.п.п.м. на антенне MEOLUT. Суммарный уровень от всех источников помех не должен превышать $-200,6$ дБ(Вт/($\text{м}^2 \cdot \text{Гц}$)) в любой части этой полосы.

Вышеуказанный уровень основан на осевом усилении 27 дБи антенны MEOLUT. При определении степени воздействия помех следует, в зависимости от систем, использовать связанные с данной антенной параметры, такие как избирательность антенн, поляризация и другие технические возможности.

Приложение 6

ТАБЛИЦА 2

Бюджеты линий Коспас-Сарсат

Параметр, единица измерения	См. Примечание	LEOSAR			GEOSAR		MEOSAR
		PDS Сарсат	SARR Сарсат	ARR Коспас	SARR GOES	SARR MSG	SARR GALILEO
		Случай низкого уровня	Случай низкого уровня	Случай низкого уровня	Случай низкого уровня	Случай низкого уровня	Случай низкого уровня
От EPIRB на линию вверх космического аппарата							
Ширина полосы частот SAR (кГц)	1		80,0		100,0	80,0	
Скорость передачи данных, радиомаяк (Гц)			400,0				
Частота (МГц)	2		406,05				
Мощность передатчика (дБВт)	3		5,0				
Усиление антенны передатчика (дБи)	4		-2,0				
э.и.м. (дБВт)			3,0				
Угол места (град.)	5		5,0				
Длина трассы (км)			2 900,0	3 200,0	41 126,3		28 354,4
Потери на трассе (дБ)			153,8	154,7	176,9		173,7
Потери на поляризацию (дБ)	6				4,9	4,5	4,0
Потери на замирание (дБ)	6а		2,5				2,5
G/T антенны спутникового приемника (дБ/К)	7		-34,0		-18,5	-22,1	-15,7
Постоянная Больцмана (дБ(Ж/К))			-228,6				
C/N ₀ (дБГц) в линии вверх			41,3	40,4	31,3	28,1	35,7
Линия вниз "космос-Земля"							
Частота в линии вниз (МГц)	8	1 544,5	1 544,5 ± 40 кГц			1 544,5 ± 50 кГц	1 544,1 ± 40 кГц
э.и.м. передатчика (дБВт)	9	7,1		6,2	15,0	-18,9	1,6
Потери при совместном использовании мощности (дБ)	10		15,3	15,5	18,3		/
Потери вследствие модуляции (дБ)	11	14,1		6,0	3,54		/
Угол места (град.)	12	5,0					
Дальность трассы (км)			2 900,0	3 200,0	41 126,3		28 354,4
Потери на трассе (дБ)			165,5	166,4	188,46		185,3
G/T антенны приемника LUT (дБ/К)	13	4,3			11,0	15,5	3,0
Потери на поляризацию (дБ)	14				0,35	0,2	0,2
Другие потери (дБ)		2,6					1,0
Потери на ориентацию антенны (дБ)	15				0,20	1,0	0,1
Потери на кратковременные замирания (дБ)	16	10,0					
C/N ₀ в линии вниз (дБГц)		47,8	42,5	48,6	43,8	35,5	46,7
Общее C/N ₀ (дБГц)			38,8	39,8	31,1	27,4	35,4
Скорость передачи данных, радиомаяк (дБГц)	17	33,8	26,0				
E _b /N ₀ (дБ)		14,0	12,8	13,8	5,1	1,4	9,4
Потери на аппаратную реализацию (дБ)			1,0			0,5	
Потери на модуляцию данных маяка, b = 1,1 рад (дБ)	18		1,0				
Выигрыш от кодирования (дБ)			0,0			2,0	
Выигрыш от обработки (5 пачек) (дБ)	19				7,0		0,0

ТАБЛИЦА 2 (окончание)

Параметр, единица измерения	См. Примечание	LEOSAR			GEOSAR		MEOSAR
		PDS Сарсат	SARR Сарсат	ARR Коспас	SARR GOES	SARR MSG	SARR GALILEO
		Случай низкого уровня	Случай низкого уровня	Случай низкого уровня	Случай низкого уровня	Случай низкого уровня	Случай низкого уровня
Линия вниз "космос-Земля"							
Действительное E_b/N_0 (дБ)		13,0	10,8	11,8	10,1	8,9	9,9
Теоретическое E_b/N_0 для BER, равных 10^{-6} и 5×10^{-5} (дБ)	20	10,6	8,8				
Запас (дБ)	21	2,4	2,0	3,0	1,3	0,1	1,1

Примечания к таблице 2:

- 1 Номинальная ширина полосы 1 дБ спутникового приемника с центром на 406,05 МГц.
- 2 Значения частоты маяка находятся в диапазоне 406,022–406,079 МГц.
- 3 Мощность передатчика маяка может находиться в диапазоне 5–9 дБВт, поэтому для расчета бюджета линии используется такой слабый передатчик маяка (5 дБВт), при этом принимается, что одновременно осуществляют передачу пачек еще два маяка с номиналом 406 МГц, угол места каждого из них относительно спутника составляет 40 град. при 7 дБВт, усилении антенны 0 дБ, потерях излучения 1 дБ, поэтому э.и.м. на линии вверх составляет 6 дБВт (эта обуславливаемая дополнительными маяками нагрузка воздействует на значение совместного использования мощности передатчика спутника).
- 4 Антенна передатчика имеет линейную поляризацию.
- 5 Угол места от маяка к спутнику, равный 5° , является номинальной границей покрытия, а номинальная высота спутников GEOSAR составляет 35 786 км, спутников Сарсат – 850 км (в диапазоне от 830 до 870 км) и спутников Коспас – 1000 км.
- 6 Потери на поляризацию, обуславливаемые линейной поляризацией антенны маяка и замиранием сигнала в линии вверх. Потери на поляризацию в линии LEOSAR включаются в усиление антенны и, следовательно, отражаются в G/T спутниковой приемной антенны.
 - 6а Для линии обеспечивается составляющая 2,5 дБ поправка на замирание сигнала (в основном вследствие мерцания) (см. Документ C/S R.012, Приложение J. Экземпляр этого документа может быть получен бесплатно через веб-сайт секретариата организации Коспас-Сарсат (эл. почта: cospas_sarsat@imso.org, <http://www.cospas-sarsat.org/>)).
- 7 G/T спутникового приемника 406 МГц, отнесенное ко входу МШУ, где номинальные усиление и шумовая температура составляют:
 - GOES: $G = 7,05$ дБ, шумовая температура = 359 К.
 - MSG: $G = 3,0$ дБ, шумовая температура = 326 К.
 - Сарсат: $G = -4,0$ дБ, шумовая температура = 1000 К.
 - Коспас: $G = -4,0$ дБ, шумовая температура = 1000 К.
- 8 Полосой частот линии вниз, распределенной для связи в случае бедствия и для обеспечения безопасности, является полоса 1544–1545 МГц.
- 9 э.и.м. базируется на мощности спутникового передатчика и усилении передающей антенны. В случае спутников MSG и Galileo дается значение э.и.м. для наблюдаемого маяка (то есть включается вся мощность, используемая совместно с другими маяками, и шумовая температура).
- 10 Потери при совместном использовании мощности – это часть э.и.м. передатчика, распределенная данным сигналу от одного маяка, передающего сигналы бедствия. В случаях спутников MSG и GALILEO "Потери при совместном использовании мощности" включены в пункт "э.и.м. передатчика".
- 11 Потери вследствие модуляции – это часть э.и.м. передатчика, распределенная полосе ретранслятора 406 МГц на спутнике, согласно индексу фазовой модуляции (не применяется к спутникам MSG и MEOSAR, на которых предусмотрено прямое преобразование частоты).
- 12 Угол места 5° от LUT на спутник является номинальной границей покрытия.
- 13 В G/T используются номинальные значения для каждого типа LUT.
- 14 Потери на поляризацию для каждого типа антенны LUT.
- 15 Потери на ориентацию антенны, обуславливаемые наведением антенны LUT.
- 16 Кратковременные потери уровня несущей величиной 10 дБ вследствие модуляции с высоким индексом в других каналах до реакции АРУ.
- 17 Скорость передачи данных составляет 400 бит/с для излучений маяка и 2400 бит/с для PDS.
- 18 Потери вследствие модуляции данных маяка, поскольку часть мощности намеренно удерживается в несущей, так как индекс модуляции установлен равным $1,1 \pm 0,1$ рад.
- 19 Выигрыш от обработки вследствие интеграции пачек от нескольких маяков в данном LUT. Для MEOSAR предполагается демодуляция одиночных пачек (см. Документ C/S R.012, Приложение J. Экземпляр этого документа может быть получен бесплатно через веб-сайт секретариата организации Коспас-Сарсат (эл. почта: cospas_sarsat@imso.org, <http://www.cospas-sarsat.org/>)).
- 20 BER для полосы ретранслятора составляет $5,0 \times 10^{-5}$ согласно Рекомендации МСЭ-R М.1478, а для канала PDS – $1,0 \times 10^{-6}$.
- 21 Запас – это остающийся дополнительный сигнал, который может использоваться в случае наличия помех.