

РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R М.1841*

Совместимость ЧМ звуковой радиовещательной службы в полосе примерно 87–108 МГц и наземной системы функционального дополнения воздушной службы в полосе примерно 108–117,975 МГц

(2007)

Сфера применения

Резолюция 413 (ВКР-03) предлагает МСЭ-R изучить все вопросы совместимости радиовещательной и воздушной служб, работающих на частотах около 108 МГц, и разработать новые Рекомендации МСЭ-R или пересмотреть Рекомендации МСЭ-R, в зависимости от случая. В настоящей Рекомендации содержатся технические и эксплуатационные требования, которые могут быть использованы администрациями в качестве технического руководства для установления совместимости наземной системы функционального дополнения (GBAS) ИКАО, работающей на частоте около 108 МГц, и систем ЧМ радиовещания, функционирующих на частотах до 108 МГц.

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

- a) что в целях повышения эффективности использования спектра необходимо усовершенствовать критерии, используемые при оценке совместимости между ЧМ звуковой радиовещательной службой и воздушными службами в близлежащей полосе;
- b) что существует необходимость в методе анализа совместимости для определения возможной несовместимости, связанной с большим планом частотных присвоений радиовещательной службы;
- c) что имеется необходимость в методе детального анализа совместимости для отдельных случаев, чтобы исследовать случаи возможной несовместимости, определенные широкомасштабным анализом, или для индивидуальной оценки предлагаемых присвоений радиовещательной или воздушной службам;
- d) что необходимо продолжить совершенствование критериев совместимости и методов оценки,

рекомендует,

- 1 чтобы критерии, приведенные в Приложении 1, могли применяться для расчетов совместимости;
- 2 чтобы метод, приведенный в Приложении 2, мог применяться для прогнозирования возможной несовместимости, связанной с большим планом частотных присвоений радиовещательной службы;
- 3 чтобы методы, приведенные в Приложении 3, использовались для детальных расчетов совместимости для конкретных случаев, касающихся возможных помех, определенных методом, описанным в Приложении 2, или индивидуальной оценки предлагаемых присвоений частот станциям радиовещательной или воздушных служб;
- 4 кроме того, чтобы результаты практической проверки прогнозируемых ситуаций совместимости, а также другая соответствующая информация могли использоваться для координации и дальнейшего усовершенствования критериев совместимости, метода оценки и других методов, приведенных, соответственно, в Приложениях 1, 2 и 3.

* Настоящая Рекомендация должна быть направлена 6-й Исследовательской комиссии по радиосвязи для сведения и представления возможных замечаний в будущем.

Приложение 1

Механизмы помех, параметры систем и критерии оценки совместимости

СОДЕРЖАНИЕ

	<i>Стр.</i>
1 Базовая информация и введение	2
2 Типы механизмов помех.....	2
3 Параметры оценки совместимости.....	4
4 Критерии оценки совместимости	7
Дополнение 1 – Зона покрытия GBAS и минимальные значения напряженности поля (извлечение из Приложения 10 ИКАО)	11

1 Базовая информация и введение

Помехи, создаваемые радиовещательной службой с частотной модуляцией (ЧМ) системам воздушной подвижной службы, которые используются в целях навигации и наблюдения, являются одной из проблем, которая признается большинством пользователей авиационного оборудования. В бортовых приемниках GBAS связанные с помехами проблемы обуславливают появление ошибок в информации о корректировке навигационных данных. Помехи этим приемникам являются серьезной проблемой, особенно в течение критической фазы захода на посадку и посадки, поскольку они не совсем очевидны для пилота.

Влияние помех приемникам воздушных судов изменяется в зависимости от условий нахождения воздушного судна, высоты и интермодуляционных и побочных излучений. Проявление таких помех изменяется в зависимости от конструкции и модели приемника. Существует растущая вероятность создания вредных помех вследствие увеличивающейся необходимости в дополнительных частотных присвоениях воздушной службе и радиовещательной службе.

В данном Приложении приводится описание следующих вопросов:

- механизмы помех;
- параметры затронутых систем воздушной подвижной службы;
- параметры систем станций ЧМ радиовещания;
- критерии оценки совместимости приемников, приведенные в Приложении 10 ИКАО.

2 Типы механизмов помех

В общем, для приемника GBAS сигналы, передаваемые станциями ЧМ радиовещания, могут рассматриваться как шум.

2.1 Помехи типа А

2.1.1 Введение

Помехи типа А вызываются в полосе воздушной службы нежелательными излучениями одного или более радиовещательных передатчиков.

2.1.2 Помехи типа А1

Одиночный передатчик может создавать побочные излучения, или несколько радиовещательных передатчиков могут создавать интермодуляционные составляющие, попадающие в полосу частот воздушной службы; такие помехи называются помехами типа А1.

2.1.3 Помехи типа А2

Радиовещательный сигнал может включать составляющие, которыми нельзя пренебречь и которые попадают в полосу частот воздушной службы; этот механизм помех, называемый помехами типа А2, на практике вызывается только радиовещательными передатчиками, работающими на частотах вблизи 108 МГц, и такие помехи создаются только воздушным подвижным службам, работающим на частотах вблизи 108 МГц.

2.2 Помехи типа В

2.2.1 Введение

Помехи типа В – это помехи, создаваемые в приемнике воздушной службы в результате передач радиовещательной службы на частотах вне полосы воздушной службы.

2.2.2 Помехи типа В1

В приемнике воздушной службы могут образовываться интермодуляционные составляющие в результате того, что радиовещательные сигналы, передаваемые вне полосы воздушной службы, переводят приемник в нелинейный режим; такие помехи называются помехами типа В1. Для возникновения помехи такого типа необходимо наличие, по крайней мере, двух радиовещательных сигналов, и их частоты должны иметь такое соотношение, при котором в случае нелинейного процесса может образоваться интермодуляционная составляющая, попадающая в полосу полезного радиоканала, используемого приемником воздушной службы. Амплитуда одного из радиовещательных сигналов должна быть достаточно большой, чтобы перевести приемник в нелинейный режим, но тогда помеха может возникнуть, даже если другой(ие) сигнал(ы) имеет(ют) значительно меньшую амплитуду.

Рассматриваются только интермодуляционные составляющие третьего порядка; они принимают следующую форму:

$$\begin{aligned} f_{intermod} &= 2f_1 - f_2 && \text{случай двух сигналов или} \\ f_{intermod} &= f_1 + f_2 - f_3 && \text{случай трех сигналов,} \end{aligned}$$

где:

$$\begin{aligned} f_{intermod} &: \text{ частота интермодуляционной составляющей (МГц)} \\ f_1, f_2, f_3 &: \text{ частоты сигналов радиовещательной службы (МГц) при } f_1 \geq f_2 > f_3. \end{aligned}$$

2.2.3 Помехи типа В2

Уменьшение чувствительности может наблюдаться в случае, когда входные радиочастотные каскады приемника воздушной службы перегружаются одним или несколькими сигналами передач радиовещательной службы; такие помехи называются помехами типа В2.

3 Параметры оценки совместимости

3.1 Введение

В данном разделе определяются параметры передатчиков и приемников GBAS воздушной службы, необходимые для оценки совместимости.

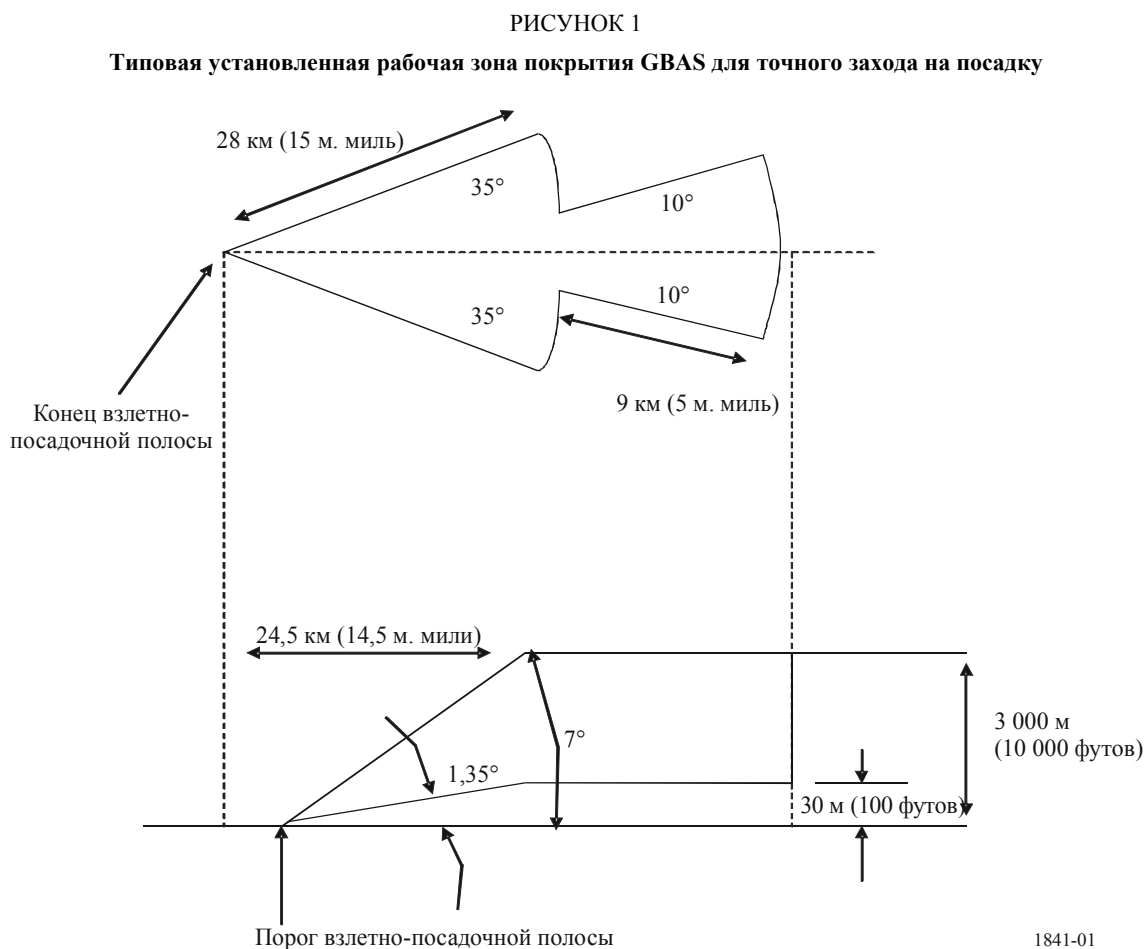
3.2 Характеристики систем воздушной службы

3.2.1 Установленная рабочая зона покрытия

Система GBAS может эксплуатироваться в двух режимах:

- для предоставления услуги точного захода на посадку; или
- для предоставления услуги определения местоположения.

На рисунке 1 для случая режима точного захода на посадку представлена типовая установленная рабочая зона покрытия (УРЗП) для GBAS CAT I, основанная на Приложении 10 ИКАО. Некоторые администрации могут также использовать систему GBAS, так чтобы можно было не приводить УРЗП в соответствие с взлетно-посадочной полосой (ВПП). Эта УРЗП определяется исходя из ВПП. Поскольку одна наземная станция GBAS может охватывать несколько направлений ВПП аэродрома, общая УРЗП может рассматриваться как сумма этих УРЗП.



Примечание. – Масштаб не соблюдается.

Редакционное примечание. – Описание УРЗП получено исходя из требований Приложения 10 ИКАО и отличается от диаграммы угла места, приведенной в Рекомендации МСЭ-R SM.1009-1.

Зона УРЗП системы GBAS, предназначенной для определения местоположения, может быть круговой и иметь радиус 43 км (23 м. мили) от передатчика GBAS. Некоторые установки могут иметь больший радиус в зависимости от эксплуатационных требований и ограничений, связанных с частотным планированием. С подробными данными можно ознакомиться в соответствующем национальном сборнике аэронавигационной информации (AIP) (см. определения в Приложении 4).

3.2.2 Напряженность поля

Минимальная защищаемая напряженность поля в УРЗП (см. п. 3.5.4.4.2.2 Дополнения 1) составляет 215 мкВ/м (46,6 дБ(мкВ/м)).

3.2.3 Частоты

Частоты GBAS расположены в полосе вблизи полосы ЧМ радиовещания, система может работать на частотах сигналов ILS/VOR, а также на промежуточных частотах. Частоты GBAS занимают каналы с интервалом 25 кГц и могут быть следующими: 108,025, 108,050 ... 117,950 МГц.

3.2.4 Поляризация

Существуют два типа поляризации, которые могут быть использованы в GBAS, – горизонтальная и необязательная дополнительная вертикальная поляризации. Только горизонтальная поляризация предназначена для использования в международной гражданской авиации, и поэтому в настоящей Рекомендации рассматриваются только воздушные суда с горизонтально поляризованными антеннами. Применение дополнительной вертикальной поляризации предназначено только для национального использования.

3.3 Характеристики ЧМ радиовещательных станций

3.3.1 Максимальная эффективная излучаемая мощность

Для расчетов совместимости должно использоваться наиболее точное имеющееся значение максимальной э.и.м.

3.3.2 Диаграмма направленности в горизонтальной плоскости

Для расчетов совместимости должны использоваться наиболее точные имеющиеся данные по диаграмме направленности в горизонтальной плоскости.

3.3.3 Диаграмма направленности в вертикальной плоскости

Для расчетов совместимости должны использоваться наиболее точные имеющиеся данные по диаграмме направленности в вертикальной плоскости.

3.3.4 Подавление побочных излучений

Согласно опыту стран Северной Америки обычно нет необходимости требовать подавления побочных излучений более чем на 80 дБ. Однако с учетом особых обстоятельств в некоторых областях Района 1 и в некоторых областях Района 3 приведенные в таблице 1 значения подавления побочных излучений в полосе воздушной службы 108–137 МГц можно рекомендовать для использования в случае возникновения интермодуляционных составляющих от нескольких радиовещательных передатчиков, размещенных в одном месте.

ТАБЛИЦА 1

Максимальная э.и.м. (дБВт)	Подавление относительно максимальной э.и.м. (дБ)
≥ 48	85
30	76
< 30	46 + максимальная э.и.м. (дБВт)

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Между максимальными значениями э.и.м. 30 и 48 дБВт используется линейная интерполяция.

3.3.5 Частоты

Диапазоны частот ЧМ радиовещательной службы приведены в Регламенте радиосвязи. В Районе 1 и некоторых частях Района 3 используется диапазон 87,5–108 МГц, каналы расположены через каждые 100 кГц (87,6; 87,7 ... 107,9 МГц). В Районе 2 используется диапазон 88–108 МГц, каналы расположены через каждые 200 кГц (88,1; 88,3 ... 107,9 МГц).

3.3.6 Поляризация

ЧМ сигнал может иметь горизонтальную, вертикальную или смешанную поляризацию.

3.3.7 Расчет напряженности поля радиовещательных сигналов в свободном пространстве

Напряженность поля в свободном пространстве определяется по следующей формуле:

$$E = 76,9 + P - 20 \log d + H + V, \quad (1)$$

где:

- E : напряженность поля (дБ(мкВ/м)) радиовещательного сигнала
- P : максимальная э.и.м. (дБВт) радиовещательной станции
- d : протяженность наклонной трассы (км) (см. определение в Приложении 4)
- H : поправочный коэффициент диаграммы направленности в горизонтальной плоскости (дБ)
- V : поправочный коэффициент диаграммы направленности в вертикальной плоскости (дБ).

В случае радиовещательной станции со смешанной поляризацией максимальное значение э.и.м., которое должно использоваться, равно наибольшему из значений составляющих с горизонтальной и вертикальной поляризацией. Однако когда значения составляющих с горизонтальной и вертикальной поляризацией равны, максимальное значение э.и.м., которое должно использоваться, получают путем добавления 1 дБ к значению горизонтальной составляющей.

3.4 Мощность на входе приемника

Предполагая, что диаграмма направленности антенны воздушного судна является всенаправленной, напряженности поля радиовещательного сигнала и сигнала воздушной службы должны быть преобразованы в мощность на входе приемника воздушной службы в соответствии со следующей формулой:

- а) для радиовещательного сигнала в диапазоне 87,5–108,0 МГц:

$$N = E - 118 - L_s - L(f) - L_a, \quad (2)$$

где:

- N : уровень радиовещательного сигнала (дБм) на входе приемника воздушной службы
- E : напряженность поля (дБ(мкВ/м)) радиовещательного сигнала
- L_s : потери в разделителе сигнала 3,5 дБ

$L(f)$: зависимые от частоты потери в антенной системе на частоте радиовещательного сигнала f (МГц), составляющие 1,2 дБ на 1 МГц ниже 108 МГц (для горизонтально поляризованной антенны)

L_a : фиксированные потери в антенной системе 9 дБ;

б) для сигнала воздушной службы и сигнала типа А1 в диапазоне 108–118 МГц:

$$N_a = E_a - 118 - L_s - L_a, \quad (3)$$

где:

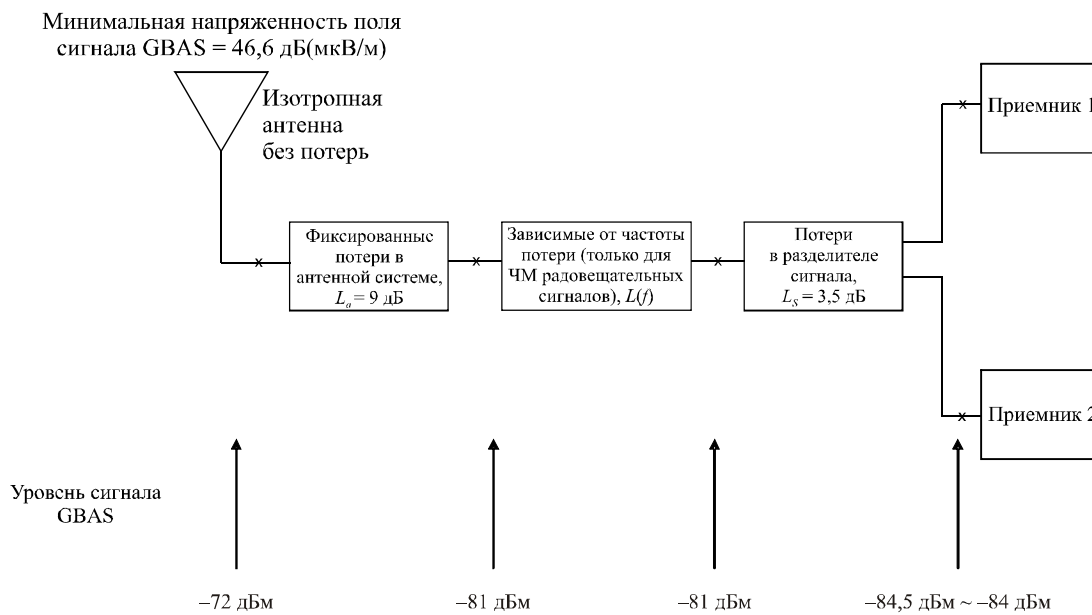
N_a : уровень сигнала (дБм) на входе приемника воздушной службы

E_a : напряженность поля (дБ(мкВ/м)) сигнала типа А1 или сигнала воздушной службы.

На рисунке 2 показано, как минимальная напряженность поля сигнала GBAS, равная 46,6 дБ(мкВ/м), преобразуется в уровень сигнала –84 дБм на входе приемника типовой приемной установки воздушного судна с использованием формулы (3).

РИСУНОК 2

**Преобразование минимальной напряженности поля сигнала GBAS
в уровень сигнала на входе приемника воздушной службы**



Примечание 1. – Типовая установка на воздушном судне включает делитель сигнала для подачи сигнала на два приемника воздушной службы.

Примечание 2. – Зависимые от частоты потери $L(f)$ равны 0 для частот воздушной службы, и поэтому не включены в формулу (3).

1841-02

4 Критерии оценки совместимости

4.1 Стандартные пороговые уровни помех

4.1.1 Система GBAS

Пороговым уровнем помех для приемников GBAS является:

- частота пропуска сообщений, меньшая или равная одному пропущенному сообщению на 1000 сообщений с прикладными данными полной длины (222 байта).

4.2 Критерии оценки помех – приемники системы GBAS

4.2.1 Помехи типа А1

В таблице 2 приведены значения защитных отношений, которые могут использоваться. Помехи типа А1 не должны рассматриваться при разности частот, превышающей 200 кГц.

ТАБЛИЦА 2

Разность частот между полезным сигналом и побочным излучением (кГц)	Защитное отношение (дБ)
0	14
50	7
100	-4
150	-19
200	-38

4.2.2 Помехи типа А2

В таблице 3 приведены значения защитных отношений, которые могут использоваться. Помехи типа А2 не должны рассматриваться при разности частот, превышающей 300 кГц.

4.2.3 Помехи типа В1

4.2.3.1 Формулы оценки совместимости

Следующая формула может использоваться для оценки возможных несовместимостей.

а) *Случай двух сигналов*

$$2 \left\{ N_1 - 20 \log \left(\frac{\max(0,4; 108,1 - f_1)}{0,4} \right) \right\} + N_2 - 20 \log \left(\frac{\max(0,4; 108,1 - f_2)}{0,4} \right) + K - L_c + S > 0, \quad (4)$$

где:

N_1, N_2 : уровни радиовещательного сигнала (дБм) на входе приемника воздушной службы на частотах радиовещательной службы f_1 и f_2 , соответственно

f_1, f_2 : частоты радиовещательной службы (МГц) $f_1 > f_2$

$K = 78$ для GBAS

L_c : поправочный коэффициент (дБ) для учета изменений уровня полезного сигнала (см. п. 4.3.3.3)

S : запас в 3 дБ для учета того, что уравнения для критериев помехоустойчивости приемника, соответствующие Приложению 10 ИКАО, не дают полной формулы для оценки совместимости.

б) *Случай трех сигналов*

$$\begin{aligned}
 N_1 - 20 \log\left(\frac{\max(0,4; 108,1 - f_1)}{0,4}\right) + \\
 N_2 - 20 \log\left(\frac{\max(0,4; 108,1 - f_2)}{0,4}\right) + \\
 N_3 - 20 \log\left(\frac{\max(0,4; 108,1 - f_3)}{0,4}\right) + K + 6 - L_c + S > 0,
 \end{aligned} \tag{5}$$

где:

- f_1, f_2, f_3 : частоты радиовещательной службы (МГц) $f_1 \geq f_2 > f_3$
 N_1, N_2, N_3 : уровни радиовещательного сигнала (дБм) на входе приемника воздушной службы на частотах радиовещательной службы f_1, f_2 и f_3 , соответственно
 $K = 78$ для GBAS
 L_c : поправочный коэффициент (дБ) для учета изменений уровня полезного сигнала (см. п. 4.3.3.3)
 S : запас в 3 дБ для учета того, что уравнения для критериев помехоустойчивости приемника, соответствующие Приложению 10 ИКАО, не дают полной формулы для оценки совместимости.

ТАБЛИЦА 3

Разность частот между полезным и радиовещательным сигналами (кГц)	Защитное отношение (дБ)
150	-41
200	-50
250	-59
300	-68

4.2.3.2 Коррекция сдвига частоты

До использования формул (4) и (5) к каждому сигналу должен быть применен поправочный коэффициент, приведенный в таблице 4, в соответствии со следующим выражением:

$$N \text{ (скорректированный)} = N - \text{ поправочный коэффициент.}$$

Помехи типа В1 не должны рассматриваться при разности частот, превышающей 150 кГц; в таких случаях уровни сигнала были бы столь высокими, что возникли бы помехи типа В2.

ТАБЛИЦА 4

Разность частот между полезным сигналом и интермодуляционной составляющей (кГц)	Поправочный коэффициент (дБ)
0	0
50	2
100	5
150	11

4.2.3.3 Поправочный коэффициент для учета изменения помехоустойчивости к помехе типа В1 в результате изменений уровней полезного сигнала

Для случаев двух и трех сигналов может применяться следующий поправочный коэффициент для системы GBAS:

$$L_c = N_A - N_{ref} \quad (6)$$

где:

- L_c : поправочный коэффициент (дБ) для учета изменений уровня полезного сигнала
- N_A : уровень полезного сигнала (дБм) на входе приемника воздушной службы
- N_{ref} : эталонный уровень (дБм) полезного сигнала на входе приемника воздушной службы для формулы помехоустойчивости к помехам типа В1
= -72 дБм для системы GBAS.

4.2.3.4 Значения срабатывания и отсечки (см. определения в Приложении 4)

$$\text{Значение срабатывания (дБм)} = \frac{(L_c - K - S)}{3} + 20 \log \left(\frac{\max(0,4; 108,1 - f)}{0,4} \right) \quad \text{дБм,} \quad (7)$$

где:

- L_c : поправочный коэффициент (дБ) (см. п. 4.2.3.3)
- $K = 78$ для системы GBAS в случае двух сигналов и
- $K = 84$ для системы GBAS в случае трех сигналов
- f : частота радиовещательной службы (МГц)
- S : запас в 3 дБ для учета того, что уравнения для критериев помехоустойчивости приемника, соответствующие Приложению 10 ИКАО, не дают полной формулы для оценки совместимости.

$$\text{Значение отсечки (дБм)} = -66 + 20 \log \left(\frac{\max(0,4; 108,1 - f)}{0,4} \right) \quad \text{дБм,} \quad (8)$$

где:

- f : частота радиовещательной службы (МГц).

Как показывает опыт, использование низких значений отсечки просто связывает дополнительные интермодуляционные составляющие с каждым значением срабатывания, но при низких уровнях возможных помех.

4.2.4 Помеха типа В2

При оценке помехи типа В2 может быть использована следующая эмпирическая формула для определения максимального уровня радиовещательного сигнала на входе бортового приемника GBAS, с тем чтобы не допустить возникновения возможных помех:

Для частот воздушной службы 108,025–111,975 МГц:

$$N_{max} = \min \left(15; -10 + 20 \log \left(\frac{\max(0,4; 108,1 - f)}{0,4} \right) \right) + L_c - S. \quad (9)$$

Для частот воздушной службы 112–117,975 МГц:

$$N_{max} = \min \left(15; 20 \log \left(\frac{\max(0,4; 108,1 - f)}{0,4} \right) \right) + L_c - S. \quad (10)$$

где:

- N_{max} : максимальный уровень (дБм) сигнала радиовещательной службы на входе приемника воздушной службы
- f : частота радиовещательной службы (МГц)
- S : запас в 3 дБ для учета того, что уравнения для критериев помехоустойчивости приемника, соответствующие Приложению 10 ИКАО, не дают полной формулы для оценки совместимости
- L_c : поправочный коэффициент (дБ) для учета изменений уровня полезного сигнала.
 $L_c = \max(0; 0,5(N_A - N_{ref}))$
- N_A : уровень полезного сигнала (дБм) на входе приемника воздушной службы
- N_{ref} : эталонный уровень (дБм) полезного сигнала на входе приемника воздушной службы для формулы помехоустойчивости к помехам типа В1
 $= -72$ дБм для системы GBAS.

Дополнение 1 к Приложению 1

Зона покрытия GBAS и минимальные значения напряженности поля

Выдержка из: "Международные стандарты, рекомендуемая практика и процедуры для аэронавигационного обслуживания: авиационная электросвязь, Приложение 10 к Конвенции о международной гражданской авиации, том I", Международная организация гражданской авиации, Монреаль, 1985 год.

Следующая выдержка относится к GBAS:

3.7.3.5.3 *Покрывтие*

3.7.3.5.3.1 Покрывтие системы GBAS для обеспечения каждого точного захода на посадку категории I должно быть следующим, за исключением случаев, обусловленных топографическими особенностями и допускаемых в соответствии с эксплуатационными требованиями:

- a) в поперечном направлении, начиная с расстояния 140 м (450 футов) от каждой стороны точки порога посадки/точки фиктивного порога посадки (LTP/FTP), и в проекции под углом ± 35 градусов от каждой стороны трассы посадочной прямой на расстояние 28 км (15 м. миль) и под углом ± 10 градусов от каждой стороны трассы посадочной прямой на расстояние 37 км (20 м. миль); и
- b) в вертикальном направлении (в поперечной области) – в пределах 7 градусов или 1,75 объявленного угла наклона траектории полета (GPA) относительно горизонтальной плоскости, начинающегося в точке захвата глиссады (GPIP), и 0,45 GPA относительно горизонтальной плоскости или, при необходимости, до такого меньшего угла (вплоть до 0,30 GPA), чтобы гарантировать выполнение объявленной процедуры захвата глиссады. Это покрытие применяется между высотами над точкой приземления (НАТ) от 30 м (100 футов) до 3000 м (10 000 футов).

ПРИМЕЧАНИЕ. – LTP/FTP и GPIP определены в Дополнении В, 3.6.4.5.1.

3.7.3.5.3.2 **Рекомендация** – Покрытие системы GBAS должно распространяться вплоть до высоты 3,7 м (12 футов) над ВПП.

3.7.3.5.3.3 **Рекомендация** – Передача данных должна быть ненаправленной для обеспечения работы будущих применений.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Материал для руководства, касающийся покрытия системы GBAS для обеспечения точного захода на посадку категории I и в отношении услуги определения местоположения GBAS, содержится в п. 7.3 прилагаемого Документа D.

3.7.3.5.4.4 Поляризация и напряженность поля радиосигнала при передаче данных

ПРИМЕЧАНИЕ. – Система GBAS может обеспечивать передачу сигналов данных на ОВЧ с горизонтальной поляризацией (GBAS/H) или эллиптической (GBAS/E) поляризацией, в которой используются составляющие горизонтальной поляризации (HPO) и вертикальной поляризации (VPO). Воздушное судно, использующее составляющую VPO, не сможет работать с оборудованием GBAS/H. Соответствующий материал для руководства содержится в п. 7.1 прилагаемого Документа D.

3.7.3.5.4.4.1 *GBAS/H.*

3.7.3.5.4.4.1.1 Должен передаваться горизонтально поляризованный сигнал.

3.7.3.5.4.4.1.2 Эффективная излучаемая мощность (э.и.м.) горизонтально поляризованного сигнала должна обеспечивать минимальную напряженность поля 215 микровольт на метр (-99 дБВт/м²) и максимальную напряженность поля 0,350 вольт на метр (-35 дБВт/м²) в пределах объема покрытия GBAS. Напряженность поля должна измеряться как среднее значение за период синхронизации и поля разрешения неоднозначности пакетного сигнала. Сдвиг фазы радиосигналов между HPO и любыми составляющими VPO должен быть таким, чтобы минимальная мощность сигнала, определенная в п. 3.6.8.2.2.3 Дополнения В, достигалась для пользователей HPO во всем объеме покрытия.

3.7.3.5.4.4.2 *GBAS/E.*

3.7.3.5.4.4.2.1 **Рекомендация** – Эллиптически поляризованный сигнал должен передаваться во всех возможных случаях.

3.7.3.5.4.4.2.2 Если передается эллиптически поляризованный сигнал, то горизонтально поляризованная составляющая должна удовлетворять требованиям, содержащимся в п. 3.7.3.5.4.4.1.2, а эффективная излучаемая мощность (э.и.м.) вертикально поляризованного сигнала должна обеспечивать минимальную напряженность поля 136 микровольт на метр (-103 дБВт/м²) и максимальную напряженность поля 0,221 вольт на метр (-39 дБВт/м²) в пределах объема покрытия GBAS. Напряженность поля должна измеряться как среднее значение за период синхронизации и поля разрешения неоднозначности пакетного сигнала. Сдвиг фазы радиосигналов между составляющими HPO и VPO должен быть таким, чтобы минимальная мощность сигнала, определенная в п. 3.6.8.2.2.3 Дополнения В, достигалась для пользователей HPO и VPO во всем объеме покрытия.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Минимальная и максимальная напряженности поля, приведенные в пп. 3.7.3.5.4.4.1.2 и 3.7.3.5.4.4.2.2, согласуются с минимальной чувствительностью приемника -87 дБм и минимальным расстоянием 200 метров (660 футов) от передающей антенны для диапазона покрытия 43 км (23 м. мили)".

Приложение 2

Общий метод оценки

СОДЕРЖАНИЕ

	<i>Стр.</i>
1 Введение.....	13
2 Местоположение и высота контрольных точек GBAS для каждой УРЗП	14
3 Применение общего метода оценки	16
4 Поправочные коэффициенты для антенн радиовещательных станций	19
Дополнение 1 – Местоположение контрольных точек с максимальными возможными помехами.....	21
Дополнение 2 – Соображения относительно максимальной напряженности поля и возможных помех.....	23

1 Введение

Цель настоящего Приложения – обеспечить метод оценки для анализа совместимости станций воздушных радионавигационных служб и станций в большом плане частотных присвоений радиовещательной службы. Методы, приведенные в Приложении 3, могут использоваться для проведения более детального анализа или для проверки полученных в ходе анализа результатов.

1.1 Основные принципы общего метода оценки

Главной целью общего метода оценки (ОМО) является расчет всех значительных возможных несовместимостей в воздушном пространстве в ряде определенных расчетных точек или контрольных точек (см. Примечание 1). Для определенного набора комбинаций частот радиовещательной и воздушной служб максимальная возможная несовместимость, ассоциируемая с конкретной воздушной службой, определяется в виде запаса по защитному отношению.

Необходимо расширить метод оценки совместимости, содержащийся в Женевском соглашении 1984 года, в связи с последующим усовершенствованием критериев совместимости и возникшей потребностью в более точном методе оценки. Кроме того, вследствие необходимости в выявлении и исследовании возможных несовместимостей, ассоциируемых с большим планом частотных присвоений, нужно разработать метод оценки, пригодный для эффективной автоматизированной реализации.

Общий метод оценки основан на необходимости защиты воздушной радионавигационной службы на заданных минимальных расстояниях разнесения (см. Примечание 1) от антенн радиовещательных станций, в зависимости от воздушной службы (GBAS) (см. Примечание 1) и особенностей использования этой службы.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – См. определения в Приложении 4.

1.2 Система GBAS

Зона УРЗП, применяемая в GBAS, которая используется для предоставления услуги определения местоположения, является круговой. Если же воздушное судно применяет GBAS в целях обеспечения точного захода на посадку, то каждая защищенная УРЗП будет такой же, что и для ILS. Поэтому контрольные точки, требуемые для системы GBAS, совпадают с контрольными точками для курсового всенаправленного радиомаяка ОБЧ-диапазона (VOR) при ее использовании с целью предоставления услуги определения местоположения. В случае применения GBAS для обеспечения точного захода на посадку требуемые контрольные точки для каждой поддерживаемой УРЗП будут теми же, что и для ILS.

2 Местоположение и высота контрольных точек GBAS для каждой УРЗП

2.1 Контрольные точки GBAS для точного захода на посадку

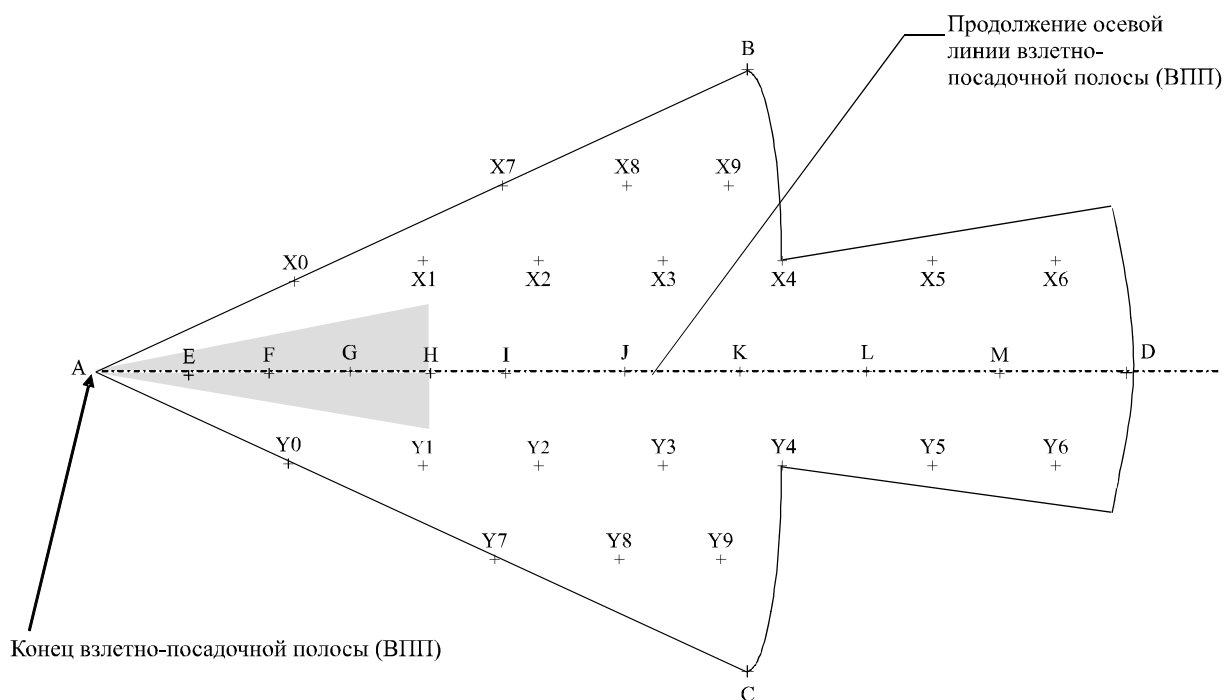
2.1.1 Фиксированные контрольные точки

Для каждой фиксированной контрольной точки, показанной на рисунке 3, в таблице 5 приведены значения минимальной высоты, расстояния от местоположения курсового радиомаяка и азимут относительно продолжения осевой линии взлетно-посадочной полосы (ВПП).

Фиксированные контрольные точки А, Е, F, G и Н имеют минимальную высоту (см. также п. 3.2.1) 0, 0, 150, 300 и 450 м, соответственно, над уровнем превышения конца ВПП. Эти значения представляют глиссаду с наклоном 3° . Минимальная высота всех других фиксированных контрольных точек равна 600 м.

РИСУНОК 3

Местоположения фиксированных контрольных точек в пределах каждой УРЗП GBAS



Примечание 1. – Заштрихованная зона простирается на 12 км от ВПП и находится в пределах $\pm 7,5^\circ$ относительно продолжения осевой линии.

1841-03

2.1.2 Контрольные точки, относящиеся к радиовещательным станциям

Если радиовещательная станция находится в пределах заштрихованной зоны на рисунке 3:

- то генерируется дополнительная контрольная точка, имеющая географические координаты радиовещательной станции и высоту антенны этой станции.

Если радиовещательная станция находится в пределах или ниже УРЗП GBAS, но вне заштрихованной зоны на рисунке 3, то генерируется дополнительная контрольная точка с географическими координатами этой радиовещательной станции. Минимальной высотой контрольной точки является наибольшее из следующих значений:

- 600 м над уровнем конца ВПП; или
- 150 м над уровнем антенны радиовещательной станции.

ТАБЛИЦА 5

Точки на продолжении осевой линии ВПП или над ней			Точки вне продолжения осевой линии ВПП (все на высоте 600 м)		
Обозначение	Расстояние (км)	Минимальная высота (м)	Обозначение	Расстояние (км)	Азимут относительно осевой линии ВПП (градусы)
A	0	0	B, C	31,5	-35; 35
E	3	0	X0, Y0	7,7	-35; 35
F	6	150	X1, Y1	12,9	-25,5; 25,5
G	9	300	X2, Y2	18,8	-17,2; 17,2
H	12	450	X3, Y3	24,9	-12,9; 12,9
I	15	600	X4, Y4	31,5	-10; 10
J	21,25	600	X5, Y5	37,3	-8,6; 8,6
K	27,5	600	X6, Y6	43,5	-7,3; 7,3
L	33,75	600	X7, Y7	18,5	-35; 35
M	40	600	X8, Y8	24,0	-27,6; 27,6
D	46,3	600	X9, Y9	29,6	-22,1; 22,1

2.2 Контрольные точки GBAS

2.2.1 Контрольные точки, относящиеся к радиовещательным станциям внутри каждой УРЗП

Контрольная точка имеет географические координаты радиовещательной станции с минимальной высотой, равной наибольшему из следующих значений:

- 600 м над уровнем местности (что приблизительно соответствует 600 м над уровнем местоположения радиовещательной станции); или
- 300 м над уровнем антенны радиовещательной станции.

2.2.2 Контрольные точки, относящиеся к радиовещательным станциям вне каждой УРЗП

Радиовещательные станции, расположенные вне УРЗП, но не более чем в 3 км от границы этой зоны, рассматриваются как в п. 2.2.1. Для станций, расположенных более чем в 3 км от границы зоны действия, но в пределах расстояний, определенных в п. 3.1.2, контрольная точка генерируется в ближайшей точке на границе УРЗП и на минимальной высоте, которой является наибольшее из следующих значений:

- 600 м над средним уровнем моря; или
- высота антенны радиовещательной станции над средним уровнем моря.

Контрольные точки на границе установленной зоны действия, которые разнесены менее чем на 250 м, рассматриваются как расположенные в одном месте.

2.2.3 Дополнительные контрольные точки

В пределах УРЗП могут быть определены дополнительные контрольные точки, чтобы охватить конкретное использование системы GBAS, например когда она используется в качестве средства обеспечения посадки или когда необходимо обеспечение обслуживания при угле места менее 0° (см. также п. 3.2.3.2).

3 Применение общего метода оценки

3.1 Общие положения

Критерии совместимости приведены в Приложении 1.

3.1.1 Выбор контрольных точек

Контрольные точки выбираются в соответствии с критериями, изложенными в п. 2.

3.1.2 Радиовещательные станции, которые должны быть включены в анализ в контрольной точке

Радиовещательные станции включаются в анализ в контрольной точке:

- если антенна радиовещательной станции и контрольная точка находятся на линии прямой видимости (см. определения в Приложении 4) и если вычисленный уровень сигнала превышает значение отсечки В1 (п. 4.2.3.4 Приложения 1);
- если значение напряженности поля при распространении в свободном пространстве (п. 3.3.7 Приложения 1) по крайней мере таково, что может вызвать несовместимость типов А1 или А2, или В2 (пп. 4.2 и 4.3 Приложения 1) при условии максимального расстояния разнесения 125 км в случаях помех типов А1 и В2.

3.1.3 Расчеты совместимости

Для оценки совместимости группы радиовещательных станций, удовлетворяющих условиям, определенным в п. 3.1.2, в любой выбранной контрольной точке (см. п. 3.1.1), необходимо:

- вычислить напряженность поля при распространении в свободном пространстве (п. 3.3.7 Приложения 1) для каждой радиовещательной станции в контрольной точке, учитывая наклонное расстояние (см. определения в Приложении 4), максимальную э.и.м. и характеристики антенны (см. п. 4);
- вычислить уровень сигнала GBAS;
- вычислить уровень мощности на входе приемника воздушной службы с использованием п. 3.4 Приложения 1.

С учетом частоты воздушной радионавигационной службы и данных, полученных выше, совместимость каждого типа помехи может быть оценена, как описано в пп. 3.1.3.1–3.1.3.4.

3.1.3.1 Помехи типа А1

Вычисляются частоты двух- или трехкомпонентных интермодуляционных составляющих, которые могут быть созданы любой подгруппой радиовещательных станций, расположенных в одном месте. Любая интермодуляционная составляющая, частота которой попадает в пределы 200 кГц частоты воздушной службы, подвергается дальнейшему анализу, чтобы определить, достаточна ли ее напряженность поля для создания помех типа А1, принимая во внимание критерии п. 4.2 Приложения 1.

3.1.3.2 Помехи типа А2

Анализируется каждая радиовещательная станция (определенная как в п. 3.1.2), чтобы определить, попадает ли ее частота в пределы 300 кГц частоты воздушной службы, и если попадает, достаточна ли напряженность ее поля, чтобы создать помехи типа А2, учитывая критерии, приведенные в п. 4.2.2 Приложения 1.

3.1.3.3 Помехи типа В1

На входе приемника воздушной службы вычисляются частоты двух- или трехкомпонентных интермодуляционных составляющих, которые могут быть созданы любой подгруппой радиовещательных станций (определенных как в п. 3.1.2), которые содержат по крайней мере одну компоненту, достигающую значения срабатывания (см. п. 4.2.3.4 Приложения 1) и для которых все компоненты находятся выше уровня отсечки (см. определения в Приложении 4) (см. п. 4.2.3.4 Приложения 1). Любая составляющая, частота которой попадает в пределы 150 кГц частоты воздушной службы, подвергается дальнейшему анализу, чтобы определить, достаточна ли сумма мощностей (дБм) на входе приемника воздушной службы (см. п. 3.4 Приложения 1), чтобы создать помехи типа В1, учитывая критерии, приведенные в п. 4.2.3 Приложения 1.

3.1.3.4 Помехи типа В2

Анализируется каждая радиовещательная станция (определенная как в п. 3.1.2), чтобы определить, достаточна ли ее мощность на входе приемника воздушной службы (см. п. 3.4 Приложения 1) (см. Примечание 1), чтобы создать помехи типа В2, принимая во внимание критерии, приведенные в п. 4.2.4 Приложения 1.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Используемый термин "эквивалентная входная мощность" означает "мощность на входе приемника воздушной службы с учетом всех зависящих от частоты коэффициентов".

3.2 Особые соображения, касающиеся оценок совместимости

3.2.1 Высоты контрольных точек, превышающие минимальные значения

Чтобы обеспечить рассмотрение всех случаев возможных помех типа В1, необходимо выполнить дополнительные расчеты для контрольных точек с большей высотой, при условии что высота таких точек не превышает:

- максимальной высоты УРЗП; или
- максимальной высоты, на которой может быть получено значение срабатывания.

Более детальные объяснения и причины ограничения высоты контрольных точек в целях предотвращения помех типа В1 приведены в п. 7 Дополнения 1.

3.2.2 Контрольные точки GBAS для точного захода на посадку

3.2.2.1 Фиксированные контрольные точки

При расчете напряженности поля используется наклонное расстояние между радиовещательной антенной и контрольной точкой. Однако оно ограничивается следующими минимальными значениями:

- 150 м, если радиовещательная станция расположена в заштрихованной зоне на рисунке 3; или
- 300 м, если радиовещательная станция расположена вне заштрихованной зоны на рисунке 3.

3.2.2.2 Контрольные точки, относящиеся к радиовещательным станциям

Если радиовещательная станция находится в пределах заштрихованной зоны на рисунке 3:

- производятся дополнительные расчеты при горизонтальном расстоянии разнесения 150 м между контрольной точкой и станцией с использованием максимального значения э.и.м. и высоты, определенной в п. 2.1.2.

Если радиовещательная станция находится в пределах или ниже УРЗП GBAS, но вне заштрихованной зоны на рисунке 3:

- производятся дополнительные расчеты для контрольной точки, расположенной над радиовещательной станцией на высоте, определенной в п. 2.1.2. Используется соответствующий максимальный поправочный коэффициент для диаграммы направленности в вертикальной плоскости, полученный в п. 4.4.

3.2.3 Контрольные точки для определения местоположения с использованием GBAS

3.2.3.1 Дополнительные контрольные точки

В расчетах напряженности поля используется наклонное расстояние между антенной радиовещательной станции и любой дополнительной контрольной точкой (см. п. 2.2.3). Однако это расстояние ограничивается минимальным значением 300 м.

3.2.4 Расчет напряженности поля GBAS в контрольных точках

В контрольных точках с углами места больше 0° и меньше $2,5^\circ$ применяется следующая формула для установок, в которых передающая антенна GBAS расположена на высоте не более 7 м над уровнем земли:

$$E_{GBAS} = E_{MIN} + \max(20 \log(\theta D_{MX} / D_{TP}); 0), \quad (11)$$

где:

E_{MIN} : минимальная напряженность поля, определенная ИКАО (46 дБ(мкВ/м))

D_{MX} : установленная дальность действия GBAS (км) в направлении на контрольную точку

D_{TP} : наклонное расстояние (км) от передатчика GBAS до контрольной точки

θ : угол места (градусы) контрольной точки относительно антенны GBAS задается выражением:

$$\theta = \tan^{-1} \left(\left[H_{TP} - H_{GBAS} - (D_{TP}/4,1)^2 \right] / [1000 D_{TP}] \right), \quad (12)$$

где:

H_{TP} : высота контрольной точки (м) над уровнем моря

H_{GBAS} : высота антенны GBAS (м) над уровнем моря.

Для углов места, превышающих $2,5^\circ$, напряженность поля вычисляется с использованием угла места $2,5^\circ$.

Для установок, где передающая антенна GBAS расположена на высоте более 7 м над уровнем земли или где требуется обслуживание при углах места меньше 0° , минимальное значение напряженности поля GBAS (46 дБ(мкВ/м)) должно использоваться для всех контрольных точек.

Описанный выше метод является методом интерполяции, основанном на минимальном значении напряженности поля, и поэтому требование в отношении запаса по надежности отсутствует.

3.2.5 Расчет возможных помех типа A1

Побочные излучения, за исключением излучаемых интермодуляционных составляющих, в качестве общей меры должны поддерживаться на столь низком уровне, чтобы их можно было не рассматривать при дальнейшем анализе совместимости. Следовательно, расчет помех типа A1 производится только для случая излучаемых интермодуляционных составляющих, создаваемых радиовещательными станциями, расположенными в одном месте.

Поскольку э.и.м. интермодуляционной составляющей может быть неизвестна, запас на помеху типа A1 вычисляется косвенно с учетом значения напряженности мешающего поля в контрольной точке для каждой из передач расположенных в одном месте радиовещательных станций наряду с соответствующим значением подавления помех типа A1 для каждого передатчика.

Запас на помеху типа A1 вычисляется следующим образом:

$$IM = \max((E_i - S_i); \dots; (E_N - S_N)) + PR - E_w, \quad (13)$$

где:

- M : запас на помеху типа А1 (дБ)
- N : число интермодуляционных составляющих ($N = 2$ или 3)
- E_i : напряженность мешающего поля (дБ(мкВ/м)) i -го радиовещательного передатчика в контрольной точке
- S_i : подавление помех типа А1 (дБ) i -го радиовещательного передатчика
- PR : защитное отношение (дБ), соответствующее разности между частотами интермодуляционной составляющей и воздушной службы (см. таблицу 2)
- E_w : напряженность поля (дБ(мкВ/м)) сигнала воздушной службы в контрольной точке (не менее 46 дБ(мкВ/м) для GBAS).

В случае когда известно значение подавления помех типа А1 для радиовещательного передатчика, оно должно использоваться при расчете совместимости.

3.2.6 Расчет возможных помех типа В1

Чтобы обеспечить получение результатов для худшего случая по помехам типа В1 для расположенных близко друг от друга радиовещательных станций, любая радиовещательная станция, находящаяся в пределах 3 км от контрольной точки, рассматривается как расположенная под этой контрольной точкой (см. также Дополнение 1).

3.2.7 Расчет возможных помех типа В2

При расчете возможных помех типа В2 уровни сигнала воздушной службы не могут быть изменены, и поэтому используется минимальное значение 46 дБ(мкВ/м) для GBAS.

3.2.8 Помехи, создаваемые несколькими источниками

В принципе, должно учитываться комбинированное влияние нескольких источников возможных помех на воздушную службу в данной контрольной точке. Однако в рамках общего метода оценки:

- использование метода расчетов в свободном пространстве обычно дает завышенные значения напряженности поля любых радиовещательных сигналов;
- использование метода расчетов, приведенных в п. 3.2.4, обычно дает заниженные значения напряженности поля любых сигналов воздушной службы.

Поэтому в общем методе оценки не представляется необходимым учитывать помехи, создаваемые несколькими источниками.

Однако в случае расчетов совместимости А1, когда разность частот между полезным сигналом и побочными излучениями равна 0 или 50 кГц, защитное отношение должно быть увеличено на 3 дБ, чтобы обеспечить запас по надежности.

4 Поправочные коэффициенты для антенн радиовещательных станций

4.1 Общие положения

При расчете значений напряженности поля учитываются направленные свойства передающих антенн радиовещательных станций (п. 3.3.7 Приложения 1).

4.2 Поляризация развязка

Поляризационная развязка между передачами радиовещательной и воздушной служб не принимается в расчет (за исключением замечания в п. 3.3.7 Приложения 1).

4.3 Диаграмма направленности в горизонтальной плоскости

Для радиовещательной станции, имеющей направленную антенну, данные диаграммы направленности в горизонтальной плоскости определяются с интервалом в 10° , начиная с истинного севера. Поправочный коэффициент диаграммы направленности в горизонтальной плоскости, H (дБ), задается следующим выражением:

$$H = (\text{э.и.м. в соответствующем направлении}) - (\text{максимальная э.и.м.}). \quad (14)$$

4.4 Поправочные коэффициенты для диаграммы направленности в вертикальной плоскости

Поправочные коэффициенты диаграммы направленности в вертикальной плоскости применяются только при углах места над горизонтальной плоскостью вокруг антенны радиовещательной станции.

В качестве антенн радиовещательных станций применяют как простые антенны, например диполь, часто используемый на станциях малой мощности, так и более сложные многоэлементные антенны, которые используются на очень мощных станциях.

В случае, когда апертура реальной антенны неизвестна, используется таблица 6, основанная на статистическом анализе эксплуатационной практики, чтобы соотнести максимальную э.и.м. с вертикальной апертурой.

Поправочные коэффициенты диаграммы направленности в вертикальной плоскости, описанные в пп. 4.4.1 и 4.4.2, одинаково применимы к передачам как с горизонтальной, так и с вертикальной поляризацией, и указанные граничные значения учитывают худший случай наклонной трассы.

ТАБЛИЦА 6

Максимальная э.и.м. (дБВт)	Вертикальная апертура в длинах волн
э.и.м. ≥ 44	8
$37 \leq \text{э.и.м.} < 44$	4
$30 \leq \text{э.и.м.} < 37$	2
э.и.м. < 30	1

4.4.1 Поправочные коэффициенты для вертикальных апертур в две или более длин волн

Для того чтобы смоделировать огибающую диаграммы направленности антенн с апертурой в две или более длин волн в вертикальной плоскости, вычисляется соответствующий поправочный коэффициент, V (дБ), по следующей формуле:

$$V = -20 \log (\pi A \sin \theta), \quad (15)$$

где:

A : вертикальная апертура (длины волн)

θ : угол места (относительно горизонтальной плоскости).

Следует отметить, что при малых углах места это выражение может давать положительные значения V . В таких случаях V устанавливается в 0 дБ (т. е. поправочный коэффициент диаграммы направленности в вертикальной плоскости не применяется).

При больших углах места значение V ограничено -14 дБ, т. е. $0 \geq V \geq -14$ дБ.

Если известен реальный максимальный поправочный коэффициент диаграммы направленности в вертикальной плоскости, он должен использоваться в качестве граничного значения вместе -14 дБ.

4.4.2 Поправочные коэффициенты для вертикальных апертур менее чем в две длины волны

При использовании антенн с малым усилением (антенн, вертикальная апертура которых составляет менее двух длин волн) значения, приведенные в таблице 7, характеризуют огибающую диаграммы направленности в вертикальной плоскости.

Для промежуточных углов используется линейная интерполяция.

ТАБЛИЦА 7

Угол места (градусы)	Поправочный коэффициент диаграммы направленности в вертикальной плоскости (дБ)
0	0
10	0
20	-1
30	-2
40	-4
50	-6
60	-8
70	-8
80	-8
90	-8

4.4.3 Поправочные коэффициенты для диаграммы направленности в вертикальной плоскости для побочных излучений в полосе частот 108–118 МГц

Поправочные коэффициенты диаграммы направленности в вертикальной плоскости, приведенные в пп. 4.4.1 и 4.4.2, применяются также для побочных излучений в полосе 108–118 МГц.

4.5 Сочетание диаграмм направленности в горизонтальной и вертикальной плоскостях

Соответствующие значения (в дБ) поправочных коэффициентов диаграмм направленности в горизонтальной и вертикальной плоскостях складываются арифметически, при условии что максимальный комбинированный поправочный коэффициент равен наибольшему из двух значений –20 дБ или максимальному поправочному коэффициенту диаграммы направленности в вертикальной плоскости. При углах места более 45° поправочные коэффициенты диаграмм направленности в горизонтальной плоскости не используются.

Дополнение 1 к Приложению 2

Местоположение контрольных точек с максимальными возможными помехами

Объяснение общего метода оценки (ОМО)

В данном дополнении поясняется взаимосвязь между местоположением контрольных точек и местными максимальными возможными помехами в отношении ОМО.

1 Воздушное судно находится на той же высоте, что и антенна радиовещательной станции

Рассмотрим ситуацию, когда воздушное судно пролетает недалеко от радиовещательной станции. Если воздушное судно летит на такой же высоте, как и высота антенны радиовещательной станции, максимальное значение напряженности поля радиовещательной станции, воспринимаемое воздушным судном, будет находиться в точке минимального приближения воздушного судна к станции. В случае ненаправленной антенны радиовещательной станции точки максимальной напряженности поля лежат на круге, в центре которого находится антенна.

2 Воздушное судно находится на большей высоте, чем антенна радиовещательной станции

Если воздушное судно летит на постоянной высоте по радиальной линии по направлению к антенне и над местоположением антенны радиовещательной станции, точка максимальной напряженности поля находится непосредственно над антенной (см. Дополнение 2 к Приложению 2).

3 Взаимосвязь между вертикальным и горизонтальным расстояниями разнесения

Если максимальное значение поправочного коэффициента диаграммы направленности антенны радиовещательной станции в вертикальной плоскости составляет -14 дБ, максимальное значение напряженности поля, получаемое при вертикальном разнесении на расстояние u м, является таким же, как при разнесении на расстояние $5u$ м в горизонтальной плоскости, проходящей через антенну радиовещательной станции (когда поправочный коэффициент диаграммы направленности в вертикальной плоскости равен 0 дБ).

4 Местоположение максимальных возможных помех

При расчетах помех типов A1, A2 и B2 концепции вертикального и горизонтального разнесения эквивалентны, потому что источники радиовещательных сигналов имеют общее местоположение. В случае помех типа B2 источники помех, как правило, расположены в разных местах, и местоположение максимальных возможных помех может быть неочевидным сразу, если используется концепция горизонтального разнесения.

Однако если используется концепция вертикального разнесения, то точка максимальных возможных помех находится над одной из радиовещательных антенн (см. Дополнение 2 к Приложению 2).

Таким образом, были определены две (или три) особые точки для расчетов для худшего случая без необходимости выбора большого числа расчетных точек в некотором трехмерном пространстве.

5 Контрольные точки для обеспечения услуги определения местоположения с использованием GBAS

В ОМО этот прямой подход используется для расчетов совместимости системы определения местоположения на основе GBAS; он расширен посредством дополнительных контрольных точек, расположенных на границе (или вблизи) УРЗП, с тем чтобы обеспечить должный учет радиовещательных станций за пределами УРЗП.

6 Контрольные точки для обеспечения точного захода на посадку с использованием GBAS

В отличие от ситуации, относящейся к системе определения местоположения с использованием GBAS, в пределах или ниже УРЗП системы точного захода на посадку GBAS расположено сравнительно немного радиовещательных станций. Следовательно, легче показать, что совместимость была полностью оценена с помощью набора фиксированных контрольных точек в дополнение к контрольным точкам, генерируемым над радиовещательными станциями в пределах УРЗП или вблизи них.

В пределах заштрихованной зоны на рисунке 3 выбираются контрольные точки, позволяющие оценить совместимость, начиная с уровня земли и выше, и выбранные высоты контрольных точек представляют глиссаду с наклоном 3° .

7 Влияние увеличения высоты контрольной точки

Расчеты двух- или трехкомпонентных возможных помех типа B1 дают результаты наихудшего случая при минимальной высоте контрольной точки для любой данной подгруппы радиовещательных станций, находящихся на линии прямой видимости с контрольной точкой. Однако при больших высотах контрольной точки на линии прямой видимости с такой точкой могут оказаться дополнительные радиовещательные станции, что потребует дополнительных вычислений, с тем чтобы определить могут ли эти станции способствовать возникновению возможных помех типа B1. Любая возможная помеха имеет максимальное значение на минимальной высоте, на которой все соответствующие радиовещательные станции находятся на линии прямой видимости с контрольной

точкой. Максимальная высота, которую необходимо рассматривать, равна наименьшему из следующих значений:

- максимальная высота УРЗП; или
- максимальная высота, на которой уровень сигнала радиовещательной станции достигает значения срабатывания.

Дополнение 2 к Приложению 2

Соображения относительно максимальной напряженности поля и возможных помех

1 Максимальная напряженность поля

Рассмотрим воздушное судно, летящее по трассе на постоянной высоте вдоль радиальной линии по направлению к радиовещательной станции, причем высота воздушного судна превышает высоту радиовещательной антенны (см. рисунок 4).

Ниже используются следующие обозначения:

- P : э.и.м. (дБВт)
- h : разность высот (км)
- d : наклонное расстояние (км)
- θ : угол места относительно горизонтальной плоскости в местоположении радиовещательной антенны
- V : поправочный коэффициент для диаграммы направленности в вертикальной плоскости (дБ).

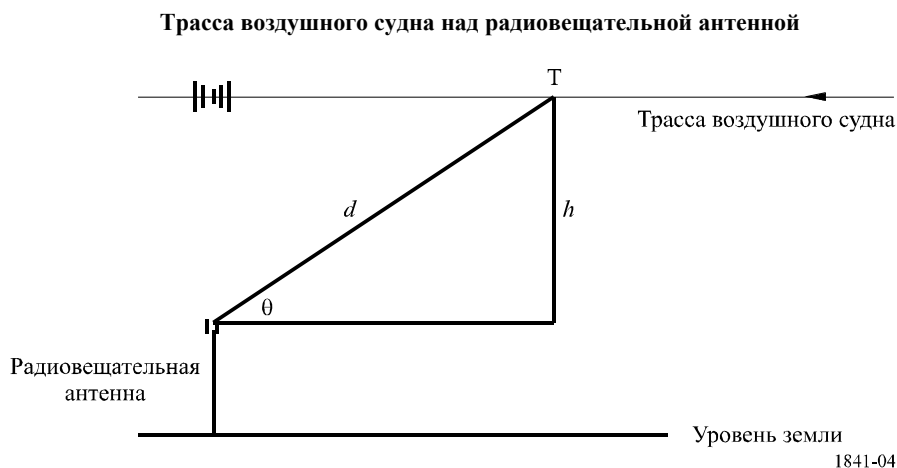
В любой точке T напряженность поля E (дБ(мкВ/м)) (Примечание 1) задается следующим выражением (см. п. 3.3.7 Приложения 1):

$$E = 76,9 + P - 20 \log d + V. \quad (16)$$

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Для упрощения предполагается, что поправочный коэффициент для диаграммы направленности в горизонтальной плоскости не используется.

Поправочный коэффициент диаграммы направленности в вертикальной плоскости моделируется формулой $-20 \log (\pi A \sin \theta)$, где A – вертикальная апертура антенны (в длинах волн), при условии что при больших значениях угла θ используется максимальное значение поправочного коэффициента.

РИСУНОК 4



1.1 При малых значениях θ (когда значение V находится между 0 и максимальным значением)

$$E = 76,9 + P - 20 \log d - 20 \log (\pi A \sin \theta), \quad (17)$$

но $d = h / \sin \theta$,

поэтому:

$$E = 76,9 + P - 20 \log \left(\frac{h \pi A \sin \theta}{\sin \theta} \right) = 76,9 + P - 20 \log (h \pi A). \quad (18)$$

Таким образом, значение напряженности поля постоянное.

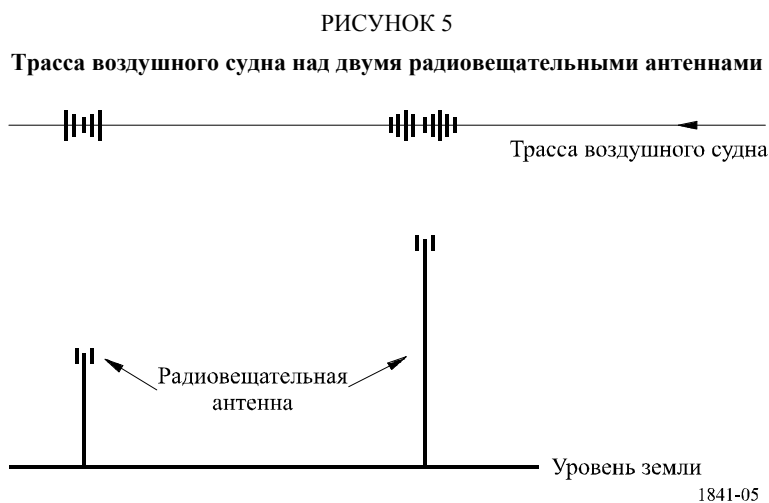
1.2 При больших значениях θ (когда V достигает своего максимального значения), что происходит вблизи радиовещательной станции (заштрихованная зона на рисунке 4), поправочный коэффициент для диаграммы направленности в вертикальной плоскости остается постоянным при максимальном значении. Тогда:

$$E = 76,9 + P - 20 \log d + \text{constant} . \quad (19)$$

Максимальное значение напряженности поля обеспечивается, когда d достигает минимального значения ($= h$), т. е. непосредственно над радиовещательной антенной.

2 Максимальные возможные помехи типа В1

Рассмотрим воздушное судно, летящее по трассе на постоянной высоте над линией, соединяющей две радиовещательные антенны (см. рисунок 5).



За пределами заштрихованных зон значения напряженности поля постоянны (как описано в п. 1.1), их сумма постоянна, и, следовательно, возможные помехи типа В1 также постоянны.

В пределах каждой заштрихованной зоны значение напряженности поля ближайшего передатчика увеличивается до местного максимума непосредственно над его антенной (как описано в п. 1.2).

В общем методе оценки исследуются оба местных максимума, позволяя таким образом определить худший случай.

Аналогичные соображения применимы к случаю трех станций.

Приложение 3

Детальная оценка совместимости и практическая проверка

СОДЕРЖАНИЕ

	<i>Стр.</i>
1 Введение.....	25
2 Вопросы, требующие особого внимания	25
2.1 Прогнозирование напряженности поля радиовещательных сигналов.....	25
2.2 Соображения, касающиеся контрольных точек	26
2.3 Соображение, касающееся работающих станций	26
3 Помеха, создаваемая несколькими источниками.....	26
4 Детальная оценка совместимости.....	27
5 Процедура практической проверки.....	27
6 Резюме.....	27

1 Введение

При использовании общего метода оценки (ОМО) прогнозируется больше возможных несовместимостей с воздушной радионавигационной службой, чем это может оказаться на практике. Однако результаты коррелированных испытаний показывают, что если при анализе совместимости используются измеренные данные, то результаты расчетов согласуются с полученными на практике. Таким образом, использование измеренных данных повышает точность анализа совместимости.

В качестве дополнения к ОМО может быть проведен детальный анализ для каждого конкретного случая с использованием параметров, полученных с помощью моделей с повышенными степенями точности. Такие модели могут использоваться индивидуально или в сочетании. Они приближаются к практическому опыту, когда вычисленные значения отдельных параметров приближаются к измеренным значениям. Преимущество данного метода моделирования заключается в том, что обеспечивается возможность эффективного анализа совместимости и получения точных результатов без необходимости обширных летных испытаний и без связанных с этим практических трудностей.

2 Вопросы, требующие особого внимания

2.1 Прогнозирование напряженности поля радиовещательных сигналов

Прогнозирование напряженности поля радиовещательных сигналов в общем методе оценки основано на распространении в свободном пространстве. Однако, как показывают измерения, такой подход может привести к весьма завышенным значениям в случае, когда передающая и приемная антенны находятся на малой высоте (например, менее 150 м) над уровнем земли.

В общем случае невозможно произвести расчеты, которые были бы более близки к практике, чем расчеты, основанные на распространении в свободном пространстве, поскольку нелегко получить достаточно данных относительно конкретной трассы распространения между антенной радиовещательной станции и контрольной точкой. В частности, необходимые данные о профиле местности вдоль такой трассы. Однако если такую информацию можно получить, например, из банка топографических данных, могут быть произведены более реалистичные расчеты напряженности поля. По указанным выше соображениям ожидается, что значения напряженности поля, вычисленные более детальным методом, в частности для трасс распространения с частичным экранированием земной поверхностью, будут существенно ниже, чем значения, полученные при распространении в свободном пространстве. При этих обстоятельствах более детальные методы расчета напряженности поля приведут к значительному уменьшению возможной несовместимости.

2.2 Соображения, касающиеся контрольных точек

Предпринимая детальный анализ для любой контрольной точки, в которой с помощью ОМО была выявлена возможная несовместимость, необходимо проверить справедливость выбора контрольной точки в отношении зоны действия воздушной службы. Поскольку ОМО генерирует контрольные точки автоматически, возможно, что некоторые контрольные точки совпадают с местоположениями, где в соответствии с опубликованной аэронавигационной документацией:

- воздушные суда не могут совершать полеты вследствие естественных или искусственных препятствий;
- воздушным судам не разрешается совершать полеты вследствие конкретных полетных ограничений;
- пилотам не рекомендуется использовать аэронавигационное оборудование, поскольку известно, что в определенном районе оно дает недостоверные данные.

Кроме того, при некоторых обстоятельствах контрольные точки, генерируемые ОМО, расположены ниже и поэтому вне зоны обслуживания УРЗП системы определения местоположения с использованием GBAS. В частности, это может иметь место с установками GBAS малой мощности.

2.3 Соображение, касающееся работающих станций

Поскольку ОМО предназначен для расчета всех значительных возможных несовместимостей в зоне действия воздушной службы, был включен ряд предположений для наихудшего случая. Таким образом, вероятно будет иметь место переоценка возможных помех, и можно обнаружить, что ОМО указывает на возможные помехи в ситуациях, когда соответствующие станции воздушной службы и радиовещательной службы работают все вместе, и на практике никаких проблем, связанных с помехами, не возникает. Такие ситуации должны быть рассмотрены, поскольку они могут предоставлять полезную информацию, которая позволит усовершенствовать метод оценки.

3 Помеха, создаваемая несколькими источниками

В случае, когда имеются измеренные значения или достаточно точные прогнозы значений напряженности поля полезных и мешающих сигналов, необходимо учитывать несколько интермодуляционных составляющих для каждого типа помехи. Это можно сделать, суммируя мощность индивидуальных запасов на помеху, IM , в каждой данной контрольной точке.

Общий запас на помеху, IM (дБ), задается следующим выражением:

$$IM = 10 \log \left(\sum_{i=1}^N 10^{(IM_i/10)} \right), \quad (20)$$

где:

N : число индивидуальных запасов на помеху

IM_i : значение i -го запаса на помеху.

4 Детальная оценка совместимости

При детальном анализе совместимости для каждого конкретного случая должны использоваться наиболее точные имеющиеся данные. В частности, точность расчетов совместимости может быть повышена путем:

- замены прогнозируемой диаграммы направленности радиовещательной антенны в горизонтальной плоскости диаграммой, измеренной на установленной антенне;
- замены прогнозируемой диаграммы направленности радиовещательной антенны в вертикальной плоскости (см. Приложение 2, п. 4) диаграммой, измеренной на установленной антенне.

Дальнейшего повышения точности расчетов совместимости можно добиться:

- заменой прогнозируемых уровней радиовещательных сигналов значениями, измеренными в ходе летных испытаний;
- заменой прогнозируемых уровней сигналов воздушной службы значениями, измеренными в ходе летных испытаний.

5 Процедура практической проверки

Проверка результатов расчетов для оценки совместимости может быть проведена путем:

- измерения уровней радиовещательных сигналов на входе приемника воздушной службы;
- измерения уровня сигнала воздушной службы на входе своего приемника;
- использования приемника воздушной службы с характеристиками, измеренными в ходе стендовых испытаний, с учетом соответствующего диапазона уровней сигналов радиовещательной и воздушной служб и диапазона частот, а также разницы между измеренными характеристиками и характеристиками, используемыми в теоретических расчетах;
- использования приемной антенны воздушного судна с измеренными диаграммой направленности и частотными характеристиками, учитывая разницу между измеренными характеристиками и характеристиками, используемыми в теоретических расчетах.

Особенно важно использовать приемные антенны воздушных судов с измеренными характеристиками, если желательно провести точное сравнение прогнозируемых значений напряженности поля радиовещательных станций с уровнями их сигналов на входе приемника воздушной службы.

6 Резюме

Большая точность может быть получена при расчетах для оценки совместимости с использованием более точных данных, например:

- измеренные диаграммы направленности антенн радиовещательных станций в горизонтальной плоскости;
- измеренные диаграммы направленности антенн радиовещательных станций в вертикальной плоскости.

Проверить расчеты для оценки совместимости можно с использованием:

- измеренных уровней радиовещательных сигналов;
- измеренных уровней сигналов воздушной службы;
- приемника воздушной службы с измеренными характеристиками;
- приемной антенны воздушного судна с измеренными диаграммой направленности и частотными характеристиками.

Приложение 4

Определения

Сборник аэронавигационной информации (AIP)

Документ, публикуемый соответствующим государством, предоставляющим обслуживание, в котором, среди прочих вопросов, описываются характеристики и УРЗП аэронавигационного оборудования.

Поправочные коэффициенты для антенны

Это коэффициенты уменьшения эффективной излучаемой мощности (э.и.м.) в определенных азимутальных пеленгах и углах места относительно значения э.и.м. в направлении максимального излучения. Они обычно указываются как поправочные коэффициенты в горизонтальной и вертикальной плоскостях в дБ.

CAT I

Точный заход на посадку и посадка по приборам при высоте принятия решения не ниже 60 м (200 футов) и видимости не хуже 800 м или дальности видимости на ВПП не хуже 550 м.

Установленная рабочая зона покрытия УРЗП

Зона, в пределах которой удовлетворяются эксплуатационные требования воздушной службы; это область покрытия, указываемая в документах воздушной службы.

Расстояние и вычисление расстояния

Если два местоположения разнесены более чем на 100 км, то расстояние между ними вычисляется как кратчайшее расстояние по дуге большого круга. Для расстояний менее 100 км учитываются высота передающей антенны радиовещательной станции и высота контрольной точки, а если они находятся на линии прямой видимости, вычисляется наклонное расстояние.

Эффективный радиус Земли

Для вычисления расстояний используется эффективный радиус Земли, значение которого составляет 4/3 от значения истинного радиуса Земли.

Угол места

Угол относительно горизонтали между двумя точками (положительный выше горизонтали), рассчитываемый с использованием значения эффективного радиуса Земли, определенного выше (см. рисунок 4).

Флажок; флажковая сигнализация

Устройство визуальной предупредительной сигнализации, появляющееся на индикаторе пилота, связанном с приемником GBAS, которое указывает, когда приемник находится в нерабочем состоянии, когда он функционирует неудовлетворительно или когда уровень сигнала или качество принятого сигнала ниже приемлемых значений.

Наземная система функционального дополнения (GBAS)

Система функционального дополнения, в которой воздушное судно принимает спутниковую навигационную информацию функционального дополнения непосредственно с наземного передатчика.

Приложение 10 ИКАО

"Международные стандарты, Рекомендуемая практика и Правила аэронавигационного обслуживания: Авиационная электросвязь, Приложение 10 к Конвенции о международной гражданской авиации, том I", Международная организация гражданской авиации.

Система посадки по приборам (ILS)

Радионавигационная система, определенная в Приложении 10 ИКАО и принятая в международном масштабе как действующая стандартная система обеспечения точного захода на посадку и посадки для воздушных судов.

Линия прямой видимости

Трасса без препятствий между двумя местоположениями с учетом эффективного радиуса Земли, определенного выше.

Минимальные расстояния разнесения

Минимальные горизонтальные и вертикальные расстояния разнесения, определяющие зону вокруг радиовещательной антенны, в которой обычно не летают воздушные суда.

Возможная несовместимость

Возможная несовместимость считается имеющей место, когда в контрольной точке не удовлетворяются согласованные защитные критерии.

Государство, предоставляющее обслуживание

Орган, ответственный за предоставление аэронавигационного обслуживания в стране или в другом определенном районе.

Порог взлетно-посадочной полосы

Начало той части взлетно-посадочной полосы (ВПП), которая используется для посадки.

Точка касания взлетно-посадочной полосы

Точка на взлетно-посадочной полосе, определяющая начало поверхности, где колеса самолета могут коснуться земли, обычно за порогом ВПП.

Конец взлетно-посадочной полосы

Точка на взлетно-посадочной полосе, определяющая конец ВПП, которая используется для посадки.

Наклонное расстояние

Кратчайшее расстояние между двумя точками над поверхностью Земли (например, расстояние между радиовещательной антенной и контрольной точкой).

Контрольная точка

Точка, для которой проводится расчет совместимости. Она полностью определяется такими параметрами, как географические координаты и высота.

Значение срабатывания

Минимальное значение ЧМ радиовещательного сигнала, подача которого на вход приемника воздушной службы способна вызвать образование интермодуляционной составляющей третьего порядка, мощность которой достаточна для создания возможных помех мощности.

Всенаправленный радиомаяк (ОВЧ-диапазона) (VOR)

Навигационное средство, действующее на короткие расстояния (обычно приблизительно до 370 км или 200 морских миль), которое обеспечивает воздушное судно непрерывной и передаваемой в автоматическом режиме информацией о пеленге из известного местоположения на земле.
