

РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R S.1340<sup>\*,\*\*</sup>**Совместное использование частот в полосе 15,4–15,7 ГГц фидерными линиями подвижной спутниковой службы в направлении Земля–космос и воздушной радионавигационной службой**

(Вопрос МСЭ-R 243/4)

(1997)

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

*учитывая,*

- a) что Резолюция 117 Всемирной административной радиоконференции (Женева, 1995 г.) (ВАРК-95) предусматривает проведение Сектором МСЭ-R исследований возможности и условий совместного использования частот в полосе 15,45–15,65 ГГц фидерными линиями (Земля–космос) подвижной спутниковой службы (ПСС) и воздушной радионавигационной службой;
- b) что полоса 15,4–15,7 ГГц распределена воздушной радионавигационной службе на первичной основе и, что применяется п. 953 (S4.10) Регламента радиосвязи (PP);
- c) что ВКР-95 дополнительно распределила частоты в полосе 15,45–15,65 ГГц фиксированной спутниковой службе (ФСС) для фидерных линий негеостационарных (НГСО) спутниковых сетей ПСС в направлении Земля–космос;
- d) что в данной полосе необходимо разместить фидерные линии (Земля–космос) НГСО спутников ПСС;
- e) что излучения станций воздушной радионавигационной службы могут создавать недопустимые помехи работе спутников;
- f) что администрациям, эксплуатирующим станции воздушной радионавигационной службы, настоятельно рекомендуется ограничить среднюю величину э.и.и.м. до 42 дБВт для того, чтобы уменьшить помехи НГСО спутникам; эта величина может быть пересмотрена и исследована Сектором МСЭ-R (см. п. S5.511C PP);
- g) что считается непрактичным проводить координацию излучений станций воздушной радионавигации с фидерными линиями космических станций;
- h) что сигналы фидерных линий земных станций, распространяющиеся вдоль земной поверхности, могут создать вредные помехи станциям воздушной радионавигации;
- j) что для защиты воздушной радионавигационной службы в соответствии с п. S5.511C PP были установлены определенные ограничения параметров фиксированной спутниковой службы;
- k) что эта полоса достаточно широко используется станциями воздушной радионавигационной службы, расположенными на воздушных судах, земной поверхности и в океане;
- l) что в соответствии с п. S5.511B PP станциям, расположенным на воздушных судах, не позволено вести передачи в полосе 15,45–16,45 ГГц;

---

\* Данная Рекомендация должна быть доведена до сведения 8-й Исследовательской комиссии по радиосвязи.

\*\* В 2001 году 4-я Исследовательская комиссия по радиосвязи внесла в эту Рекомендацию редакционные поправки в соответствии с Резолюцией МСЭ-R 44 (AP-2000).

- м) что технические и эксплуатационные характеристики станций воздушной радионавигационной службы достаточно хорошо известны;
- п) что технические и эксплуатационные характеристики фидерных линий не определены;
- о) что для того, чтобы обеспечить защиту станций воздушной радионавигации, требуется методика определения координационных расстояний и дистанций разнеса между земными станциями фидерных линий и станциями воздушной радионавигации;
- р) что по всем вопросам, поставленным во всех предыдущих пунктах раздела *учитывая*, были проведены исследования,

*рекомендует*

**1** что использование фидерных линий ПСС должно быть ограничено полосой 15,43–15,63 ГГц (см. Примечание 1);

**2** что эффективные значения э.и.и.м. излучения станций воздушной радионавигации ( $E_{eff}$ ), не должны превышать следующих значений:

**2.1** для систем посадки самолетов и для фидерных линий с шириной полосы более 3 МГц:

$$E_{eff} = \begin{cases} 53 & \text{дБВт} & \text{для} & 0 \leq \varphi < 8 \\ 53 - 0,833(\varphi - 8) & \text{дБВт} & \text{для} & 8 \leq \varphi < 14 \\ 48 & \text{дБВт} & \text{для} & 14 \leq \varphi < 32 \\ 48 - 9(\varphi - 32) & \text{дБВт} & \text{для} & 32 \leq \varphi < 34 \\ 30 & \text{дБВт} & \text{для} & 34 \leq \varphi < 40 \\ 30 - 0,2(\varphi - 40) & \text{дБВт} & \text{для} & 40 \leq \varphi \leq 90; \end{cases}$$

**2.2** для многофункциональных радаров воздушных судов и для фидерных линий с шириной полосы более 1 МГц:

$$E_{eff} = \begin{cases} 62 & \text{дБВт} & \text{для} & 0 \leq \varphi < 20 \\ 62 - 0,56(\varphi - 20)^2 & \text{дБВт} & \text{для} & 20 \leq \varphi < 25 \\ 48 & \text{дБВт} & \text{для} & 25 \leq \varphi < 29 \\ 71,86 - 25 \log(\varphi - 20) & \text{дБВт} & \text{для} & 29 \leq \varphi < 68 \\ 29,8 & \text{дБВт} & \text{для} & 68 \leq \varphi \leq 90, \end{cases}$$

где:

$$E_{eff} = E_p - 15 \log(1 + 5/PW) \quad \text{дБВт}$$

$E_{eff}$ : э.и.и.м., при которой создается тот же уровень помех фазомодулированному сигналу, что и в том случае, когда помехой является непрерывный шум

$E_p$ : пиковая э.и.и.м. в импульсе станции воздушной радионавигации (дБВт)

$PW$ : длительность импульса станции воздушной радионавигации (мкс)

$\varphi$ : угол места над горизонтальной плоскостью (градусы);

**3** что фидерные линии в направлении Земля–космос следует проектировать так, чтобы они могли работать в условиях помех, определенных в пункте 2 раздела *рекомендует*;

**4** что в соответствии с пунктами 2 и 3 раздела *рекомендует* не требуется проведения координации передач станций воздушной радионавигации с приемными спутниковыми станциями;

5 что э.и.и.м., передаваемая земной станцией фидерной линии в направлении локальной горизонтальной плоскости, не должна превышать величины 54 дБ(Вт/МГц) (см. Примечание 2);

6 что радары, расположенные на поверхности Земли, описанные в Приложении 1, не должны работать в полосе 15,43–15,63 ГГц;

7 что координационные расстояния, необходимые для защиты станций воздушной радионавигации от вредных помех, создаваемых земными станциями фидерных линий, составляют:

- 1515 км от места посадки самолетов для систем посадки самолетов (ALS);
- 600 км для многофункциональных бортовых радаров воздушных судов (MPR);
- 270 км от места посадки самолетов для радиолокационных датчиков и измерительных систем;

8 что дополнительная информация содержится в Приложениях 1, 2 и 3.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Полоса частот, указанная в пункте 1 раздела *рекомендует*, несколько отличается от полосы, распределенной ВКР-95. Это отличие облегчает совместное использование частот фидерными линиями НГСО ПСС и воздушной радионавигационной службой. Пункт 1 раздела *рекомендует* будет пересмотрен позднее в соответствии с решениями будущей ВКР.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – В ходе проектирования на параметры фидерных линий ПСС в направлении Земля–космос могут быть наложены дополнительные ограничения, для того чтобы учесть пороговые уровни для защиты радиоастрономической службы, указанные в Рекомендации МСЭ-R RA.769.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

### Системы воздушной радионавигации в полосе 15,4–15,7 ГГц

#### 1 Наземные радары (SBR)

Радары SBR, расположенные на суше или на корабле, используются для обнаружения, определения места нахождения и движения воздушного судна и других транспортных средств на летных полях аэродромов и других мест посадки воздушных судов.

##### 1.1 Диаграммы направленности антенн

- Номинальная ширина луча по уровню 3 дБ: <math><3,5^\circ</math> вертикальная, инверсная  
косеканс до   
 горизонтальная
- Диапазон частот: 15,65–16,7 ГГц
- Поляризация круговая
- Коэффициент усиления: 43 дБи
- Максимальный уровень боковых лепестков: на 25 дБ ниже пикового усиления
- Максимальный уровень лепестка обратного направления: на 35 дБ ниже пикового усиления
- Возможное отклонение по вертикали:  $\pm 1,5^\circ</math>$
- Максимальный диапазон горизонтального сканирования:

### 1.1.1 Огибающая диаграммы направленности антенны по углу места

На основании измеренных данных и характеристик уровня боковых лепестков, при максимальном усилении в направлении  $+1,5^\circ$ , диаграмма направленности антенны по углу места определяется следующим образом, где  $\varphi$  является углом места (градусы):

$$G(\varphi) = \begin{cases} 43 & \text{дБи} & \text{для} & 0 \leq \varphi < 4 \\ 43 - 5(\varphi - 4) & \text{дБи} & \text{для} & 4 \leq \varphi < 9 \\ 18 & \text{дБи} & \text{для} & 9 \leq \varphi < 16 \\ 43,2 - 21 \log \varphi & \text{дБи} & \text{для} & 16 \leq \varphi < 48 \\ 8 & \text{дБи} & \text{для} & 48 \leq \varphi \leq 90. \end{cases}$$

### 1.1.2 Огибающая диаграммы направленности антенны по азимуту

На основании измеренных данных и характеристик уровня боковых лепестков, диаграмма направленности антенны по азимуту определяется следующим образом, где  $\varphi$  является углом азимута (градусы):

$$G(\varphi) = \begin{cases} 43 - 110 \varphi^2 & \text{дБи} & \text{для} & 0 \leq \varphi < 0,4767 \\ 18 & \text{дБи} & \text{для} & 4,4767 \leq \varphi < 0,72 \\ 17,07 - 6,5 \log \varphi & \text{дБи} & \text{для} & 0,72 \leq \varphi < 48 \\ 8 & \text{дБи} & \text{для} & 48 \leq \varphi \leq 180. \end{cases}$$

## 1.2 Другие характеристики

### 1.2.1 Передача

- Пиковая э.и.и.м.: 86 дБВт
- Частота следования импульсов: 8192 Гц
- Длительность импульса: 0,04 мкс
- Ширина полосы импульса по уровню 3,5 дБ: 25 МГц.

### 1.2.2 Прием

- Типичный коэффициент усиления антенны: 43 дБи
- Типичный коэффициент шума: 6,2–6,9 дБ.

## 2 Системы посадки самолетов (ALS)

Такие системы ALS являются системами общего назначения и устанавливаются на кораблях в перебазируемом варианте, либо на суше в стационарном варианте, и используются для посадки рейсовых воздушных судов. Одной из таких систем является система посадки с микроволновым сканирующим лучом (MSBLS). Ряд характеристик в конкретных применениях имеет некоторые различия.

### 2.1 Диаграммы направленности антенн наземных станций

Диаграммы направленности антенн этих станций одинаковы для всех применений, включая MSBLS. Диапазоны сканирования различны для различных применений. Указанные далее диапазоны сканирования охватывают все существующие применения.

Дополнительная антенна в ALS состоит из антенны угла места и азимутальной антенны.

Часть антенны ALS, являющаяся антенной угла места, используется для передачи на воздушное судно данных о вертикальном угле.

- Номинальная ширина луча по уровню 3 дБ: 1,3° по вертикали  
40° по горизонтали
- Диапазон частот: 15,4–15,7 ГГц
- Поляризация: горизонтальная и вертикальная
- Коэффициент усиления: 28 дБи
- Максимальный уровень боковых лепестков: 17 дБ ниже пикового усиления в обеих плоскостях
- Максимальный диапазон сканирования по вертикали: 0–30°.

Часть антенны ALS, являющаяся антенной азимута, используется для передачи на воздушное судно данных об азимуте.

- Номинальная ширина луча по уровню 3 дБ: 2,0° по горизонтали  
6,5° по вертикали
- Диаграмма направленности в вертикальной плоскости ухудшена для того, чтобы достичь усиления не менее 20 дБи при угле над горизонтом 20°
- диапазон частот: 15,4–15,7 ГГц
- Поляризация: горизонтальная и вертикальная
- Коэффициент усиления: 33 дБи
- Максимальный уровень боковых лепестков: 17 дБ ниже пикового усиления в обеих плоскостях
- Максимальный диапазон сканирования по горизонтали: ±35°.

### 2.1.1 Диаграмма направленности по углу места комбинированной антенны

Комбинированная диаграмма направленности по вертикали, полученная из результатов измерений, определяется следующим образом, где  $\varphi$  – угол места (градусы):

$$G(\varphi) = \begin{cases} 33 & \text{дБи} & \text{для} & 0 \leq \varphi < 8 \\ 33 - 0,833(\varphi - 8) & \text{дБи} & \text{для} & 8 \leq \varphi < 14 \\ 28 & \text{дБи} & \text{для} & 14 \leq \varphi < 32 \\ 28 - 9(\varphi - 32) & \text{дБи} & \text{для} & 32 \leq \varphi < 34 \\ 10 & \text{дБи} & \text{для} & 34 \leq \varphi < 40 \\ 10 - 0,2(\varphi - 40) & \text{дБи} & \text{для} & 40 \leq \varphi \leq 90. \end{cases}$$

### 2.1.2 Диаграммы направленности антенн по азимуту

Диаграмма направленности антенны угла места по азимуту определяется следующим образом, где  $\varphi$  – относительный угол азимута (градусы):

$$G(\varphi) = \begin{cases} 28 - 0,0062 \varphi^2 & \text{дБи} & \text{для} & 0 \leq \varphi < 70 \\ -2,37 & \text{дБи} & \text{для} & 70 \leq \varphi \leq 180. \end{cases}$$

Диаграмма направленности азимутальной антенны по азимуту определяется следующим образом, где  $\varphi$  – относительный угол азимута (градусы):

$$G(\varphi) = \begin{cases} 33 - 2\varphi^2 & \text{дБи} & \text{для} & 0 \leq \varphi < 3 \\ 15 & \text{дБи} & \text{для} & 3 \leq \varphi < 5 \\ 32,5 - 25 \log \varphi & \text{дБи} & \text{для} & 5 \leq \varphi < 48 \\ -9,53 & \text{дБи} & \text{для} & 48 \leq \varphi \leq 180. \end{cases}$$

## 2.2 Другие характеристики

### 2.2.1 Передача

- Пиковая э.и.и.м.: 71 дБВт
- Частота следования импульсов: 3334 Гц
- Длительность импульса: 0,333 мкс
- Ширина полосы импульса по уровню 3,5 дБ: 3 МГц.

### 2.2.2 Прием

- Типичный коэффициент усиления антенны: 8 дБи
- Типичный коэффициент шума: 8 дБ.

## 3 Многофункциональные радары воздушных судов (MPR)

Радар MPR воздушного судна представляет собой радар радионавигации, радиолокации и метеорологии.

### 3.1 Диаграммы направленности антенн

Антенна представляет собой параболу, диаметром примерно 0,3 метра, которая сканирует по вертикали и по горизонтали в соответствии с направлением движения и высотой следования воздушного судна:

- Номинальная ширина луча по уровню 3 дБ: 4,5°
- Диапазон частот: 15,4–15,7 ГГц
- Поляризация: вертикальная
- Коэффициент усиления: 30 дБи
- Максимальный диапазон сканирования по горизонтали:  $\pm 45^\circ$
- Максимальный диапазон сканирования по вертикали:  $\pm 20^\circ$ .

Диаграмма направленности антенны определяется следующим образом, где  $\varphi$  – относительный угол азимута (градусы):

$$G(\varphi) = \begin{cases} 30 & \text{дБи} & \text{для} & 0 \leq \varphi < 20 \\ 30 - 0,56(\varphi - 20)^2 & \text{дБи} & \text{для} & 20 \leq \varphi < 25 \\ 16 & \text{дБи} & \text{для} & 25 \leq \varphi < 29 \\ 39,86 - 25 \log(\varphi - 20) & \text{дБи} & \text{для} & 29 \leq \varphi < 68 \\ -2,17 & \text{дБи} & \text{для} & 68 \leq \varphi \leq 180. \end{cases}$$

### 3.2 Другие характеристики

#### 3.2.1 Передача

- Пиковая э.и.и.м.: 70 дБВт
- Частота следования импульсов: 800 Гц
- Длительность импульса: 2 мкс
- Ширина полосы импульса по уровню 3,5 дБ: 0,5 МГц.

#### 3.2.2 Прием

- Типичный коэффициент усиления антенны: 30 дБи
- Типичный коэффициент шума: 8 дБ.

## 4 Радиолокационная система датчиков и измерений (RSMS)

Методы измерений с использованием радарной технологии в диапазоне 15 ГГц, особенно хорошо пригодные для небольших воздушных судов, включая вертолеты, выгодны благодаря компактности, небольшому весу, хорошей направленности антенн и хорошим качественным показателем для многих эксплуатационных радионавигационных задач, которые непрактично решать с использованием более низких частот по причинам характеристик распространения радиоволн. В режиме измерения высоты использование этой более высокочастотной полосы дает определенные преимущества, такие как меньшие перекрестные связи и отсутствие эффектов треугольника, что особенно важно для точных измерений очень небольших (порядка метров) расстояний. Для некоторых эксплуатационных приложений использование этих частот является единственным технически пригодным решением.

Системы, использующие эти методы, широко применяются в некоторых районах мира, где они значительно повышают безопасность эксплуатации воздушных судов. Измерение высоты и степени свободы земной поверхности являются одним из наиболее критичных параметров эксплуатации воздушных судов, особенно, когда их результаты используются на окончательных этапах посадки. Высокая точность и работа при отсутствии помех являются жизненно важными для обеспечения и повышения безопасности.

Системы RSMS, в основном, используются для измерений на небольших высотах, в номинале, до 1500 м. В подавляющем большинстве приложений будут использоваться антенные установки, передающие и принимающие сигналы, распространяющиеся вертикально вниз. Для снижения рассеяния и других нежелательных влияний используется уменьшение мощности пропорционально высоте над поверхностью Земли.

### 4.1 Характеристики RSMS

#### 4.1.1 Передатчик

- Диапазон частот: 15,63–15,65 ГГц
- Пиковая мощность: 30 дБмВт
- Коэффициент усиления антенны: 13 дБи, задние лепестки < 5 дБи
- PRF (частота следования импульсов): 58 кГц
- Длительность импульса (макс.): 500 нс
- Рабочий цикл (макс.): 3%
- Ширина полосы импульса по уровню 3,5 дБ: 2 МГц.

#### 4.1.2 Приемник

- Коэффициент усиления антенны: 13 дБи, задние лепестки <5 дБи
- Коэффициент шума: 6 дБ.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

### Критерии излучений воздушной радионавигационной службы и совместное использование частот в полосе 15,4–15,7 ГГц с фидерными линиями ПСС (Земля–космос)

#### 1 Введение

Основным методом защиты НГСО спутников от недопустимых помех является определение пределов максимально допустимой э.и.и.м., создаваемой станциями воздушной радионавигации, и пределов минимальной э.и.и.м. излучений земных станций фидерных линий.

С другой стороны, могут быть установлены только пределы максимально допустимой э.и.и.м. излучений станций воздушной радионавигации, которые определяют параметры помеховой обстановки, в которой фидерные линии должны иметь возможность работать. Этот вариант представляется более привлекательным, так как он проще и оставляет максимум свободы при проектировании и эксплуатации фидерных линий. Этот подход более подробно рассматривается в последующих разделах.

Любой из этих двух методов является эффективным способом устранить необходимость в проведении координации. Для этого случая координация не является практически пригодной.

#### 2 Характеристики систем воздушной радионавигации

Известны несколько систем, предназначенных для работы в этой полосе. Это – наземные радары (SBR), используемые на суше и на борту корабля для обнаружения, определения местонахождения и движения воздушных судов и других транспортных средств в областях посадки воздушных судов, ALS, MPR и RSMS. Диаграммы направленности антенн этих систем являются важным элементом при определении зависимости э.и.и.м. от угла места. Диаграммы направленности антенн и другие важные характеристики приведены в Приложении 1.

#### 3 Анализ

##### 3.1 Импульсные помехи цифровым сигналам

Рабочая группа 4/4 исследовала помехи, создаваемые радаром цифровым сигналам. Были проведены измерения для широкого диапазона частот следования импульсов (PRF), (1–100 кГц) и рабочих циклов,  $d$ , (0,01%–100%) радара и для скоростей цифрового потока от 2 Мбит/с до 45 Мбит/с для цифровых сигналов КФМН с коэффициентом прямого исправления ошибок (ПИО) 3/4, используемых с коэффициентом ошибок по битам (КОБ), равным  $1 \times 10^{-6}$ . На основании данных, полученных в ходе измерений, было выведено эмпирическое уравнение, которое может использоваться для установления связи между пиковой э.и.и.м. импульсного радара,  $E_p$ , и эффективной,  $E_{eff}$ , т. е. э.и.и.м., которая может создать помехи того же уровня (см.



Рекомендацию МСЭ-R S.1068). Реальная усредненная э.и.и.м.  $E_{ave}$  равна пиковой э.и.и.м., умноженной на величину рабочего цикла. При этих условиях эмпирическое уравнение имеет вид:

$$E_{eff} = E_p - 15 \log (1 + 0,5(PRF/d)) \quad \text{дБВт}, \quad (1)$$

где  $PRF$  выражена в кГц, а  $d$  – в процентах.

Так как ширина импульса,  $PW$ , равна  $(d/PRF)$ , уравнение (1) можно переписать в виде:

$$E_{eff} = E_p - 15 \log (1 + 5/PW) \quad \text{дБВт}, \quad (2)$$

где  $PW$  выражена в микросекундах.

Если функция спектральной плотности мощности имеет вид  $[(\sin x)/x]^2$ , то плотность пиковой мощности примерно на 3,5 больше плотности мощности, усредненной в полосе  $2/PW$ . Ширина полосы по уровню 3,5 дБ ( $BW$ ) (МГц) примерно равна  $1/PW$ . При такой плотности эффективной э.и.и.м.  $E_{eff}/\text{МГц}$ , в полосе сигнала в фидерной линии шириной  $BW$  (МГц), которая меньше чем  $1/PW$ , составляет:

$$E_{eff}/\text{МГц} = E_p - 10 \log (2/PW) + 3,5 - 15 \log (1 + 5/PW) \quad \text{дБВт}. \quad (3)$$

А для  $BW$ , равной или большей ( $1/PW$ ), значение ( $E_{eff}/\text{МГц}$ ), усредненное в полосе ( $BW$ ), составит:

$$E_{eff}/\text{МГц} = E_p - 10 \log (2/PW) + 3,5 - 15 \log (1 + 5/PW) - 10 \log [(BW)(PW)] \quad \text{дБВт}. \quad (4)$$

### 3.2 Пределы для излучений станций воздушной радионавигации

Наземные радары (SBR) могут работать в полосе 15,63–15,7 ГГц. При смещении полосы 15,45–15,65 ГГц в полосу 15,43–15,63 ГГц нет необходимости рассматривать помехи фидерным линиям в направлении Земля–космос.

Основная область использования MPR располагается над океанами, которые в большинстве случаев расположены за пределами координационных зон земных станций фидерных линий, и, следовательно, не будут требовать координации с земными станциями фидерных линий. Следовательно, эксплуатация MPR в полосе 15,4–15,7 ГГц будет допустима даже в том случае, когда накладываются географические ограничения (см. Приложение 3). На сегодняшний день системы RSMS работают в полосе 15,4–15,7 ГГц, и к ним также могут применяться географические ограничения.

Значения параметров в уравнениях (2), (3) и (4) для радионавигационных систем ALS, MPR и RSMS приведены в Приложении 1, равно как и функции диаграмм направленности антенн. Имея эти данные, можно вычислить значения  $E_{eff}$  в зависимости от угла места. Пиковая э.и.и.м. и  $PW$  ограничены уравнениями (2), (3) и (4). Угол места,  $\phi$ , выражен в градусах.

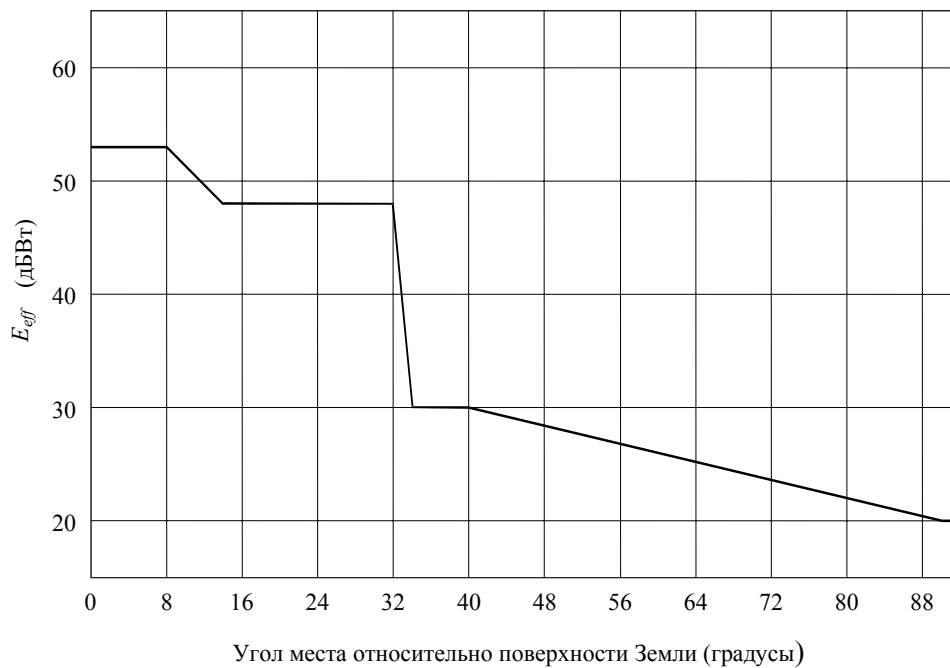
### 3.2.1 Пределы $E_{eff}$ для ALS

Для сигналов фидерных линий с полосой шире 3 МГц:

$$E_{eff} = \begin{cases} 53 & \text{дБВт} & \text{для } 0 \leq \varphi < 8 \\ 53 - 0,833(\varphi - 8) & \text{дБВт} & \text{для } 8 \leq \varphi < 14 \\ 48 & \text{дБВт} & \text{для } 14 \leq \varphi < 32 \\ 48 - 9(\varphi - 32) & \text{дБВт} & \text{для } 32 \leq \varphi < 34 \\ 30 & \text{дБВт} & \text{для } 34 \leq \varphi < 40 \\ 30 - 0,2(\varphi - 40) & \text{дБВт} & \text{для } 40 \leq \varphi \leq 90. \end{cases}$$

Эта функция показана на рисунке 1.

РИСУНОК 1  
Пределы эффективной э.и.и.м.,  $E_{eff}$ , для ALS



1340-01

### 3.2.2 Пределы $E_{eff}$ для MPR

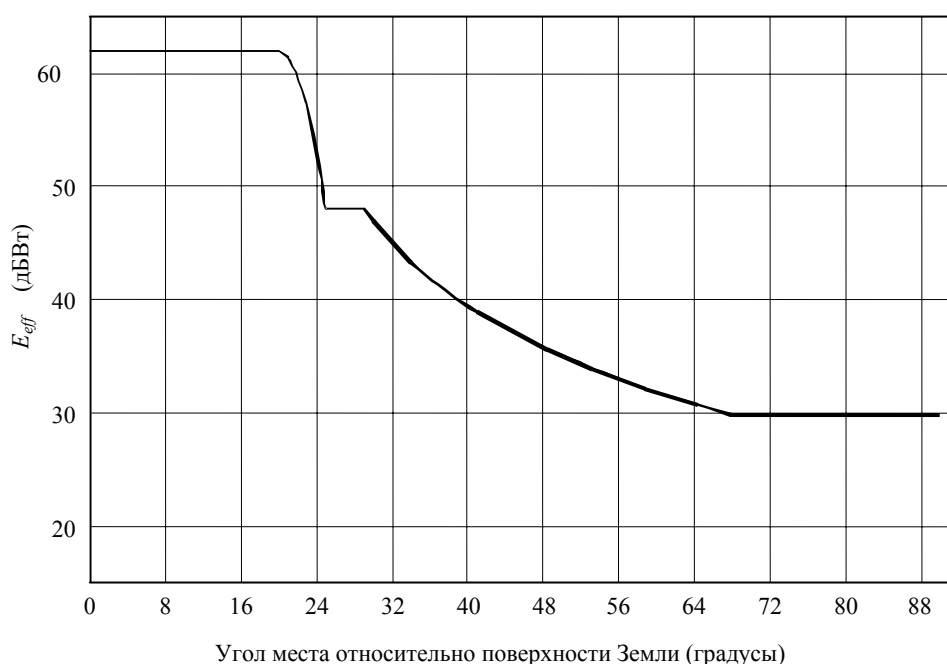
Для сигналов фидерных линий с полосой шире 1 МГц:

$$E_{eff} = \begin{cases} 62 & \text{дБВт} & \text{для } 0 \leq \varphi < 20 \\ 62 - 0,56(\varphi - 20)^2 & \text{дБВт} & \text{для } 20 \leq \varphi < 25 \\ 48 & \text{дБВт} & \text{для } 25 \leq \varphi < 29 \\ 71,86 - 25 \log(\varphi - 20) & \text{дБВт} & \text{для } 29 \leq \varphi < 68 \\ 29,8 & \text{дБВт} & \text{для } 68 \leq \varphi \leq 90. \end{cases}$$

Эта функция показана на рисунке 2.

Величина  $E_{eff}$  для RSMS при углах места более  $0^\circ$  составляет  $-13,1$  дБВт.

РИСУНОК 2  
Пределы эффективной э.и.и.м.,  $E_{eff}$ , для MPR



1340-02

### 3.3 Влияние на э.и.и.м. фидерной линии вверх

На линии вверх защита от помех, создаваемых станциями воздушной радионавигации, может быть достигнута за счет обеспечения соответствующих значений э.и.и.м. земных станций на линии вверх.

В ходе измерений, описанных в разделе 3.1 для случая помех сигналу КФМН с коэффициентом ПИО  $3/4$ , отношение сигнал/помеха  $C/I$  для КОБ  $= 1 \times 10^{-6}$  составило примерно 9 дБ. Это  $C/I$  соответствует условиям, когда помехи от других источников незначительны. Так как процент времени, в течение которого радионавигационная станция работает, и в область, очерченную контуром, внутри которого сосредоточено излучение ее антенны с уровнем не ниже  $-3$  дБ, попадает спутник, очень мал, то предполагается, что можно допустить  $C/I = 9$  дБ для этого малого процента времени. Для некодированных КФМН сигналов  $C/I$  составляет примерно 12 дБ.

Функция зависимости э.и.и.м., требуемой на линии вверх для преодоления таких помех, от ширины полосы сигнала фидерной линии, может быть вычислена в предположении, что одновременно возникает только одна помеха одного типа. Как правило, может потребоваться обеспечить значения э.и.и.м. в диапазоне от 60 до 70 дБВт.

## 4 Резюме

- Пределы эффективной э.и.и.м., приведенные в § 3.2, соответствуют эксплуатационным параметрам существующих на сегодняшний день систем воздушной радионавигации.
- Определение максимально допустимых помех, приемлемых для фидерных линий ПСС, позволяет разработчикам и операторам фидерных линий максимально гибко реализовывать требования их служб и устраняет необходимость нормировать высоты орбит, диаграммы направленности антенн и т. д., это может учитываться при определении минимальных значений э.и.и.м.
- Минимальные значения э.и.и.м. земной станции фидерной линии в направлении Земля–космос, требуемые для работы в условиях максимально возможных помех, приведенные в § 3.3, достаточно просто достижимы.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 3

### Координационные расстояния между земными станциями фидерных линий ПСС, работающих в полосе 15,4–15,7 ГГц в направлении Земля–космос, и станциями воздушной радионавигационной службы

#### 1 Характеристики системы воздушной радионавигации

Известны несколько систем, предназначенные для работы в этой полосе. Это – системы посадки самолетов (ALS) и бортовые многофункциональные радары (MPR). Характеристики и анализ, необходимые для определения координационных расстояний, приведены в последующем параграфе.

#### 2 Координационные расстояния

##### 2.1 Анализ

Координационное расстояние,  $D_c$ , требуемое для защиты от помех, создаваемых земными станциями фидерных линий ПСС станциям воздушной радионавигационной службы, вычисляется так, как это будет показано в последующих параграфах.

$$D_c = D_{fsl} + D_{oth} + D_{as} \quad \text{км,} \quad (5)$$

где:

$D_{fsl}$ : общее расстояние радиопередачи прямой видимости (км)

$D_{oth}$ : расстояние над горизонтом, соответствующее необходимым потерям над горизонтом (км)

$D_{as}$ : расстояние от места посадки воздушного судна (км) (применимо для ALS и RSMS)

$$D_{fsl} = (2r h_1)^{0,5} + (2r h_2)^{0,5} \quad \text{км,} \quad (6)$$

где:

$r$ : радиус Земли с учетом геометрического коэффициента 4/3, учитывающего атмосферную рефракцию (8500 км)

$h_1$ : высота станции воздушной радионавигационной службы (ВРНС) (км)

$h_2$ : высота земной станции фидерной линии (км)

$$L_{oth} = E_{esd} + 168,6 - L_{fsl} + G/T - I/N \quad \text{дБ}, \quad (7)$$

где:

$L_{oth}$ : потери за счет распространения за горизонт, добавленные к величине  $L_{fsl}$  (дБ) (эта функция показана далее и на рисунке 1, полученном из 5%-ных функций для 15 ГГц, приведенных в Рекомендации МСЭ-R P.528; т. е. для потерь, превышаемых в течение 95% времени)

$E_{esd}$ : максимальная плотность э.и.и.м., создаваемой земной станцией фидерной линии в направлении горизонта (выбрана равной 54 дБ(Вт/МГц))

$L_{fsl}$ : потери в свободном пространстве, вычисленные для  $D_{fsl}$  (дБ)

$G/T$ : усиление/шумовая температура станции ВРНС (дБ)

$I/N$ : допустимое отношение помеха/шум для станции ВРНС (дБ).

Значения  $L_{oth}$  в зависимости от  $D_{oth}$  показаны в таблице 1.

ТАБЛИЦА 1

$D_{oth}$ (км)	$L_{oth}$ (дБ)	$D_{oth}$ (км)	$L_{oth}$ (дБ)	$D_{oth}$ (км)	$L_{oth}$ (дБ)
0	0	175	78	350	104
25	24	200	82	375	107
50	45	225	86	400	110
75	57	250	90	425	113
100	64	275	94	450	116
125	69	300	98	475	118
150	74	325	101	500	120

Значения  $D_{oth}$ , соответствующие значениям  $L_{oth}$ , расположенным между указанными в таблице, могут быть экстраполированы при помощи следующего выражения:

$$D_{oth} = D_{ith} + 25[(L_{oth} - L_{ith}) / (L_{jth} - L_{ith})] \quad \text{км}, \quad (8)$$

где:

$L_{ith}$ : ближайшее меньшее значение  $L_{oth}$  в таблице 1 относительно  $L_{oth}$ , определенного из уравнения (7)

$L_{jth}$ : ближайшее большее значение  $L_{oth}$  в таблице 1 относительно  $L_{oth}$ , определенного из уравнения (7).

## 2.2 Вычисленные координационные расстояния

Используя данные уравнения и методику вычисления, а также некоторые значения параметров, указанные в § 2.1, и значения других требуемых параметров, можно вычислить координационные расстояния, как показано в таблице 2:

ТАБЛИЦА 2

Параметр	ALS	MPR	RSMS
$h_1$ (км)	7,6	15	1,5
$h_2$ (км)	0,01	0,01	0,01
$D_{fst}$ (км)	372	518	172,7
$D_{as}$ (км)	100	0	40
$L_{fst}$ (дБ)	167,7	170,6	160,9
$G/T$ (дБ)	-22,7	-2,0	-24,4
$I/N$ (дБ)	-10	-10	-10
$L_{oth}$ (дБ)	42,2	60	47,3
$D_{oth}$ (км)	46,7	85,7	54,8
$D_c$ (км)	518,7	603,7	267,5

Координационное расстояние, равное 600 км, может использоваться для MPR. Основной режим работы MPR – над поверхностью океана, т. е. в большинстве случаев за пределами зоны 600 км от земных станций фидерных линий, и в этом случае координация не потребуется. Если бы земные станции фидерных линий располагались внутри этой зоны, области работы над поверхностью океана были бы расширены.

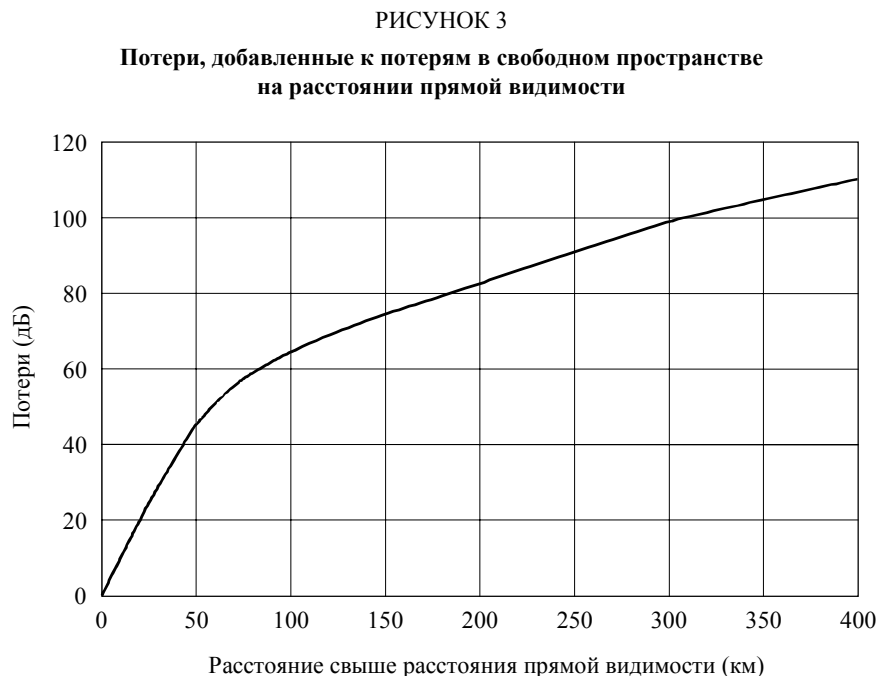
## 2.3 Снижение пределов для земных станций

При снижении предела максимальной плотности э.и.и.м. земной станции фидерной линии в направлении горизонта следует уменьшить координационное расстояние. Используя функцию, показанную на рисунке 3, получаем зависимость координационного расстояния от  $E_{esd}$ , показанную в таблице 3:

ТАБЛИЦА 3

$E_{esd}$ (дБ(Вт/МГц))	ALS (км)	MPR (км)	RSMS (км)
54	519	604	268
44	507	573	254
34	495	561	242
24	485	549	231

Очевидно, что координационное расстояние для ALS, MPR и RSMS, в том случае, когда оно значительно превышает расстояние прямой видимости, не сильно зависит от плотности э.и.и.м., излучаемой в направлении горизонта.



1340-03

### 3 Резюме

- Максимальные излучения земной станции фидерной линии в локальной горизонтальной плоскости должны быть ограничены величиной 54 дБ(Вт/МГц).
- С учетом этого ограничения, для защиты работающих ALS станций воздушной радионавигационной службы от недопустимых помех со стороны земных станций фидерных линий необходимо обеспечить пороговое координационное расстояние порядка 515 км. Это расстояние для MPR составит около 600 км, а для RSMS – 270 км.
- При уменьшении максимально допустимого уровня излучений, создаваемых земными станциями фидерных линий, пороговое координационное расстояние для ALS, MPR и RSMS уменьшается незначительно.

Описанный выше метод может использоваться в ходе координации совместно с другими методами облегчения задачи минимизации расстояний разноса.

#### **4 Факторы снижения помех, позволяющие уменьшить расстояние разноса в пределах координационного расстояния**

В том случае, когда земную станцию фидерной линии, работающую в направлении Земля–космос, требуется разместить в пределах координационной зоны, должно учитываться следующее:

- Как правило, ширина луча антенны земной станции фидерной линии не превышает  $1^\circ$ , и эта антенна работает при углах места более  $5^\circ$ . За счет этого снижается величина э.и.и.м. в направлении станции воздушной радионавигации, и, следовательно, уменьшается расстояние разноса.
- Если в пределы сканирования по горизонтали системы посадки самолетов ALS не попадают азимутальные углы, соответствующие направлению на земную станцию фидерной линии, то воздушное пространство, просматриваемое системой посадки самолетов, не пересекается с линией земной станции фидерной линии, за счет чего расстояние можно уменьшить на величину до 100 км.
- Использование искусственно сооружаемых насыпей, специально созданных вокруг антенн(ы) земной станции фидерной линии для обеспечения дополнительной развязки в направлении на станцию воздушной радионавигации.
- При выборе места расположения земной станции фидерной линии необходимо учитывать естественные препятствия рельефа местности, которые способны повысить потери на пути распространения.
- Любая избирательность антенны воздушного судна, которая может быть получена в то время, когда воздушное судно находится в воздушном пространстве, контролируемом системой посадки самолетов, и использует систему посадки.