

РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R M.1643*

Технические и эксплуатационные требования для земных станций на воздушных судах воздушной подвижной спутниковой службы, включая станции, использующие ретрансляторы сетей фиксированной спутниковой службы в полосе частот 14–14,5 ГГц (Земля–космос)

(2003)

Резюме

В данной Рекомендации приведены технические и эксплуатационные требования для земных станций на воздушных судах (AES) воздушной подвижной спутниковой службы (ВПСС), включая станции, использующие ретрансляторы сетей ФСС в полосе частот 14–14,5 ГГц (Земля–космос). Эти требования следует использовать администрациям в качестве технического руководства при определении требований соответствия для AES и облегчения их лицензирования с целью глобального применения.

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

- a) что разработаны различные в техническом и эксплуатационном отношении сети воздушной подвижной спутниковой службы (ВПСС) для их ввода в действие в ближайшем будущем;
- b) что эти запланированные сети ВПСС могут обеспечить доступ к различным применениям широкополосной связи (Интернет, электронная почта, внутренние корпоративные сети) с борта и на борт воздушного судна на глобальной основе;
- c) что земные станции на воздушных судах (AES) будут работать на национальных и международных авиалиниях в глобальном масштабе;
- d) что перемещение AES обычно определяется рядом национальных и международных правил и регламентарных положений, включая удовлетворительное соответствие взаимно согласованным техническим стандартам и эксплуатационным требованиям;
- e) что необходимо определить технические и эксплуатационные требования для проверки соответствия AES;

* ПРИМЕЧАНИЕ. – Группа Арабских стран, представленная на Ассамблее радиосвязи 2003 года (AP-03), резервировала свою позицию по данной Рекомендации и не готова согласиться с установлением какой бы то ни было ее связи с пунктом 1.11 повестки дня ВКР-03.

f) что идентификация технических и эксплуатационных требований для AES обеспечит общую техническую основу для облегчения проверки соответствия AES различными национальными и международными организациями, а также для разработки взаимно согласованных положений для обеспечения соответствия AES;

g) что технические и эксплуатационные требования необходимы для обеспечения приемлемого компромисса между сложностью радиоаппаратуры и потребностью в эффективном использовании радиочастотного спектра,

учитывая также,

a) что в полосе частот 14–14,5 ГГц имеются распределения ФСС (Земля–космос), радионавигационной, фиксированной и подвижной (за исключением воздушной подвижной) службам на первичной основе; что к вторичным службам, распределенным в полосе 14–14,5 ГГц или в ее участках, относятся подвижная спутниковая (за исключением воздушной подвижной спутниковой) служба (Земля–космос), служба космических исследований (СКИ), радиоастрономическая служба (РАС) и радионавигационная спутниковая служба;

b) что существует потребность в полной защите всех первичных служб и уже существующих систем вторичных служб в полосе 14–14,5 ГГц;

c) что результаты исследований, проведенных в соответствии с Резолюцией 216 (Пересм. ВКР-2000), показали возможность использования полосы 14–14,5 ГГц службой ВПСС (Земля–космос) на вторичной основе при определенных условиях и соглашениях¹;

d) что идентификация в рамках МСЭ-R технических и эксплуатационных требований для AES, работающих в полосе 14–14,5 ГГц, может помочь администрациям исключить вредные и/или недопустимые помехи другим службам;

e) что имеется необходимость в обеспечении регулярных и точных измерений и регулирования технических и эксплуатационных характеристик,

рекомендует,

1 чтобы приведенные в Приложениях 1 и 2 технические и эксплуатационные требования¹ для земных станций на воздушных судах сетей ВПСС, работающих в полосе 14–14,5 ГГц, использовались администрациями в качестве руководства для:

- установления требований к соответствию для AES;
- облегчения эксплуатации AES.

¹ Характеристики типовых земных станций на воздушном судне должны соответствовать требованиям, приведенным в данной Рекомендации, и, кроме того, они должны быть в пределах характеристик, первоначально опубликованных в Международном информационном циркуляре по частотам (ИФИК БР) в отношении соответствующей сети ФСС. Если такие характеристики лежат за пределами первоначально опубликованных характеристик, то необходимо провести координацию такой земной станции на воздушном судне согласно действующим положениям Регламента радиосвязи и измененному Правилу процедуры, приведенному в § 2 Правил процедуры, относящихся к п. 11.32 РР, соответственно.

Приложение 1

Технические и эксплуатационные требования для AES сетей ВПСС в полосе частот 14–14,5 ГГц (Земля–космос)

Часть А

Основные требования, относящиеся к защите сетей ФСС

1 Сети ВПСС необходимо координировать и эксплуатировать таким образом, чтобы суммарные уровни внеосевой э.и.и.м., создаваемой всеми работающими на совпадающей частоте AES в сетях ВПСС, не превышали уровней помех, которые были опубликованы и скоординированы для конкретных и/или типовых земных станций, относящихся к сетям ФСС, в которых используются ретрансляторы ФСС.

2 При проектировании, координации и эксплуатации AES необходимо, как минимум, учитывать следующие факторы, которые могут изменять суммарные уровни внеосевой э.и.и.м., создаваемой AES:

2.1 неточное наведение антенн AES. К этому фактору, если он имеет место, как минимум, относятся, соответственно, эффекты, создаваемые смещением или запаздыванием систем наведения антенн, погрешности сопровождения в системах слежения с обратной связью, рассогласование апертур приема и передачи в системах, где используются отдельные апертуры, и рассогласование облучателей приема и передачи в системах, где используются объединенные апертуры;

2.2 вариации диаграмм направленности антенн AES. К этому фактору, как минимум, относятся эффекты, создаваемые за счет допустимых отклонений при изготовлении, старения антенн и влияния окружающей среды. В сетях ВПСС, где используются антенны AES определенных типов, например, фазированные антенные решетки, следует учитывать изменения диаграмм направленности при изменении углов сканирования (по углу места и азимуту). В сетях, где используются фазированные антенные решетки, следует учитывать погрешности по фазе элемента решетки, амплитудную погрешность и частоту отказов;

2.3 вариации э.и.и.м. при передаче от AES. К этому фактору, если он имеет место, как минимум, относятся эффекты, создаваемые погрешностью измерений, погрешностью управления и запаздыванием систем регулирования мощности с обратной связью. В центрах контроля и управления сети (NCMC), где рассчитывается э.и.и.м. станций AES исходя из мощности принятого сигнала, необходимо учитывать различные источники погрешностей и запаздывания. В центрах NCMC, где э.и.и.м. станций AES рассчитывается на основе входной мощности сигнала, следует учитывать погрешности измерений и сведения о запаздывании.

3 На станциях AES, в которых используется слежение за спутниковым сигналом с обратной связью, необходимо применять алгоритм, предотвращающий захват и слежение за сигналами соседних спутников. Необходимо немедленно прекращать передачу AES, когда обнаружено, что произошло или может произойти нештатное слежение за спутником.

4 Необходимо контролировать и управлять работой AES из центра управления сети (NCMC) или аналогичного центра. Необходимо обеспечить прием на AES, как минимум, команд "разрешение передачи" и "запрет передачи" из такого центра. Необходимо, чтобы передача сигналов с AES немедленно автоматически прекращалась при получении любой команды "изменение параметра", при которой могут создаваться вредные помехи в ходе такого изменения,

до поступления из центра NCMC команды "разрешение передачи". Кроме того, следует обеспечить возможность контроля из центра NCMC работы AES для определения ее штатного функционирования.

5 Необходимо использовать на AES средства самоконтроля, при этом должно происходить автоматическое прекращение передачи сигналов с AES при обнаружении сбоя, который может причинить вредные помехи сетям ФСС.

Часть В

Основные требования, относящиеся к защите фиксированной службы

В полосе частот 14–14,5 ГГц, где применяются сети фиксированной службы, в пределах прямой видимости территории администрации, где в указанной полосе частот работают сети фиксированной службы, максимальная п.п.м. у поверхности Земли для излучений от одиночной AES сети ВПСС не должна превышать:

$$\begin{array}{llll} -132 + 0,5 \cdot \theta & \text{дБ(Вт/(м}^2 \cdot \text{МГц))} & \text{для} & \theta \leq 40^\circ \\ -112 & \text{дБ(Вт/(м}^2 \cdot \text{МГц))} & \text{для} & 40 < \theta \leq 90^\circ, \end{array}$$

где θ – угол падения радиочастотной волны (градусы к горизонту).

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Вышеуказанные пределы относятся к п.п.м. и углам падения, которые определяются при условиях распространения радиоволн в свободном пространстве.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Маску э.и.и.м. можно определить из вышеприведенной маски п.п.м. на основе метода, приведенного в Приложении 2 к данной Рекомендации. Следует также рассмотреть возможности упрощения результирующей маски э.и.и.м.

Часть С

Основные требования, относящиеся к совместимости со службой РАС

Для защиты радиоастрономии, работающей в полосе 14,47–14,5 ГГц, земные станции ВПСС должны соответствовать двум следующим требованиям:

Каналы ВПСС в полосе 14,47–14,5 ГГц

- Станции ВПСС не должны работать на передачу в полосе 14,47–14,5 ГГц в пределах видимости радиоастрономических станций, работающих в данной полосе; либо,
- если оператор ВПСС намеревается работать на совпадающей частоте в пределах видимости радиоастрономической станции, то потребуются специальное соглашение с оператором такой радиоастрономической станции, которое обеспечит выполнение станцией AES ВПСС требований Рекомендаций МСЭ-R RA.769 и RA.1513 в полосе 14,47–14,5 ГГц во время радиоастрономических наблюдений. По возможности, это соглашение может включать в себя заблаговременное извещение операторов ВПСС о расписаниях наблюдений.

Каналы ВПСС в полосе 14–14,47 ГГц

Излучения всех передатчиков AES в каналах полосы 14–14,47 ГГц в пределах видимости радиоастрономических станций в периоды радиоастрономических наблюдений в полосе 14,47–14,5 ГГц должны соответствовать уровням и процентам потери данных, указанным

в Рекомендациях МСЭ-R RA.769 и RA.1513. Результаты исследований показывают, что следующие уровни п.п.м. (дБ(Вт/(м² · 150 кГц))) станций AES в полосе 14,47–14,5 ГГц достаточны, с некоторым запасом, для соответствия уровням п.п.м. для радиоастрономии, приведенным в Рекомендации МСЭ-R RA.769, и процентам потери данных, указанным в Рекомендации МСЭ-R RA.1513, а именно:

$$\begin{array}{lll} -190 + 0,5 \cdot \theta & \text{дБ(Вт/(м}^2 \cdot 150 \text{ кГц))} & \text{для } \theta \leq 10^\circ \\ -185 & \text{дБ(Вт/(м}^2 \cdot 150 \text{ кГц))} & \text{для } 10^\circ < \theta \leq 90^\circ, \end{array}$$

где θ – угол падения радиочастотной волны (градусы к горизонту).

Такие уровни п.п.м. станций AES в полосе 14,47–14,5 ГГц операторы ВПСС могут обеспечить сочетанием пониженной мощности сигнала AES, фильтрации с крутым срезом, поддержания достаточного частотного разнеса или улучшенных характеристик антенны AES.

Часть D

Основные требования, относящиеся к совместимости со службой космических исследований

Необходимо заключать координационные соглашения между системами ВПСС и системами службы космических исследований (СКИ) на основе регулирования уровней излучений AES в полосе частот, где работают системы СКИ, и в особо неблагоприятных случаях может потребоваться прекращение излучений станции AES, работающей вблизи земной станции СКИ, на частотах, которые используются данной системой СКИ. Конкретные положения соглашений могут быть разными в зависимости от характеристик отдельных пунктов СКИ и сетей ВПСС.

Приложение 2

Получение маски э.и.и.м. для нижней полусферы из маски п.п.м.

При испытаниях аппаратуры ВПСС для определения ее соответствия заданной маске п.п.м., приведенной, например, в Части В Приложения 1, может оказаться полезным определение эквивалентной маски э.и.и.м., которую можно применить для целей испытаний.

Маску п.п.м. (т. е. функцию п.п.м. (θ), где θ – угол падения (угол места) у поверхности Земли) можно использовать для математического определения маски э.и.и.м. (т. е. функции э.и.и.м. (γ , H), где γ – угол ниже местной горизонтальной плоскости и H – высота полета самолета). Такое преобразование выполняется в два этапа. Сначала γ преобразуется в эквивалентный угол падения, θ . Затем определяется длина трассы распространения сигнала для угла падения, θ , которая используется для вычисления потерь на расходимость пучка для данной трассы и результирующей э.и.и.м.

Этап 1: Вычисление угла падения, θ (в градусах), из γ и H :

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

где:

θ : угол падения

R_e : радиус Земли (6378 км)

H : высота полета воздушного судна (км)

γ : угол ниже горизонта.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Если аргумент функции \arccos больше 1, то трасса распространения сигнала в направлении угла γ не пересекает Землю. В таком случае, который возникает при величинах угла γ примерно $3,5^\circ$ и меньше, величина угла θ не существует и, следовательно, отсутствует определенная величина для маски п.п.м.

Этап 2: Вычисление величины э.и.и.м. из вычисленной п.п.м. (θ):

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

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

где:

d : расстояние между AES и рассматриваемой точкой на поверхности Земли (км)

$pfd(\theta)$: п.п.м. (θ) (дБ(Вт/(м² · МГц)))

$e.i.r.p.$: э.и.и.м. (дБ(Вт/МГц)).

График на рисунке 1 показывает данную функцию для разных высот полета воздушного судна на основе маски п.п.м., приведенной в Части В Приложения 1 данной Рекомендации.

