Международный союз электросвязи

Регламент радиосвязи

Рекомендации МСЭ-R, включенные посредством ссылки

4

Издание 2008 года

Международный союз электросвязи

Международный союз электросвязи

Регламент радиосвязи

4

Рекомендации МСЭ-R, включенные посредством ссылки

Издание 2008 года

Международный союз электросвязи

© ITU 2008

Все права резервированы. Никакая часть данной публикации не может быть воспроизведена с помощью каких-либо средств без предварительного письменного разрешения МСЭ.

Примечание Секретариата

Настоящий пересмотренный Регламент радиосвязи, дополняющий Устав и Конвенцию Международного союза электросвязи, включает в себя решения Всемирных конференций радиосвязи 1995 г. (ВКР-95), 1997 г. (ВКР-97), 2000 г. (ВКР-2000), 2003 г. (ВКР-03) и 2007 г. (ВКР-07). Бóльшая часть положений настоящего Регламента вступает в силу с 1 января 2009 года; другие положения применимы с определенных дат, указанных в Статье **59** пересмотренного Регламента радиосвязи.

При подготовке Регламента радиосвязи издания 2008 года Секретариат исправил типографские ошибки; на наличие таких ошибок было обращено внимание ВКР-07, которая одобрила необходимость их исправления.

В настоящем издании используется та же схема нумерации, что и в издании Регламента радиосвязи 2001 года, а именно:

Что касается *номеров статей*, в данном издании применяется последовательная нумерация. За номерами статей не указываются какие-либо аббревиатуры (как например, "(ВКР-97)", "(ВКР-2000)", "(ВКР-03)" или "(ВКР-07)"). Поэтому всякая ссылка на ту или иную статью в любом из положений настоящего Регламента радиосвязи (например, в п. **13.1** Статьи **13**), в текстах приложений, содержащихся в Томе 2 данного издания (например, в § 1 Приложения **2**), в текстах резолюций, включенных в Том 3 этого издания (например, в Резолюции **1** (**Пересм. ВКР-97**)), а также в текстах рекомендаций, включенных в Том 3 этого издания (например, в Рекомендации **8**), рассматривается как ссылка на текст соответствующей статьи, приведенной в настоящем издании, если не оговорено иначе.

Что касается *номеров положений в статьях*, в данном издании продолжается использование составных номеров, указывающих номер статьи и номер положения в рамках этой статьи (например, п. 9.2B означает положение п. 2B Статьи **9**). Аббревиатура "(ВКР-07)", "(ВКР-03)", "(ВКР-2000)" или "(ВКР-97)" после номера такого положения означает, что соответствующее положение было изменено или дополнено на ВКР-07, ВКР-03, ВКР-2000 или ВКР-97, в зависимости от случая. Отсутствие какой-либо аббревиатуры после номера положения означает, что данное положение совпадает с положением упрощенного Регламента радиосвязи, утвержденного на ВКР-95, и полный текст которого содержится в Документе 2 ВКР-97.

Что касается *номеров приложений*, в данном издании продолжается применение последовательной нумерации с добавлением соответствующей аббревиатуры после номера Приложения (как например, "(ВКР-97)", "(ВКР-2000)", "(ВКР-03)" или "(ВКР-07)", в зависимости от случая. Как правило, всякая ссылка на то или иное приложение в любом из положений настоящего Регламента радиосвязи, в текстах приложений, содержащихся в Томе 2 данного издания, в текстах резолюций и рекомендаций, включенных в Том 3 этого издания, указывается стандартным образом (например, "Приложение **30 (Пересм. ВКР-07)**"), если только это не отмечено особо в тексте (например, Приложение 4, измененное на ВКР-07). В текстах приложений, которые были частично изменены на ВКР-07, положения, в которые внесены изменения на ВКР-07, указываются аббревиатурой "(ВКР-07)" в конце соответствующего текста. Если в тексте данного издания Приложение упоминается без какой-либо аббревиатуры после его номера (например, в п. **13.1**) или иного обозначения, такая ссылка считается относящейся к тексту соответствующего Приложения, которое представлено в данном издании.

В текстах Регламента радиосвязи обозначение ↑ используется для указания параметров, связанных с линией вверх. Аналогичным образом, обозначение ↓ используется для указания параметров, связанных с линией вниз.

Названия всемирных административных радиоконференций и всемирных конференций радиосвязи указываются в виде аббревиатур. Эти аббревиатуры представлены ниже.

Аббревиатура	Конференция
ВАРК Морск	Всемирная административная радиоконференция по вопросам, касающимся морской подвижной службы (Женева, 1967 г.)
ВАРК-71	Всемирная административная радиоконференция по космической связи (Женева, 1971 г.)
ВМАРК-74	Всемирная морская административная радиоконференция (Женева, 1974 г.)
ВАРК СРВ-77	Всемирная административная радиоконференция по спутниковому радиовещанию (Женева, 1977 г.)
ВАРК-Возд.2	Всемирная административная радиоконференция по воздушной подвижной (R) службе (Женева, 1978 г.)
ВАРК-79	Всемирная административная радиоконференция (Женева, 1979 г.)
ВАРК Подв-83	Всемирная административная радиоконференция по подвижным службам (Женева, 1983 г.)
ВАРК ВЧРВ-84	Всемирная административная радиоконференция по планированию ВЧ полос частот, распределенных радиовещательной службе (Женева, 1984 г.)
ВАРК Орб-85	Всемирная административная радиоконференция по использованию геостационарной орбиты и планированию космических служб, ее использующих (Первая сессия – Женева, 1985 г.)
ВАРК ВЧРВ-87	Всемирная административная радиоконференция по планированию ВЧ полос частот, распределенных радиовещательной службе (Женева, 1987 г.)
ВАРК Подв-87	Всемирная административная радиоконференция по подвижным службам (Женева, 1987 г.)
ВАРК Орб-88	Всемирная административная радиоконференция по использованию геостационарной орбиты и планированию космических служб, ее использующих (Вторая сессия – Женева, 1988 г.)
ВАРК-92	Всемирная административная радиоконференция по распределению частот в определенных частях спектра (Малага-Торремолинос, 1992 г.)
ВКР-95	Всемирная конференция радиосвязи (Женева, 1995 г.)
ВКР-97	Всемирная конференция радиосвязи (Женева, 1997 г.)
ВРК-2000	Всемирная конференция радиосвязи (Женева, 2000 г.)
ВКР-03	Всемирная конференция радиосвязи (Женева, 2003 г.)
ВКР-07	Всемирная конференция радиосвязи, 2007 г.
ВКР-11	Всемирная конференция радиосвязи, 2011 г.
ВКР-15	Всемирная конференция радиосвязи, 2015 г.[1]

[1] Дата созыва этой конференции окончательно не определена.

ТОМ 4

Рекомендации МСЭ-R, включенные посредством ссылки*

СОДЕРЖАНИЕ

		Стр.
Рек. МСЭ-R TF.460-6	Излучение стандартных частот и сигналов времени	1
Рек. МСЭ-R M.476-5	Буквопечатающее телеграфное оборудование в морской подвижной службе	7
Рек. МСЭ-R M.489-2	Технические характеристики ОВЧ радиотелефонного оборудования, работающего в морской подвижной службе в каналах, разнесенных на 25 кГц	19
Рек. МСЭ-R M.492-6	Эксплуатационные процедуры для буквопечатающего телеграфного оборудования в морской подвижной службе	21
Рек. МСЭ-R P.525-2	Расчет ослабления в свободном пространстве	31
Рек. МСЭ-R P.526-10	Распространение радиоволн за счет дифракции	35
Рек. МСЭ-R M.541-9	Эксплуатационные процедуры для использования оборудования цифрового избирательного вызова в морской подвижной службе	73
Рек. МСЭ-R M.585-4	Присвоение и использование опознавателей морской подвижной службы (*см. Приложения 1–5*)	111
Рек. МСЭ-R M.625-3	Буквопечатающее телеграфное оборудование с автоматическим опознаванием в морской подвижной службе	119
Рек. МСЭ-R M.633-3	Характеристики передачи системы спутниковых радиомаяков – указателей места бедствия (спутниковых EPIRB), работающей через спутниковую систему в полосе частот 406 МГц	179
Рек. МСЭ-R S.672-4	Диаграмма направленности спутниковой антенны, применяемая в качестве нормативной при проектировании фиксированной спутниковой службы, использующей геостационарные спутники	181
Рек. МСЭ-R M.690-1	Технические характеристики радиомаяков-указателей места бедствия (РМУМБ), работающих на несущих частотах 121,5 МГц и 243 МГц	207
Рек. МСЭ-R P.838-3	Модель погонного ослабления в дожде, используемая в методах прогнозирования	209
Рек. МСЭ-R M.1084-4	Временные решения для более эффективного использования диапазона 156–174 МГц станциями морской подвижной службы (*см. Таблицы 1 и 3 Приложения 4*)	219
Рек. МСЭ-R SM.1138-1	Определение необходимой ширины полосы частот с примерами ее расчета и соответствующими примерами обозначения излучений	229

* В некоторых из этих Рекомендаций, принятых до 1 января 2001 года, префикс "S" перед ссылками на РР все еще сохраняется до внесения в соответствующую Рекомендацию изменений согласно стандартным процедурам.

Стр.

Рек. МСЭ-R SA.1154	Условия защиты служб космических исследований (КИ), космической эксплуатации (КЭ) и спутниковых исследований Земли (СИЗ) и обеспечения совмещения с подвижной службой в полосах частот 2025–2110 МГц и 2200–2290 МГц	237
Рек. МСЭ-R M.1171	Процедуры использования радиотелефонии в морской подвижной службе	267
Рек. МСЭ-R M.1172	Различные сокращения и сигналы, используемые для радиосвязи в морской подвижной службе	277
Рек. МСЭ-R M.1173	Технические характеристики однополосных передатчиков, используемых в морской подвижной службе для радиотелефонии в полосах частот между 1606,5 кГц (1605 кГц в Районе 2) и 4000 кГц и между 4000 кГц и 27 500 кГц	311
Рек. МСЭ-R M.1174-2	Технические характеристики оборудования, используемого для внутрисудовой связи в полосах между 450 и 470 МГц	313
Рек. МСЭ-R M.1187-1	Метод расчета потенциально затронутого района для сети подвижной спутниковой службы в диапазоне 1–3 ГГц, использующей круговые орбиты	315
Рек. МСЭ-R S.1256	Методология определения максимальной суммарной плотности потока мощности на геостационарной спутниковой орбите в полосе 6700–7075 МГц от фидерных линий негеостационарных спутниковых систем подвижной спутниковой службы в направлении космос-Земля	321
Рек. МСЭ-R RS.1260-1	Возможность совместного использования частот активными бортовыми космическими датчиками и другими службами в диапазоне 420–470 МГц	329
Рек. МСЭ-R BO.1293-2	Защитные маски и связанные с ними методы расчета помех радиовещательным спутниковым системам, использующим излучения цифровых сигналов	345
Рек. МСЭ-R S.1340	Совместное использование частот в полосе 15,4–15,7 ГГц фидерными линиями подвижной спутниковой службы в направлении Земля-космос и воздушной радионавигационной службой	357
Рек. МСЭ-R S.1341	Совместное использование частот в полосе 15,4–15,7 ГГц фидерными линиями подвижной спутниковой службы в направлении космос-Земля и воздушной радионавигационной службой и защита радиоастрономической службы в полосе 15,35–15,4 ГГц	373
Рек. МСЭ-R S.1428-1	Эталонные диаграммы направленности земных станций ФСС для использования в процессе оценки помех в ситуациях с негеостационарными спутниками в полосах частот между 10,7 ГГц и 30 ГГц	387
Рек. МСЭ-R BO.1443-2	Эталонные диаграммы направленности антенн земных станций РСС для использования с целью оценки помех, вызываемых спутниками НГСО в полосах частот, охватываемых Приложением 30 к РР	391
Рек. МСЭ-R M.1583	Расчет помех между негеостационарными системами подвижной спутниковой или радионавигационной спутниковой служб и местами расположения радиоастрономических телескопов	399
Рек. МСЭ-R S.1586-1	Расчет уровней нежелательных излучений, создаваемых негеостационарной системой фиксированной спутниковой службы в местах расположения радиоастрономических станций	409
Рек. МСЭ-R F.1613	Требования к эксплуатации и развертыванию систем фиксированного беспроводного доступа фиксированной службы в Районе 3 для обеспечения защиты систем спутниковой службы исследования Земли (активной) и службы космических исследований (активной) в полосе частот 5250–5350 МГц	417
Рек. МСЭ-R RA.1631	Эталонная диаграмма направленности радиоастрономической антенны для использования при анализе совместимости между НГСО системами и станциями радиоастрономической службы на основе концепции э.п.п.м.	433
Рек. МСЭ-R RS.1632	Совместное использование частот в полосе 5250–5350 МГц системами спутниковой службы исследования Земли (активной) и системами беспроводного доступа (включая локальные вычислительные радиосети) подвижной службы	437

Стр.

Рек. МСЭ-R M.1638 Характеристики и критерии защиты для исследований возможности совместного использования частот радарами радиолокационной, воздушной радионавигационной и метеорологической служб, работающими в полосах частот между 5250 и 5850 МГц 465

Рек. МСЭ-R M.1642-2 Методика оценки максимальной суммарной эквивалентной плотности потока мощности на станции воздушной радионавигационной службы от всех систем радионавигационной спутниковой службы, работающих в полосе частот 1164–1215 МГц 475

Рек. 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)..... 491

Рек. МСЭ-R M.1652 Динамическая частотная селекция (ДЧС) в системах беспроводного доступа, включая локальные радиосети в целях защиты службы радиоопределения в диапазоне 5 ГГц (*см. Приложение 1*) 497

Рек. МСЭ-R M.1827 Технические и эксплуатационные требования к станциям воздушной подвижной (R) службы (ВП(R)С), ограниченной наземным применением в аэропортах, и к станциям воздушной подвижной службы (ВПС), ограниченной применениями воздушной безопасности (ВБ), в полосе частот 5091–5150 МГц..... 517

РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R TF.460-6*

Излучение стандартных частот и сигналов времени

(Вопрос МСЭ-R 102/7)

(1970-1974-1978-1982-1986-1997-2002)

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

a) что Всемирная административная радиоконференция (Женева, 1979 г.) распределила службе стандартных частот и сигналов времени частоты 20 кГц ± 0,05 кГц, 2,5 МГц ± 5 кГц (2,5 МГц ± 2 кГц в Районе 1), 5 МГц ± 5 кГц, 10 МГц ± 5 кГц, 15 МГц ± 10 кГц, 20 МГц ± 10 кГц и 25 МГц ± 10 кГц;

b) что дополнительные стандартные частоты и сигналы времени излучаются в других диапазонах частот;

c) положения Статьи 26 Регламента радиосвязи;

d) постоянную необходимость в тесном сотрудничестве между 7-й Исследовательской комиссией радиосвязи и Международной морской организацией (ИМО), Международной организацией гражданской авиации (ИКАО), Генеральной конференцией мер и весов (CGPM), Международным бюро мер и весов (BIPM), Международной службой вращения Земли (IERS) и заинтересованными союзами Международного совета научных союзов (ICSU);

e) желательность поддержания всемирной координации излучений стандартных частот и сигналов времени;

f) необходимость распространять стандартные частоты и сигналы времени при согласовании с секундой, как она определена на 13-й Генеральной конференции мер и весов (1967 г.);

g) постоянную необходимость обеспечивать непосредственный доступ к всемирному времени (UT) с точностью в одну десятую долю секунды,

рекомендует,

1 чтобы все излучения стандартных частот и сигналов времени как можно точнее соответствовали Всемирному координированному времени (UTC) (см. Приложение 1); чтобы сигналы времени не отклонялись от времени UTC более чем на 1 мс; чтобы стандартные частоты не отклонялись более чем на одну часть из 10^{10}; и чтобы сигналы времени, излучаемые каждой передающей станцией, имели известное соотношение с фазой несущей;

2 чтобы излучения стандартных частот и сигналов времени, а также другие излучения сигналов времени, предназначенные для научных целей (при возможном исключении излучений, предназначенных для специальных систем), содержали информацию о значениях разности времени UT1–UTC и TAI–UTC (см. Приложение 1);

---

* Данная Рекомендация должна быть доведена до сведения ИМО, ИКАО, CGPM, BIPM, IERS, Международного геодезического и геофизического союза (IUGG), Международного научного радиосоюза (URSI) и Международного астрономического союза (IAU).

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Шкалы времени

A Всемирное время (UT)

Всемирное время (UT) является общим обозначением шкал времени, основанных на вращении Земли.

В тех случаях, когда допустима неточность в несколько сотых долей секунды, необходимо уточнить форму времени UT, которая должна быть использована:

UT0 – среднее солнечное время первого меридиана, полученное из непосредственных астрономических наблюдений;

UT1 – время UT0, скорректированное с учетом эффекта малых перемещений Земли относительно оси вращения (полярное колебание);

UT2 – время UT1, скорректированное с учетом эффекта малых сезонных флуктуаций в скорости вращения Земли.

UT1 – используется в данной Рекомендации, поскольку это время точно соответствует угловому положению Земли относительно оси ее суточного вращения.

Краткие определения приведенных выше терминов и связанных с ними понятий имеются в публикациях IERS (Париж, Франция).

B Международное атомное время (TAI)

Международная эталонная шкала атомного времени (TAI), основанная на секунде (СИ), реализованной на вращающемся геоиде, формируется BIPM на базе данных часов, полученных от сотрудничающих учреждений. Это время представляется в виде непрерывной шкалы, например в днях, часах, минутах и секундах при отсчете от 1 января 1958 года (принято CGPM в 1971 г.).

C Всемирное координированное время (UTC)

Время UTC – шкала времени, поддерживаемая бюро BIPM совместно с IERS и образующая базу координированного распространения стандартных частот и сигналов времени. Оно точно соответствует по скорости времени TAI, но отличается от него на целое число секунд.

Шкала UTC подстраивается путем введения или исключения секунд (положительные или отрицательные дополнительные секунды), с тем чтобы обеспечить приблизительное согласование со временем UT1.

D DUT1

Величина прогнозируемой разности UT1 – UTC, распространяемой вместе с сигналами времени, обозначается через DUT1; таким образом DUT1 ≈ UT1 – UTC. DUT1 можно рассматривать как поправку, которую необходимо добавить к UTC, чтобы получить лучшее приближение к UT1.

Величины DUT1 даются службой IERS в числах кратных 0,1 с.

Применяются следующие операционные правила:

1 Допуски

1.1 Величина DUT1 не должна превышать 0,8 с.

1.2 Отклонение UTC от UT1 не должно превышать ±0,9 с (см. Примечание 1).

1.3 Девиация (UTC плюс DUT1) не должна превышать ±0,1 с.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Разность между максимальной величиной DUT1 и максимальным отклонением UTC от UT1 представляет собой допустимую девиацию (UTC + DUT1) от UT1 и является защитой для службы IERS от непредсказуемых изменений скорости вращения Земли.

2 Дополнительные секунды

2.1 Положительная или отрицательная дополнительная секунда должна быть последней секундой во времени UTC месяца, но первое предпочтение должно быть отдано концу декабря и июня, а второе – концу марта и сентября.

2.2 Положительная дополнительная секунда начинается в 23 ч. 59 мин. 60 с и заканчивается в 0 ч. 0 мин. 0 с первого дня следующего месяца. В случае отрицательной дополнительной секунды время 23 ч. 59 мин. 58 с через одну секунду должно смениться временем 0 ч. 0 мин. 0 с первого дня следующего месяца (см. Приложение 3).

2.3 Служба IERS должна принять решение и объявить о введении дополнительной секунды, а такое объявление должно быть сделано по крайней мере за восемь недель до введения секунды.

3 Величина DUT1

3.1 Службе IERS предлагается принять решение относительно величины DUT1 и даты ее введения и циркулярно передать эту информацию за один месяц до этой даты. В исключительных случаях неожиданного изменения скорости вращения Земли служба IERS может опубликовать поправку не позднее чем за две недели до даты ее введения.

3.2 Администрация и организации должны использовать выданную службой IERS величину DUT1 для излучения стандартных частот и сигналов времени; им предлагается как можно шире распространять эту информацию в периодической печати, бюллетенях и т. п.

3.3 Когда DUT1 распространяется с помощью кода, этот код должен отвечать следующим принципам (за исключением § 3.4, ниже):

– величина DUT1 определяется количеством отмеченных секундных маркеров, а знак DUT1 определяется положением отмеченных секундных маркеров относительно минутного маркера. Отсутствие отмеченных маркеров показывает, что DUT1 = 0;

– закодированная информация должна передаваться после каждой определенной минуты, если это совместимо с форматом излучения. Как альтернатива, закодированная информация должна передаваться как абсолютный минимум после каждой из первых пяти определенных минут в каждом часе.

Все подробности кода приводятся в Приложении 2.

3.4 Информация по DUT1, предназначенная главным образом для использования в аппаратуре автоматического декодирования, может поступать в различном коде, но она должна быть передана после каждой определенной минуты, если это совместимо с форматом передачи. Как альтернатива, закодированная информация должна передаваться как абсолютный минимум после каждой из первых пяти определенных минут в каждом часе.

3.5 Другая информация, которая может быть передана в части излучения сигналов времени, предназначенной в соответствии с § 3.3 и 3.4 для кодированной информации по DUT1, должна существенно отличаться по формату, для того чтобы не могла быть принята за информацию по DUT1.

3.6 Кроме того, разность UT1 – UTC с той же самой или более высокой точностью может быть передана и другими способами, например с помощью сообщений, связанных с морскими сводками, прогнозами погоды и т. п.; объявление о приближающихся сроках ввода дополнительных секунд также может быть сделано этими способами.

3.7 Требуется, чтобы служба IERS продолжала публиковать окончательные величины разностей UT1 – UTC и UT2 – UTC.

E DTAI

Величина разности TAI – UTC, распространяемой вместе с сигналами времени, обозначается через DTAI. Величину DTAI = TAI – UTC можно рассматривать как поправку, которую необходимо добавить к UTC, чтобы получить время TAI.

Величины разности TAI – UTC публикуются в Циркуляре T BIPM. Служба IERS должна объявлять величину DTAI в числах, кратных одной секунде, в том же объявлении, которое используется при введении дополнительной секунды (см. § D.2).

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Коды для передачи DUT1

Положительное значение DUT1 должно указываться путем выделения ряда n последовательных секундных маркеров, следующих за минутным маркером, от первого секундного маркера до маркера n включительно; здесь n является целым числом от 1 до 8 включительно.

$$\text{DUT1} = (n \times 0{,}1)\ \text{с}$$

Отрицательное значение DUT1 должно указываться путем выделения ряда m последовательных секундных маркеров, следующих за минутным маркером, от девятого секундного маркера до секундного маркера $(8 + m)$ включительно; здесь m является целым числом от 1 до 8 включительно.

$$\text{DUT1} = -(m \times 0{,}1)\ \text{с}$$

Нулевое значение DUT1 должно указываться отсутствием выделенных секундных маркеров.

Соответствующие секундные маркеры могут быть выделены, например удлинением, сдваиванием, разделением или тональной модуляцией обычных секундных маркеров.

Примеры:

РИСУНОК 1
DUT1 = +0,5 с

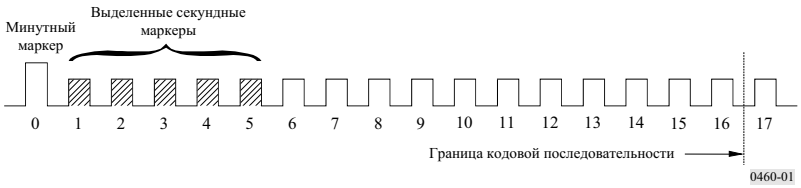
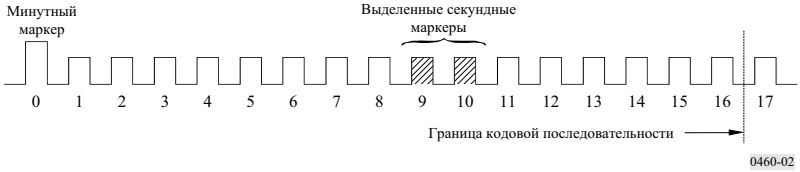


РИСУНОК 2

DUT1 = –0,2 с



ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Датирование событий вблизи дополнительной секунды

Датирование событий вблизи дополнительной секунды должно быть осуществлено способом, показанным на следующих рисунках:

РИСУНОК 3

Положительная дополнительная секунда

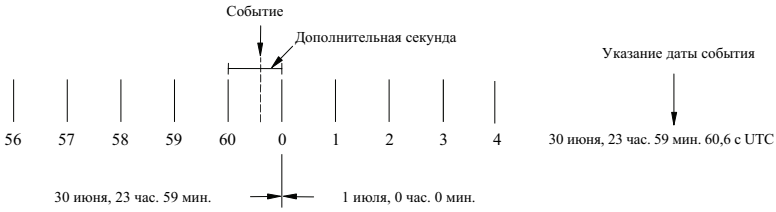
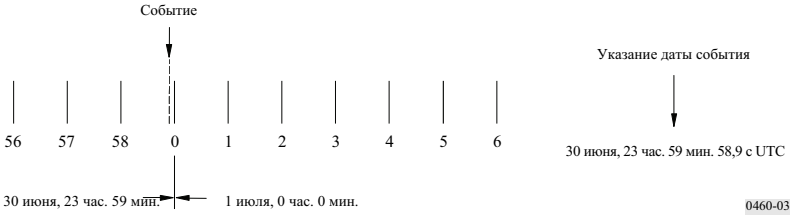


РИСУНОК 4

Отрицательная дополнительная секунда



РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R M.476-5*

БУКВОПЕЧАТАЮЩЕЕ ТЕЛЕГРАФНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ В МОРСКОЙ ПОДВИЖНОЙ СЛУЖБЕ**

(Вопрос МСЭ-R 5/8)

(1970-1974-1978-1982-1986-1995)

Резюме

В Приложении 1 к данной Рекомендации представлены характеристики систем обнаружения и исправления ошибок для существующего буквопечатающего телеграфного оборудования. В Приложении 1 содержатся технические характеристики передачи, коды и режимы работы, используемые в морской подвижной службе. Новое оборудование должно соответствовать Рекомендации МСЭ-R M.625.

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

a) что имеется необходимость в обеспечении связи между подвижными станциями или подвижными и береговыми станциями, оснащенными старт-стопными аппаратами, использующими Международный телеграфный алфавит № 2 МСЭ-Т через посредство радиотелеграфных каналов;

b) что буквопечатающую телеграфную связь в морской подвижной службе можно охарактеризовать следующими категориями:

b.a телеграфная связь между судном и береговой станцией;

b.b телеграфная связь между судном и удаленной станцией (судовладельцем) через береговую станцию;

b.c телексная связь между судном и абонентом (международной) телексной сети;

b.d радиовещательная телеграфная связь от береговой станции к одному или более судам;

b.e телеграфная связь между двумя судами или между одним судном и несколькими судами;

c) что эти категории различны по характеру, и, следовательно, может потребоваться различный уровень качества передачи;

d) что категории, указанные в пунктах b.a, b.b и b.c выше, могут потребовать более высокого качества передачи, чем категории b.d и b.e по той причине, что через службы по категориям b.a, b.b и b.c могли бы обрабатываться данные, в то время как сообщения, проходящие через службу категории b.d и через радиовещательную службу категории b.e, передаются открытым текстом, допускающим более низкое качество передачи, чем то, которое требуется для кодированной информации;

---

* Данная Рекомендация должна быть доведена до сведения Международной морской организации (ИМО) и Сектора стандартизации электросвязи (МСЭ-Т).

** Данная Рекомендация остается в силе для того, чтобы предоставить информацию относительно существующего оборудования, но позднее она, возможно, будет исключена. Новое оборудование должно соответствовать Рекомендации МСЭ-R M.625, которая обеспечивает обмен сигналами опознавания при использовании 9-значных сигналов опознавания морской подвижной службы и совместимость с существующим оборудованием, спроектированным в соответствии с данной Рекомендацией.

Примечание Секретариата: Ссылки на Регламент радиосвязи (РР), сделанные в данной Рекомендации, относятся к РР, пересмотренному Всемирной конференцией радиосвязи 1995 года. Эти части РР войдут в силу 1 июня 1998 года. При необходимости в квадратных скобках также представлены эквивалентные ссылки на действующий Регламент радиосвязи.

e) что служба категории b.d и радиовещательная служба категории b.e не могут воспользоваться преимуществом метода ARQ из-за отсутствия в принципе обратной связи;

f) что для тех категорий служб, которые по своему характеру не допускают использования режима ARQ, должен использоваться другой режим, например режим упреждающей коррекции ошибок (FEC);

g) что период синхронизации и фазирования должен быть как можно более коротким и не должен превышать 5 с;

h) что большинство судовых станций не всегда допускают одновременное использование радиопередатчика и радиоприемника;

j) что судовое оборудование не должно быть ни излишне сложным, ни дорогим,

рекомендует,

1 что если для буквопечатающей телеграфии в морской подвижной службе используется система обнаружения и исправления ошибок, то должна применяться 7-элементная система ARQ или 7-элементная система с прямым исправлением ошибок и временным разнесением, использующие один и тот же код;

2 чтобы оборудование, разработанное в соответствии с § 1, удовлетворяло характеристикам, изложенным в Приложении 1.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

1 Общие положения (режим A (ARQ) и режим B (FEC))

1.1 Система как в режиме A (ARQ), так и в режиме B (FEC) является одноканальной синхронной системой, использующей 7-элементный код с обнаружением ошибок, как указано в § 2 настоящего Приложения.

1.2 Частотная манипуляция используется на радиолинии при скорости 100 Бод. Задающий генератор, регулирующий скорость модуляции, должен иметь точность лучше, чем 30×10^{-6}.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Некоторые существующие устройства не удовлетворяют этому требованию.

1.3 Вход и выход оконечного устройства должен быть рассчитан на прием 5-элементного старт-стопного кода Международного телеграфного алфавита № 2 МСЭ-Т при скорости модуляции 50 Бод.

1.4 Класс излучения – это F1B или J2B при частотном сдвиге на радиолинии, составляющем 170 Гц. Если частотный сдвиг создается путем подведения тональных сигналов на вход передатчика с одной боковой полосой, то центральная частота звукового спектра, подводимого к передатчику, должна быть 1700 Гц.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Ряд устройств, находящихся в настоящее время в эксплуатации, использует среднюю частоту 1500 Гц. Это может требовать специальных мер для обеспечения совместимости.

1.5 Допустимое отклонение радиочастоты передатчика и приемника от номинала должно быть в соответствии с Рекомендацией МСЭ-R SM.1137. Желательно, чтобы приемник использовал минимальную практически допустимую ширину полосы (см. также Отчет МСЭ-R M.585).

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Ширина полосы приемника должна быть предпочтительно в пределах 270–340 Гц.

2 Таблица перевода

2.1 Информационные сигналы обмена

ТАБЛИЦА 1

№ комбинации	Буквенный регистр	Цифровой регистр	Код Международного телеграфного алфавита № 2	Переданный 7-элементный сигнал (1)
1	A	–	ZZAAA	BBBYYYB
2	B	?	ZAAZZ	YBYYBBB
3	C	:	AZZZA	BYBBBYY
4	D	☒(3)	ZAAZA	BBYYBYB
5	E	3	ZAAAA	YBBYBYB
6	F	(2)	ZAZZA	BBYBBYY
7	G	(2)	AZAZZ	BYBYBBY
8	H	(2)	AAZAZ	BYYBYBB
9	I	8	AZZAA	BYBBYYB
10	J	Звуковой сигнал	ZZAZA	BBBYBYY
11	K	(	ZZZZA	YBBBBYY
12	L	)	AZAAZ	BYBYYBB
13	M	.	AAZZZ	BYYBBBY
14	N	,	AAZZA	BYYBBYB
15	O	9	AAAZZ	BYYYBBB
16	P	0	AZZAZ	BYBBYBY
17	Q	1	ZZZAZ	YBBBYBY
18	R	4	AZAZA	BYBYBYB
19	S	'	ZAZAA	BBYBYYB
20	T	5	AAAAZ	YYBYBBB
21	U	7	ZZZAA	YBBBYYB
22	V	=	AZZZZ	YYBBBBY
23	W	2	ZZAAZ	BBBYYBY
24	X	/	ZAZZZ	YBYBBBY
25	Y	6	ZAZAZ	BBYBYBY
26	Z	+	ZAAAZ	BBYYYBB
27	← (Возврат каретки)		AAAZA	YYYBBBB
28	≡ (Перевод строки)		AZAAA	YYBBYBB
29	↓ (Буквенный регистр)		ZZZZZ	YBYBBYB
30	↑ (Цифровой регистр)		ZZAZZ	YBBYBBY
31	Пробел		AAZAA	YYBBBYB
32	Неперфорированная лента		AAAAA	YBYBYBB

(1) "B" представляет высшую излучаемую частоту, а "Y" – низшую.

(2) В настоящее время не присвоено (см. пункт C8, Рекомендация МСЭ-T F.1). Однако прием таких сигналов не должен вызывать запрос о повторении.

(3) Показанный знак представляет собой схематическое изображение мальтийского креста ✠, которое также может быть использовано, если это позволяет аппаратура (Рекомендация МСЭ-T F.1).

2.2 Служебные информационные сигналы

ТАБЛИЦА 2

Режим "A" (ARQ)	Переданный сигнал	Режим "B" (FEC)
Контрольный сигнал 1 (CS1)	BYBYYBB	
Контрольный сигнал 2 (CS2)	YBYBYBB	
Контрольный сигнал 3 (CS3)	BYYBBYB	
Холостой сигнал β	BBYYBBY	
Холостой сигнал α	BBBBYYY	Фазирующий сигнал 1
Повторение сигнала	YBBYYBB	Фазирующий сигнал 2

3 Характеристики

3.1 **Режим A (ARQ)** (см. рисунки 1 и 2)

Синхронная система, передающая блоки по три знака от станции, передающей информацию (ISS), к станции, принимающей информацию (IRS); при этом станции могут с помощью контрольного сигнала 3 (см. § 2.2) взаимно менять свои функции.

3.1.1 **Функции ведущей и ведомой станций**

3.1.1.1 Станция, которая начинает установление цепи связи (вызывающая станция), становится "ведущей", а станция, которую вызывают, будет "ведомой" станцией;

эта ситуация остается неизменной на весь период времени, в течение которого поддерживается установленная цепь связи независимо от того, какая из станций является в данный момент станцией, передающей информацию (ISS), или станцией, принимающей информацию (IRS);

3.1.1.2 задающий генератор ведущей станции управляет всей цепью (см. диаграмму синхронизации цепи, рисунок 1);

3.1.1.3 основной цикл синхронизации составляет 450 мс и состоит для каждой станции из периода передачи и последующей паузы, во время которой осуществляется прием;

3.1.1.4 временной распределитель передачи ведущей станции управляется задающим генератором ведущей станции;

3.1.1.5 временной распределитель приема ведомой станции управляется принимаемым сигналом;

3.1.1.6 временной распределитель передачи ведомой станции подстраивается по фазе с временным распределителем приема ведомой станции, то есть временной интервал между концом принимаемого сигнала и началом передаваемого (t_E на рисунке 1) – постоянный;

3.1.1.7 временной распределитель приема ведущей станции управляется принимаемыми сигналами.

3.1.2 **Станция, передающая информацию (ISS)**

3.1.2.1 Группирует информацию, подлежащую передаче, в блоки, состоящие из трех знаков (3×7 сигнальных элементов), включая, при необходимости, "холостые сигналы β" для завершения или заполнения блоков при отсутствии информации для обмена;

3.1.2.2 передает "блок" в течение 210 мс, после чего наступает пауза в передаче, равная 240 мс, сохраняя переданный блок в памяти до тех пор, пока не будет принят соответствующий контрольный сигнал, подтверждающий правильный прием станцией, принимающей информацию (IRS);

3.1.2.3 нумерует следующие один за другим блоки попеременно "Блок 1" и "Блок 2" с помощью местного нумерующего устройства. Первый блок должен быть пронумерован как "Блок 1" или как "Блок 2" в зависимости от того, является ли принятый контрольный сигнал (см. § 3.1.4.5) контрольным сигналом 1 или контрольным сигналом 2. Нумерация последовательных блоков прерывается при приеме:

– запроса о повторении; или

– искаженного сигнала; или

– контрольного сигнала 3 (см. § 2.2);

3.1.2.4 передает информацию Блока 1 после приема контрольного сигнала 1 (см. § 2.2);

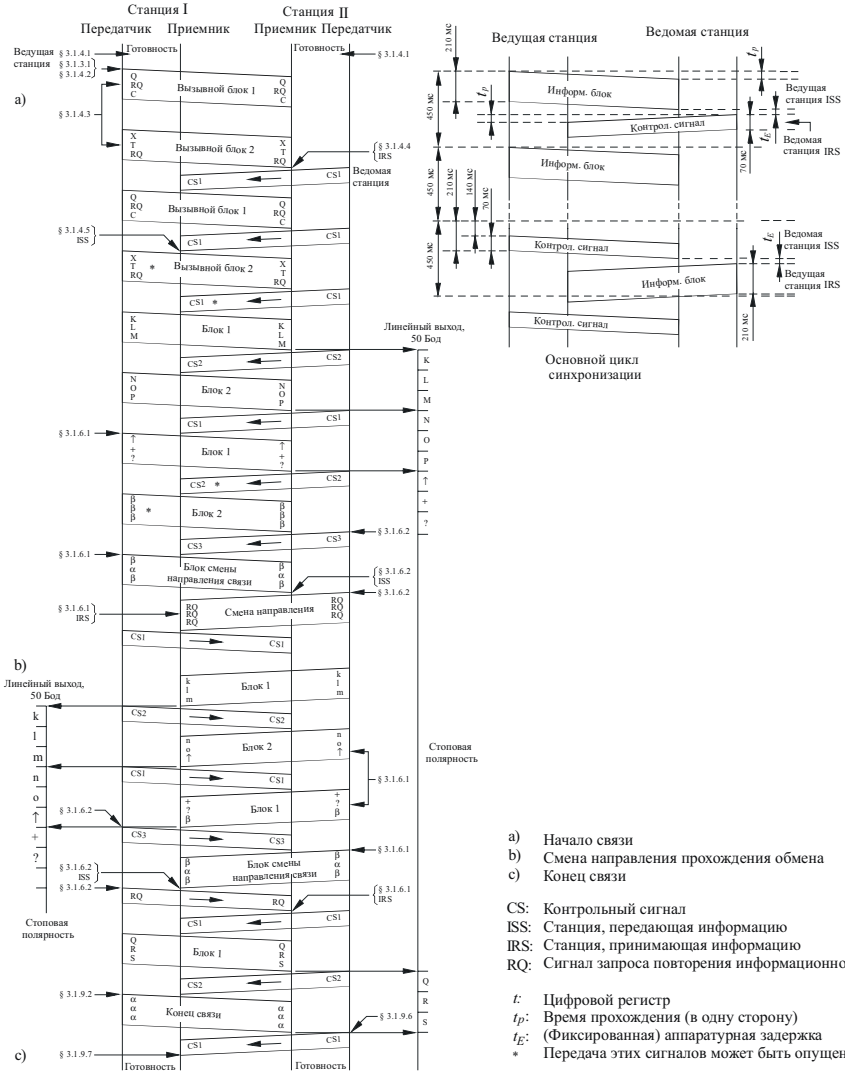
3.1.2.5 передает информацию Блока 2 после приема контрольного сигнала 2 (см. § 2.2);

3.1.2.6 передает блок из трех сигналов "повторения сигнала" после приема искаженного сигнала (см. § 2.2).

РИСУНОК 1

Работа в режиме A

Номер избирательного вызова 32610, передаваемый как Q(RQ)C XT(RQ)
(см. Рекомендацию МСЭ-R M.491 § 2, 3)



a) Начало связи
b) Смена направления прохождения обмена
c) Конец связи

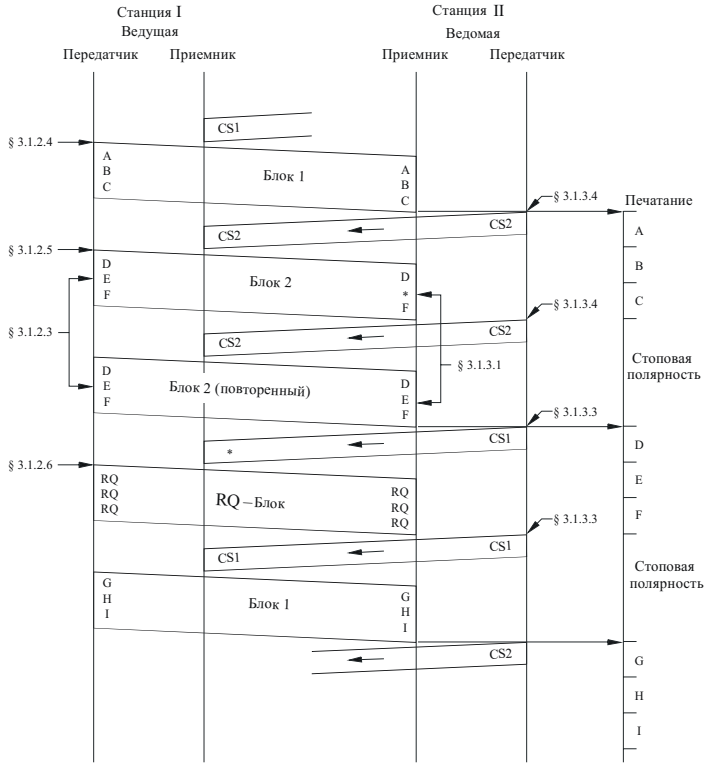
CS: Контрольный сигнал
ISS: Станция, передающая информацию
IRS: Станция, принимающая информацию
RQ: Сигнал запроса повторения информационного сигнала

t: Цифровой регистр
t_P: Время прохождения (в одну сторону)
t_E: (Фиксированная) аппаратурная задержка
* Передача этих сигналов может быть опущена

D01

РИСУНОК 2

Режим A в условиях приема с ошибками



* Символ обнаружения ошибки

D02

3.1.3 Станция, принимающая информацию (IRS)

3.1.3.1 Нумерует принятые блоки, состоящие из трех знаков, попеременно "Блок 1" и "Блок 2" местным нумерующим устройством; нумерация прерывается при приеме:

– блока, в котором искажен один или более знаков; или

– блока, содержащего по крайней мере один сигнал "повторение сигнала" (§ 3.1.2.6);

3.1.3.2 после приема каждого блока передает один из контрольных сигналов длительностью 70 мс, после чего наступает пауза в передаче на 380 мс;

3.1.3.3 передает контрольный сигнал 1 при приеме:

– неискаженного "Блока 2", или

– искаженного "Блока 1", или

– "Блока 1", содержащего по крайней мере один сигнал "повторение сигнала";

3.1.3.4 передает контрольный сигнал 2 при приеме:

– неискаженного "Блока 1", или

– искаженного "Блока 2", или

– "Блока 2", содержащего по крайней мере один сигнал "повторение сигнала".

3.1.4 Фазирование

3.1.4.1 Когда цепь связи не установлена, обе станции находятся в состоянии "готовность". В этом состоянии ни одной из станций не присваивается ISS или IRS, состояние ведущей или ведомой;

3.1.4.2 станция, желающая установить связь, передает сигнал "вызов". Этот сигнал "вызов" формируется двумя блоками, состоящими из трех сигналов (см. Примечание 1);

3.1.4.3 сигнал вызова содержит:

– в первом блоке: "повторение сигнала" на месте второго знака и любую комбинацию из информационных сигналов (см. Примечание 2) на месте первого и третьего знаков;

– во втором блоке: "повторение сигнала" на месте третьего знака, перед которым на месте первого и второго знаков передается любая комбинация из 32 информационных сигналов (см. Примечание 2);

3.1.4.4 после приема надлежащего сигнала вызова вызываемая станция переходит из состояния "готовность" в состояние IRS и передает контрольный сигнал 1 или контрольный сигнал 2;

3.1.4.5 после приема двух последовательных идентичных контрольных сигналов вызывающая станция переходит в состояние ISS и работает в соответствии с § 3.1.2.4 и § 3.1.2.5.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Станции, использующей сигнал вызова, состоящий из двух блоков, должен быть присвоен номер в соответствии с пп. S19.37, S19.83 и S19.92–S19.95 Регламента радиосвязи [пп. 2088, 2134 и 2143–2146].

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Композиция этих сигналов и их присвоение индивидуальным судовым станциям требуют международного соглашения (см. Рекомендацию МСЭ-R M.491).

3.1.5 Рефазирование (Примечание 1)

3.1.5.1 Если прием информационных блоков или контрольных сигналов непрерывно искажается, то система возвращается в состояние "готовность" после предварительно установленного по решению пользователя интервала времени (предварительно установленным интервалом времени предпочтительно должна быть продолжительность 32 циклов по 450 мс) непрерывно повторяемого приема; станция, которая является ведущей в момент прерывания связи, немедленно начинает рефазирование по тем же принципам, что и в § 3.1.4;

3.1.5.2 если в момент прерывания ведомая станция была в состоянии IRS, то во избежание потери информационного блока после возобновления связи должен передаваться вновь после фазирования тот же контрольный сигнал, который был передан последним перед прерыванием связи. (Некоторая существующая аппаратура не удовлетворяет этому требованию.);

3.1.5.3 однако если в момент прерывания связи ведомая станция находится в состоянии ISS, она передает после приема соответствующих блоков вызова либо:

– контрольный сигнал 3; либо

– контрольный сигнал 1 или 2 в соответствии с § 3.1.4.4, после чего передается контрольный сигнал 3 для начала перехода в состояние ISS;

3.1.5.4 если рефазирование не заканчивается в течение временного интервала согласно § 3.1.9.1, то система возвращается в состояние "готовность" и никаких дальнейших попыток рефазирования не предпринимается.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Некоторые береговые станции не обеспечивают рефазирование (см. также Рекомендацию МСЭ-R M.492).

3.1.6 Смена направления связи

3.1.6.1 Станция, передающая информацию (ISS)

– Передает для инициации смены направления обмена информацией последовательность информационных сигналов "цифровой регистр" – "плюс" – ("Z в цифровом регистре") – "вопросительный знак" ("B в цифровом регистре") (см. Примечание 1), за которыми следует, при необходимости, один или более "холостых сигналов β" для завершения блока;

– передает после приема контрольного сигнала 3 блок, содержащий сигналы "холостой сигнал β" – "холостой сигнал α" – "холостой сигнал β";

– далее после приема "повторение сигнала" переходит в положение IRS.

3.1.6.2 Станция, принимающая информацию (IRS)

– Передает контрольный сигнал 3:

a) когда станция хочет перейти в ISS,

b) после приема блока, в котором завершается (см. Примечание 1) последовательность информационных сигналов "цифровой регистр" – "плюс" – ("Z в цифровом регистре") – "вопросительный знак" ("B в цифровом регистре"), или после приема следующего блока. В последнем случае IRS должна игнорировать тот факт, что в последнем блоке были искажены один или более знаков:

– переходит затем в ISS после приема блока, содержащего последовательность сигналов "холостой сигнал β" – "холостой сигнал α" – "холостой сигнал β";

– передает один раз "повторение сигнала", если она ведущая, или блок из трех сигналов "повторение сигнала", если она ведомая, после перехода в ISS.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – В сети телекс сигнальная последовательность комбинация № 26 – комбинация № 2, передаваемая в то время, когда телетайпы находятся в цифровом режиме, используется для начала смены направления обмена информацией, IRS поэтому необходимо отслеживать, был ли обмен информацией в буквенном или в цифровом режиме, чтобы обеспечить правильную работу системы из конца в конец.

3.1.7 Выход в линию

3.1.7.1 Сигнал, передаваемый в линию на оконечное устройство, является 5-элементным старт-стопным сигналом, передаваемым со скоростью модуляции 50 Бод.

3.1.8 Автоответ

3.1.8.1 Для запроса опознавания терминала используется последовательность WRU ("Кто Вы?"), которая состоит из комбинаций № 30 и № 4 Международного телеграфного алфавита № 2 МСЭ-Т.

3.1.8.2 Станция, принимающая информацию (IRS), после приема блока, содержащего последовательность WRU, которая должна включить автоответчик телетайпа:

– изменяет направление потока обмена информацией в соответствии с § 3.1.6.2;

– передает информационные знаки сигнала, полученные от генератора кода автоответчика телетайпа;

– после передачи двух блоков "холостых сигналов β" (по окончании передачи кода автоответа или в случае его отсутствия) меняет направление потока обмена информацией в соответствии с § 3.1.6.1.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Некоторая существующая аппаратура не удовлетворяет этому требованию.

3.1.9 Окончание связи

3.1.9.1 При непрерывном искажении приема информационных блоков или контрольных сигналов система возвращается в состояние "готовность" после повторения их в течение предварительно установленного интервала времени, что приводит к прекращению установленной цепи связи (предпочтительным установленным интервалом должна быть длительность передачи 64 циклов по 450 мс);

3.1.9.2 станция, которая желает прекратить установленную цепь связи, передает "сигнал окончания связи";

3.1.9.3 "сигнал окончания связи" состоит из блока, содержащего три "холостых сигнала α";

3.1.9.4 "сигнал окончания связи" передается ISS;

3.1.9.5 если IRS желает прекратить установленную цепь связи, она должна перейти в ISS в соответствии с § 3.1.6.2;

3.1.9.6 IRS, которая принимает "сигнал окончания связи", передает соответствующий контрольный сигнал и возвращается в состояние "готовность";

3.1.9.7 после приема контрольного сигнала, который подтверждает неискаженный прием "сигнала окончания связи", ISS возвращается в состояние "готовность";

3.1.9.8 если после предварительно установленного количества передач "сигнала окончания связи" (см. Примечание 1) не принят контрольный сигнал, подтверждающий неискаженный прием сигнала "конец связи", ISS возвращается в исходное состояние, а IRS отсчитывает время в соответствии с § 3.1.9.1.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Предпочтительно установленное количество передач должно составлять четыре сигнала "конец связи".

3.2 Режим B, прямое исправление ошибок (FEC) (см. рисунки 3 и 4)

Синхронная система, передающая непрерывный поток знаков от станции, передающей в циркулярном режиме "B" (CBSS), к нескольким станциям, принимающим в циркулярном режиме "B" (CBRS), или от станции, передающей в избирательном режиме "B" (SBSS), к одной избранной станции, принимающей в избирательном режиме "B" (SBRS).

3.2.1 Станция, передающая информацию в циркулярном или избирательном режиме B (CBSS или SBSS)

3.2.1.1 Передает каждый знак дважды: за первой передачей (DX) определенного знака следует передача четырех других знаков, после чего происходит повторная передача (RX) первого знака, позволяя вести разнесенный прием с временем разнесения 280 мс;

3.2.1.2 передает в качестве преамбулы перед сообщением или перед позывным сигналом поочередно фазирующий сигнал 1 (см. § 2.2) и фазирующий сигнал 2 (см. § 2.2), причем фазирующий сигнал 1 передается в позиции RX, а фазирующий сигнал 2 – в позиции DX. Должны быть переданы по крайней мере четыре такие сигнальные пары (фазирующий сигнал 1 и фазирующий сигнал 2).

3.2.2 Станция, передающая информацию в циркулярном режиме B (CBSS)

3.2.2.1 Передает во время перерыва между двумя сообщениями таким же способом фазирующие сигналы 1 и фазирующие сигналы 2 в позициях RX и DX, соответственно.

3.2.3 Станция, передающая в избирательном режиме B (SBSS)

3.2.3.1 Передает после передачи требуемого количества фазирующих сигналов (см. § 3.2.1.2) позывной сигнал станции, которая должна быть избрана. Этот позывной сигнал – последовательность из четырех знаков, представляющих код номера вызываемой станции. Состав этого позывного сигнала должен соответствовать Рекомендации МСЭ-R M.491. Такая передача осуществляется в режиме временного разнесения в соответствии с § 3.2.1.1;

3.2.3.2 передает позывной и все последующие сигналы с соотношением 3B/4Y, то есть инвертированно по отношению к сигналам в таблице 1, в колонке "переданный 7-элементный сигнал". Следовательно, все сигналы, то есть и информационные сигналы обмена и служебные информационные сигналы после фазирующих сигналов, передаются с соотношением 3B/4Y;

3.2.3.3 передает служебный информационный сигнал "холостой сигнал β" в промежутке времени между сообщениями, состоящими из информационных сигналов обмена.

3.2.4 Станция(ии), принимающая(ие) информацию в циркулярном или избирательном режиме B (CBRS или SBRS)

3.2.4.1 Проверяет оба знака (DX и RX), печатая неискаженный знак DX или RX либо печатая символ ошибки или пробел, если оба искажены.

3.2.5 Фазирование

3.2.5.1 Когда нет приема, система находится в состоянии "готовность", как описано в § 3.1.4.1;

3.2.5.2 после приема последовательности "*фазирующий сигнал 1*" – "*фазирующий сигнал 2*" или последовательности "*фазирующий сигнал 2*" – "*фазирующий сигнал 1*", в которой фазирующий сигнал 2 определяет позицию DX, а фазирующий сигнал 1 – позицию RX, и как минимум еще одного из последующих фазирующих сигналов на соответствующей позиции система переходит из состояния "готовность" в состояние CBRS;

3.2.5.3 если система начала работу как CBRS, она после приема инвертированных знаков, представляющих ее номер избирательного вызова, переходит в SBRS (избирательно вызванную приемную станцию);

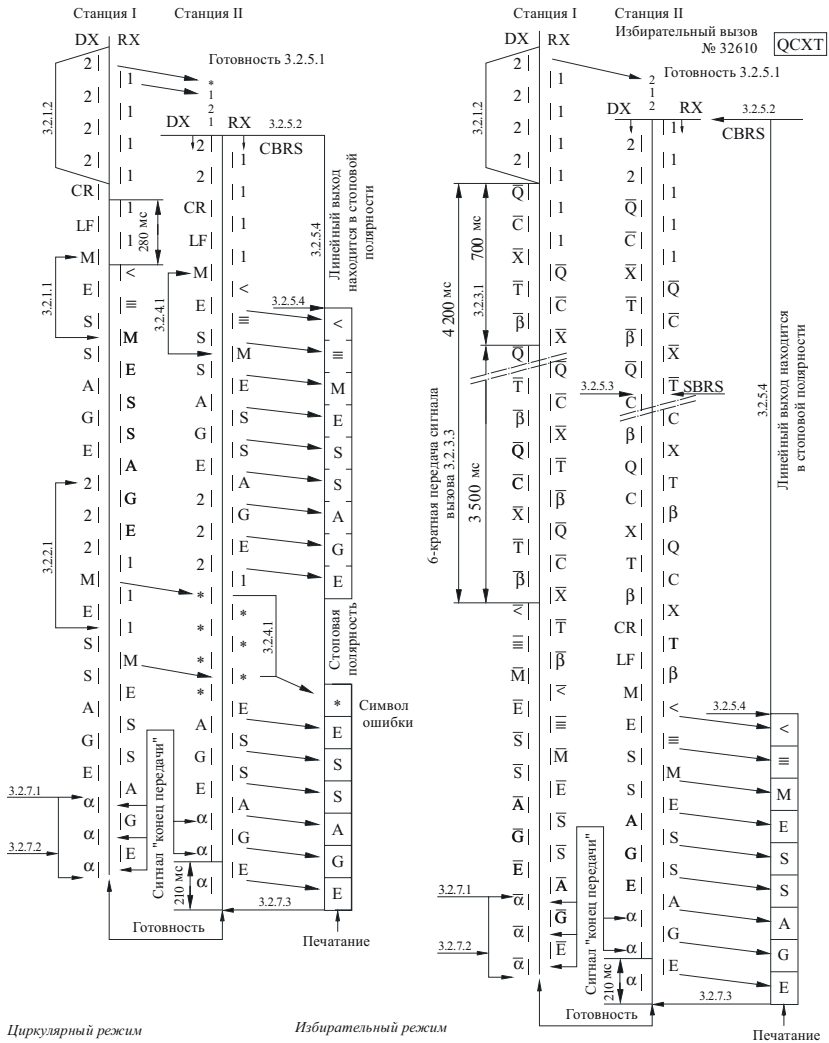
3.2.5.4 после перехода в состояние CBRS или SBRS система выставляет на линейный выход к оконечному устройству стоповую полярность до приема сигнала "возврат каретки" или "перевод строки";

3.2.5.5 если система начала работу как SBRS, ее декодер обратно инвертирует все последующие принимаемые сигналы в соотношении 3Y/4B, так что эти сигналы предлагаются SBRS в правильном соотношении, но остаются инвертированными для всех других станций;

3.2.5.6 как CBRS, так и SBRS возвращаются в состояние "готовность", если в течение предварительно установленного интервала времени процент принятых с искажением сигналов достигнет предварительно установленной величины.

РИСУНОК 3

Работа в режиме B



Циркулярный режим

1: Фазирующий сигнал 1
2: Фазирующий сигнал 2
<: Возврат каретки (CR)
≡: Перевод строки (LF)
* Символ обнаруженной ошибки

Подчеркнутые сверху символы (например, $\overline{M}$) передаются с соотношением 3B/4Y

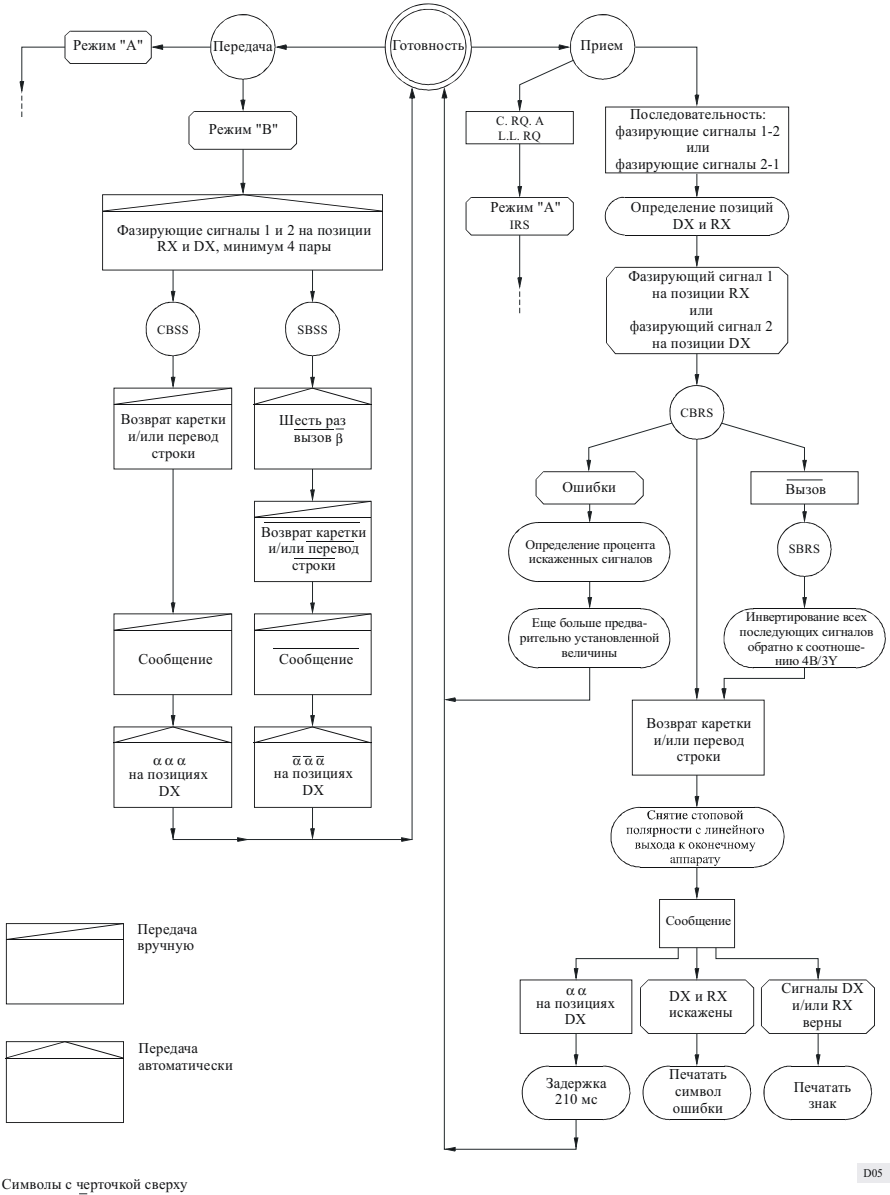
Избирательный режим

CBSS: Режим B Циркулярная передача
CDRS: Режим B Циркулярный прием
SBSS: Режим B Передача в режиме избирательного вызова
SBRS: Режим B Прием в режиме избирательного вызова

D04

РИСУНОК 4

Блок-схема алгоритмов работы в режиме B



Символы с черточкой сверху
(например, $\bar{\alpha}$) передаются/принимаются в соотношении 3B/4Y.

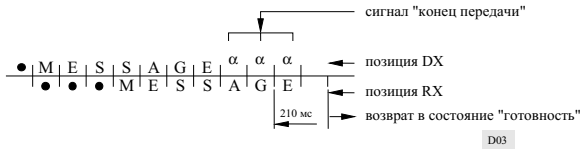
3.2.6 Выход в линию

3.2.6.1 Сигналами на выходе в линию к оконечному аппарату являются 5-элементные старт-стопные сигналы Международного телеграфного алфавита № 2 МСЭ-Т, передаваемые со скоростью модуляции 50 Бод.

3.2.7 Окончание передачи

3.2.7.1 Станция, передающая информацию в режиме "B" (CBSS или SBSS), которая желает закончить сеанс, передает сигнал "окончание передачи";

3.2.7.2 сигнал "окончание передачи" состоит из трех последовательных "холостых сигналов α" (см. § 2.2), передаваемых лишь на позициях DX непосредственно за последним переданным информационным сигналом обмена на позиции DX, после чего станция завершает передачу и возвращается в состояние "готовность";



3.2.7.3 CBRS или SBRS возвращается в состояние "готовность" не позднее, чем через 210 мс после приема по крайней мере двух подряд идущих "холостых сигналов α" на позиции DX.

РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R M.489-2*

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОВЧ РАДИОТЕЛЕФОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ, РАБОТАЮЩЕГО В МОРСКОЙ ПОДВИЖНОЙ СЛУЖБЕ В КАНАЛАХ, РАЗНЕСЕННЫХ НА 25 кГц

(1974-1978-1995)

Резюме

В данной Рекомендации описываются технические характеристики ОВЧ радиотелефонных передатчиков и приемников (или приемо-передатчиков), используемых в морской подвижной службе при работе в каналах, разнесенных на 25 кГц, приведенных в Приложении S18 [Приложение 18] Регламента радиосвязи (РР). В ней также содержатся дополнительные характеристики приемо-передатчиков, требуемые для работы цифрового избирательного вызова.

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

a) что Резолюцией № 308 Всемирной административной радиоконференции (Женева, 1979 г.) предусматривается, что:

– к 1 января 1983 года все оборудование в морской подвижной ОВЧ радиотелефонной службе должно соответствовать стандартам разноса 25 кГц между каналами;

b) что в Приложении S18 [Приложение 18] к Регламенту радиосвязи приводится таблица частот передачи, которая основана на принципе разноса каналов в 25 кГц для морской подвижной службы;

c) что в Мнении 42 Международной электротехнической комиссии (МЭК) было предложено рекомендовать Сектору радиосвязи МСЭ методы измерений, применимые к радиооборудованию, используемому в сухопутных подвижных службах; и что такие методы измерения могут быть также применимы для радиооборудования, используемого в морской подвижной службе;

d) что необходимо определить технические характеристики ОВЧ радиотелефонного оборудования, работающего в морской подвижной службе на каналах, разнесенных на 25 кГц,

рекомендует,

1 чтобы ОВЧ (метровое) ЧМ радиотелефонное оборудование, используемое для морской подвижной службы на частотах, указанных в Приложении S18 [Приложение 18] к Регламенту радиосвязи, соответствовало следующим характеристикам.

1.1 Общие характеристики

1.1.1 Класс излучения должен быть F3E/G3E.

1.1.2 Необходимая ширина полосы должна быть 16 кГц.

1.1.3 Должна применяться только фазовая модуляция (частотная модуляция с предыскажением частотной характеристики в 6 дБ на октаву).

---

* Данная Рекомендация должна быть доведена до сведения Международной морской организации (ИМО) и Сектора стандартизации электросвязи (МСЭ-Т).

Примечание Секретариата: Ссылки на Регламент радиосвязи (РР), сделанные в данной Рекомендации, относящиеся к РР, пересмотренному Всемирной конференцией радиосвязи 1995 года. Эти части РР войдут в силу 1 июня 1998 года. При необходимости, в квадратных скобках также представлены эквивалентные ссылки на действующий Регламент радиосвязи.

1.1.4 Девиация частоты, соответствующая 100% модуляции, должна достигать ±5 кГц в максимально возможной степени. Девиация частоты не должна превышать значения ±5 кГц ни при каких обстоятельствах. Цепи ограничения девиации должны использоваться таким образом, чтобы максимально достижимая девиация частоты не зависела от входной звуковой частоты.

1.1.5 При использовании дуплексных или полудуплексных систем, характеристики радиооборудования должны также соответствовать всем требованиям данной Рекомендации.

1.1.6 Оборудование должно быть спроектировано таким образом, чтобы перестройка частоты между присвоенными каналами могла быть осуществлена в течение 5 с.

1.1.7 Источник излучения должен обеспечивать вертикальную поляризацию.

1.1.8 Станции, использующие цифровой избирательный вызов, должны иметь следующие возможности:

a) чувствительность для определения наличия сигнала на частоте 156,525 МГц (канал 70); и

b) автоматическое предотвращение передачи вызова, за исключением случаев бедствия и обеспечения безопасности, когда канал занят вызовами.

1.2 Передатчики

1.2.1 Допустимое отклонение частоты для передатчиков береговых станций не должно превышать 5×10^{-6}, а для передатчиков судовых станций – 10×10^{-6}.

1.2.2 Побочные излучения на дискретных частотах, измеренные на безреактивном эквиваленте нагрузки при номинальном выходном сопротивлении передатчика, должны соответствовать положениям Приложения S3 [Приложения 8] к Регламенту радиосвязи.

1.2.3 Мощность несущей частоты для береговых станций не должна обычно превышать 50 Вт.

1.2.4 Мощность несущей частоты для передатчиков судовых станций не должна превышать 25 Вт. Должны быть предусмотрены меры для оперативного уменьшения этой мощности до 1 Вт или менее при использовании на коротких расстояниях, за исключением оборудования цифрового избирательного вызова, работающего на частоте 156,525 МГц (канал 70), в этом случае использования средств снижения мощности не обязательно (см. также п. 3.7 раздела *рекомендует* Рекомендации МСЭ-R M.541).

1.2.5 Верхний предел полосы звуковых частот не должен превышать 3 кГц.

1.2.6 Мощность, излучаемая кожухом, не должна превышать 25 мкВт. В некоторых случаях радиообстановка может потребовать более низких значений.

1.3 Приемники

1.3.1 Эталонная чувствительность должна быть равна или меньше 2,0 мкВ, э.д.с. для данного эталонного отношения сигнал/шум на выходе приемника.

1.3.2 Избирательность по соседнему каналу должна быть не менее 70 дБ.

1.3.3 Ослабление побочного излучения должно быть не менее 70 дБ.

1.3.4 Подавление радиочастотной интермодуляции должно быть не менее 65 дБ.

1.3.5 Мощность любого подводимого побочного излучения, измеренная на входе антенны, не должна превышать 2,0 нВт на любой дискретной частоте. В некоторых случаях радиообстановка может потребовать более низких значений.

1.3.6 Эффективная излучаемая мощность любого побочного излучения от кожуха на любой частоте до 70 МГц не должна превышать 10 нВт. Выше 70 МГц побочные излучения не должны превышать 10 нВт более чем на 6 дБ на октаву на частотах до 1000 МГц. В некоторых случаях радиообстановка может потребовать более низких значений.

2 что следует также пользоваться Рекомендациями МСЭ-R SM.331 и МСЭ-R SM.332 и соответствующими публикациями МЭК по методам измерения.

_____

РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R M.492-6*

ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ПРОЦЕДУРЫ ДЛЯ БУКВОПЕЧАТАЮЩЕГО ТЕЛЕГРАФНОГО ОБОРУДОВАНИЯ В МОРСКОЙ ПОДВИЖНОЙ СЛУЖБЕ

(Вопрос МСЭ-R 5/8)

(1974-1978-1982-1986-1990-1992-1995)

Резюме

В Приложении 1 к данной Рекомендации представлены процедуры эксплуатации буквопечатающего телеграфного оборудования при связи между судовой станцией и береговой станцией в избирательном режиме ARQ на полностью автоматической и полуавтоматической основе и станциями нескольких судов или одного судна в вещательном режиме FEC. В Рекомендации также определена взаимная работа оборудования в соответствии с техническими характеристиками, представленными в Рекомендациях МСЭ-R M.476 и МСЭ-R M.625. В Добавлении 1 содержатся процедуры для установления связи.

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

a) что узкополосные буквопечатающие телеграфные службы используют в работе аппаратуру, описанную в Рекомендациях МСЭ-R M.476, МСЭ-R M.625 и МСЭ-R M.692;

b) что усовершенствованная узкополосная буквопечатающая телеграфная система, обеспечивающая автоматическое опознавание и способная применять 9-значный идентификатор судовой станции, описывается в Рекомендации МСЭ-R M.625;

c) что необходимо согласование эксплуатационных процедур для этих служб;

d) что, насколько возможно, эти процедуры должны быть одинаковы для всех служб и для всех полос частот (различные эксплуатационные процедуры могут потребоваться в полосах частот, отличных от ВЧ и СЧ полос);

e) что имеется большое количество устройств, соответствующих Рекомендации МСЭ-R M.476;

f) что требуется взаимная работа оборудования, соответствующего Рекомендациям МСЭ-R M.476 и МСЭ-R M.625, по крайней мере во время переходного периода,

рекомендует,

1 чтобы в морской подвижной службе в СЧ и ВЧ диапазонах при использовании узкополосного буквопечатающего телеграфного оборудования, соответствующего Рекомендации МСЭ-R M.476 или МСЭ-R M.625, соблюдались эксплуатационные процедуры, приведенные в Приложении 1;

2 чтобы при использовании систем буквопечатающей телеграфии или подобных систем в любой из полос частот, распределенных морской подвижной службе, вызов производился по предварительной договоренности на рабочей частоте, предназначенной для использования такими системами.

---

* Данная Рекомендация должна быть доведена до сведения Международной морской организации (ИМО) и Сектора стандартизации электросвязи (МСЭ-Т).

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Эксплуатационные процедуры

1 Режим A (ARQ)

1.1 Методы, используемые для установления узкополосной буквопечатающей телеграфной связи между судовой станцией и береговой станцией в режиме ARQ, должны быть на полностью автоматической или полуавтоматической основе, исходя из того, что судовая станция должна иметь прямой доступ к береговой станции на приемной частоте последней, а береговая станция должна иметь прямой доступ к судовой станции на передающей частоте береговой станции.

1.2 Однако в случае необходимости не исключается предварительное установление связи кодом Морзе, радиотелефоном или другими способами.

1.3 Соединение с удаленной буквопечатающей станцией по специальной цепи или с абонентом международной телексной сети может осуществляться ручным, полуавтоматическим либо автоматическим способом.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Прежде чем может быть введена международная автоматическая служба, должно быть достигнуто соглашение по плану нумерации, маршрутизации трафика и тарификации сообщений. Это должно рассматриваться МСЭ-T и МСЭ-R.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Рекомендации МСЭ-R M.476 (см. § 3.1.5) и МСЭ-R M.625 (см. § 3.8) предусматривают положения для автоматического восстановления радиолиний путем рефазирования в случае перерыва связи. Однако, как уже отмечалось, в некоторых странах эта процедура приводит к техническим и эксплуатационным проблемам, когда радиоканалы подключаются к коммутируемой сети общего пользования или к определенным типам оборудования автоматизированных коммутаторов или системы накопления и последующей передачи. По этим причинам некоторые береговые станции не принимают сообщения, если используется процедура рефазирования.

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Когда устанавливается связь с международной телексной сетью через береговую станцию в режиме ARQ, то следует удовлетворять, по возможности, общие требования, изложенные в Рекомендации U.63 МСЭ-T.

1.4 Если по предварительной договоренности при связи береговой станции с судном или между двумя судовыми станциями требуется работа без оператора, то на приемной судовой станции приемник должен быть настроен на передающую частоту другой станции, а передатчик должен быть настроен или приспособлен для автоматической настройки на соответствующую частоту и готов работать на этой частоте.

1.5 При необслуживаемой работе судовая станция должна вызываться избирательно вызывающей береговой или судовой станцией, как предусматривается в Рекомендациях МСЭ-R M.476 и МСЭ-R M.625. Эта судовая станция может иметь сообщения, занесенные в память, и быть готова для автоматической передачи их по запросу вызывающей станции.

1.6 При приеме сигнала "включение", передаваемого вызывающей станцией, все имеющиеся на судне в памяти сообщения могут быть переданы.

1.7 В конце обмена должен передаваться сигнал "конец связи", по которому судовое оборудование автоматически переводится в состояние готовности.

1.8 Сигнал "свободный канал" может передаваться береговой станцией, если необходимо указывать, что канал открыт для обмена. Передача сигналов "свободный канал" должна предпочтительно ограничиваться лишь одним каналом на ВЧ полосу и их продолжительность должна быть как можно меньше. В соответствии со статьей 18 Регламента радиосвязи и учитывая сильную загрузку имеющихся частот для узкополосного буквопечатания в ВЧ полосах, сигналы "свободный канал" не должны применяться в планируемых будущих системах.

1.9 Формат сигнала "свободный канал" должен образовываться из сигналов 7-элементного кода, обнаруживающего ошибки, который указан в § 2 Приложения 1 к Рекомендации МСЭ-R M.476 и в § 2 Приложения 1 к Рекомендации МСЭ-R M.625. Три таких сигнала должны объединяться в блок, в котором средний сигнал должен быть сигналом "повторение" (RQ), первый сигнал блока – любым из сигналов VXKMCF TBOZA и третий сигнал блока – любым из сигналов VMPCYFS OIRZDA (см. Рекомендацию МСЭ-R M.491). Эти сигналы должны указываться в Списке береговых станций МСЭ.

Выбор новых сигналов должен предпочтительно осуществляться таким образом, чтобы они соответствовали первым двум цифрам 4-значного номера опознавания береговой станции. Если это не представляется возможным в связи с отсутствием необходимых знаков в вышеуказанном списке или если это нежелательно в связи с использованием этой комбинации другой береговой станцией, то было бы предпочтительнее выбрать комбинацию знаков из перечисленных выше знаков во второй части каждого ряда, т. е. TBOZA для первого сигнала и OIRZDA для третьего сигнала блока свободного канала. Сигналы в этом блоке передаются со скоростью модуляции 100 Бод, а блоки разделяются паузами в 240 мс. Для ручных систем этот сигнал "свободный канал" должен прерываться либо периодом с отсутствием сигнала, либо сигналом или сигналами, которые позволили бы оператору распознать состояние "свободный канал" на слух. Сигнал, распознаваемый на слух, например сигнал кода Морзе, может использоваться отдельно в качестве сигнала "свободный канал" в ручных системах. По крайней мере 8 блоков 7-элементного сигнала должны передаваться до прерывания.

1.10 В случае работы на одной частоте, как описано в Рекомендации МСЭ-R M.692, сигнал свободного канала должен прерываться периодами прослушивания, составляющими по меньшей мере 3 с.

1.11 Общие эксплуатационные процедуры для установления связи между судовыми и береговыми станциями приведены ниже, а конкретные процедуры приведены в Добавлении 1.

1.12 Процедуры связи вручную

1.12.1 Передача судовой станции береговой станции

1.12.1.1 Оператор судовой станции устанавливает связь с береговой станцией при помощи кода Морзе в режиме A1A, телефона или другими средствами, используя обычные процедуры вызова. Затем оператор запрашивает сеанс буквопечатающей телеграфной связи, обменивается информацией относительно используемых частот и, при необходимости, дает номер избирательного вызова судовой станции для буквопечатающей телеграфии, присвоенный в соответствии с Рекомендацией МСЭ-R M.476 или, при необходимости, Рекомендацией МСЭ-R M.625, или опознаватель, присвоенный в соответствии с Предисловием к Списку VII A.

1.12.1.2 Оператор береговой станции затем устанавливает сеанс буквопечатающей телеграфной связи на согласованной частоте, используя соответствующее опознавание судна.

1.12.1.3 Или же оператор судовой станции при помощи буквопечатающего оборудования вызывает береговую станцию на предварительно определенной частоте приема береговой станции, используя сигнал опознавания береговой станции, присвоенный в соответствии с Рекомендацией МСЭ-R M.476 или, при необходимости, Рекомендацией МСЭ-R M.625, или опознаватель береговой станции, присвоенный в соответствии с Предисловием к Списку VII A.

1.12.1.4 Оператор береговой станции затем устанавливает сеанс буквопечатающей телеграфной связи на соответствующей частоте передачи береговой станции.

1.12.2 Передача береговой станции судовой станции

1.12.2.1 Оператор береговой станции вызывает судовую станцию при помощи кода Морзе в режиме A1A, телефона или другими способами, используя обычные процедуры вызова.

1.12.2.2 Оператор судовой станции затем применяет процедуры § 1.12.1.1 или § 1.12.1.3.

1.12.3 Связь между судами

1.12.3.1 Оператор вызывающей судовой станции устанавливает связь с вызываемой судовой станцией при помощи кода Морзе в режиме A1A, телефона или другими способами, используя обычные процедуры вызова. Затем оператор запрашивает сеанс буквопечатающей телеграфной связи, обменивается информацией относительно используемых частот и, при необходимости, дает номер избирательного вызова буквопечатающей телеграфной связи вызывающей судовой станции, присвоенный в соответствии с Рекомендацией МСЭ-R M.476 или, при необходимости, Рекомендацией МСЭ-R M.625, или опознаватель, присвоенный в соответствии с Предисловием к Списку VII A.

1.12.3.2 Оператор вызываемой судовой станции затем устанавливает буквопечатающую телеграфную связь на согласованной частоте, используя соответствующее опознавание вызывающего судна.

1.13 Процедуры автоматической связи

1.13.1 Передача судовой станции береговой станции

1.13.1.1 Судовая станция вызывает береговую станцию на предварительно установленной частоте приема береговой станции, используя буквопечатающее оборудование и сигнал опознавания береговой станции, присвоенный в соответствии с Рекомендацией МСЭ-R M.476 или, при необходимости, Рекомендацией МСЭ-R M.625, или опознаватель береговой станции, присвоенный в соответствии с Предисловием к Списку VII A.

1.13.1.2 Буквопечатающее оборудование береговой станции обнаруживает вызов и береговая станция отвечает непосредственно на соответствующей частоте передачи береговой станции, либо автоматически, либо при ручном управлении.

1.13.2 Передача береговой станции судовой станции

1.13.2.1 Береговая станция вызывает судовую станцию на предварительно установленной частоте передачи береговой станции, используя буквопечатающее оборудование и номер избирательного вызова буквопечатающей телеграфной связи судовой станции, присвоенный в соответствии с Рекомендацией МСЭ-R M.476 или, при необходимости, Рекомендацией МСЭ-R M.625, или опознаватель судовой станции, присвоенный в соответствии с Предисловием к Списку VII A.

1.13.2.2 Буквопечатающее оборудование судовой станции, настроенное для приема на предварительно установленной частоте передачи береговой станции, обнаруживает вызов, после чего дается ответ одним из следующих способов:

a) судовая станция отвечает либо немедленно на соответствующей частоте приема береговой станции, либо позднее, используя процедуру, описанную в § 1.12.1.3; или

b) передатчик судовой станции автоматически включается на соответствующей частоте приема береговой станции и буквопечатающее оборудование отвечает посредством отправки соответствующих сигналов для указания готовности автоматически принимать сообщения.

1.14 Формат сообщения

1.14.1 При наличии соответствующих возможностей на береговой станции, сообщениями можно обмениваться по телексной сети:

a) в диалоговом режиме, когда связывающиеся станции соединены напрямую, либо автоматически, либо вручную; или

b) в режиме накопления и последующей передачи, когда сообщения накапливаются на береговой станции до тех пор, пока не будет установлен канал связи с вызываемой станцией, либо автоматически, либо вручную.

1.14.2 В направлении берег-судно формат сообщения должен соответствовать обычному формату телексной сети (см. также § 2 Добавления 1).

1.14.3 В направлении судно-берег формат сообщения должен соответствовать эксплуатационным процедурам, описанным в § 1 Добавления 1.

2 Режим B (FEC)

2.1 Сообщения по предварительной договоренности могут передаваться в режиме B от береговой станции или судовой станции к нескольким судам или к одному судну, причем при желании вначале передается код избирательного ввода нужного(ых) судна (судов) в случаях, когда:

2.1.1 приемной судовой станции не разрешается использовать свой передатчик или передатчик не может быть использован, или

2.1.2 информация предназначена более чем для одного судна, или

2.1.3 требуется прием без оператора в режиме B, а автоматическое подтверждение не требуется.

В таких случаях приемники судовых станций должны быть настроены на соответствующую передающую частоту береговой или судовой станции.

2.2 Все сообщения в режиме B должны начинаться с сигналов "возврат каретки" и "перевод строки".

2.3 Когда судовая станция принимает фазирующие сигналы в режиме B, ее телетайп должен автоматически включаться, а когда прием излучений прекращается – автоматически останавливаться.

2.4 Судовая станция может подтверждать прием сообщений в режиме B при помощи кода Морзе в режиме A1A, телефона или других средств.

3 Взаимодействие между оборудованием, соответствующим Рекомендации МСЭ-R M.476 и Рекомендации МСЭ-R M.625

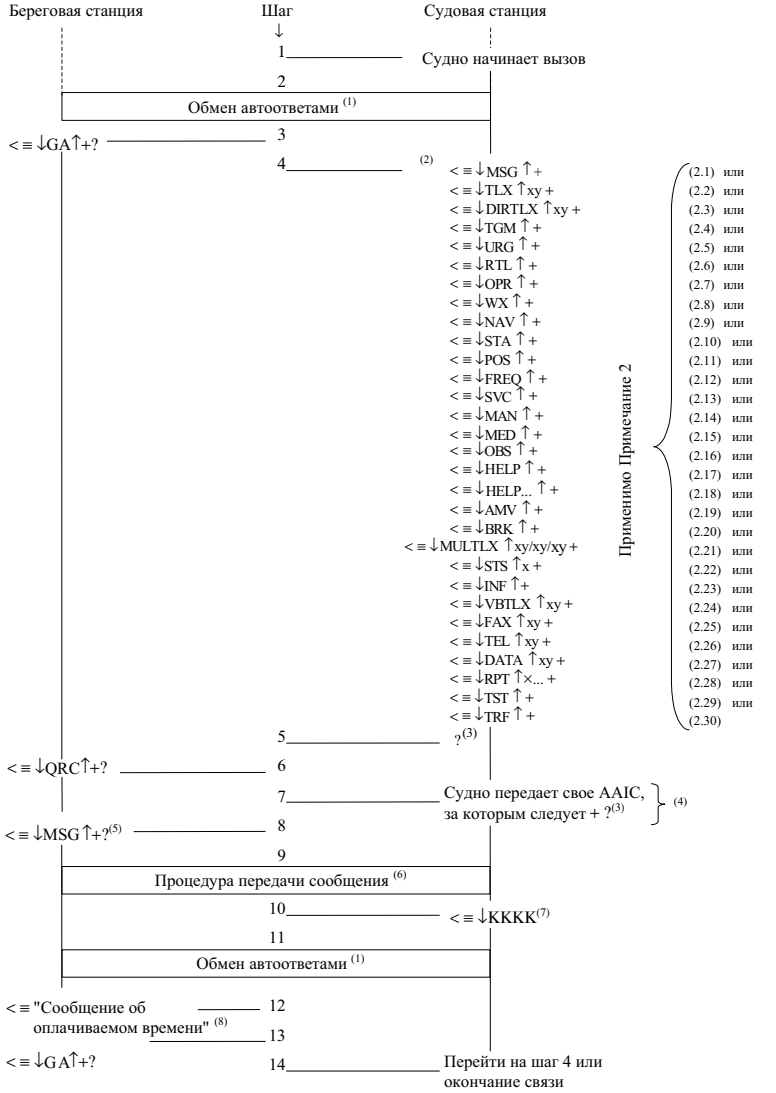
3.1 Рекомендация МСЭ-R M.625 предусматривает автоматическое взаимодействие с оборудованием, соответствующим Рекомендации МСЭ-R M.476. Критерием определения того, что одна или обе станции соответствуют Рекомендации МСЭ-R M.476, является тип и длительность сигнала вызова и состав вызывных блоков.

3.2 Если обе станции имеют оборудование, соответствующее Рекомендации МСЭ-R M.625, то автоматическое опознавание станции является частью процедур автоматического установления связи. Однако, если одна или обе станции имеют оборудование, соответствующее Рекомендации МСЭ-R M.476, автоматического опознавания не происходит. По этой причине, а также потому, что Рекомендация МСЭ-R M.625 предусматривает применение 9-значного опознавателя судовой станции в качестве вызывного сигнала буквопечатающего оборудования, желательно, чтобы любое новое оборудование соответствовало Рекомендации МСЭ-R M.625 как можно скорее.

3.3 Для достижения полной совместимости с большим парком существующего оборудования необходимо присваивать новым станциям как 9-значный, так и 5- (или 4-) значный опознаватель (т. е. 7- и 4-элементные сигналы вызова). Списки судовых и береговых станций должны содержать оба сигнала.

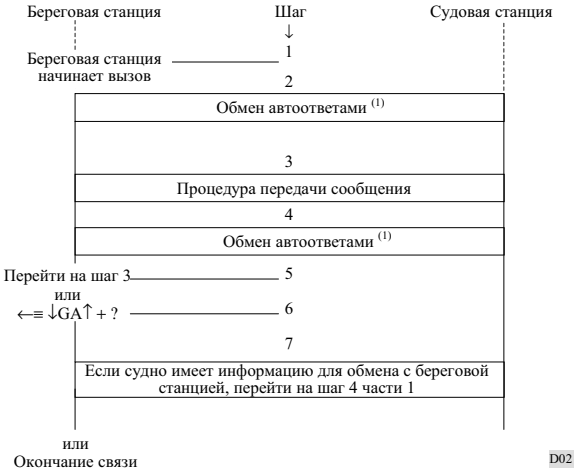
ДОБАВЛЕНИЕ 1

1 Процедура установления связи в направлении судно – береговая станция



2 Процедура установления связи в направлении берег – судовая станция

Работа в направлении береговая станция-судно может потребовать применения режима накопления с последующей передачей вследствие того, что условия распространения радиоволн могут не позволить установить связь в намеченное время.



Примечания, относящиеся к § 1 и 2:

(1) a) При автоматической работе обмен автоответами начинается и управляется береговой станцией. При установлении связи судовой станцией обмен автоответами в ручном режиме может начинаться судовой станцией.

При установлении связи береговой станцией обмен автоответами в ручном режиме начинается береговой станцией, тем самым определяя порядок, в соответствии с которым осуществляется обмен.

b) Код автоответа для судовых станций определяется Рекомендацией МСЭ-T F.130, а для береговых станций Рекомендацией МСЭ-T F.60.

(2) Береговая станция на обязана выполнять все перечисленные услуги. Однако там, где предоставляются определенные услуги, должны применяться указанные коды услуг. Должна всегда быть доступна услуга "HELP".

(2.1) MSG указывает, что судовой станции необходимо немедленно принять любое сообщение, имеющееся для нее на береговой станции.

(2.2) TLX ↑ xy указывает, что последующее сообщение предназначено для немедленного подключения к средствам накопления и последующей передачи, размещенным на береговой станции.

y указывает национальный телексный номер абонента.

x используется там, где это необходимо, для указания кода страны (Рекомендация МСЭ-T F.69), перед которым ставится 0 (если это применимо). (Там, где система накопления и последующей передачи дистанционно удалена от береговой станции, может использоваться только TLX.)

Вместо TLX может факультативно использоваться TLXA, что указывает желание судна получить консультацию (используя обычные процедуры берег-судно), когда сообщение передано на указанный номер телекса.

(2.3) DIRTLX ↑ xy указывает, что требуется прямое телексное соединение.

y указывает национальный телексный номер абонента.

x используется там, где это необходимо, для указания кода страны (Рекомендация МСЭ-T F.69), перед которым ставится 0 (если это применимо).

RDL + может факультативно использоваться для указания того, что последний номер телекса DIRTLX ↑ xy следует набрать вновь.

(2.4) TGM указывает, что последующее сообщение является радиотелеграммой.

(2.5) URG указывает, что судовая станция требует немедленного подключения к оператору для оказания помощи в ручном режиме и может быть включена звуковая сигнализация. Этот код должен применяться лишь в случаях аварии.

(2.6) RTL указывает, что последующее сообщение является радиотелексным письмом.

(2.7) OPR указывает, что требуется подключение к оператору для оказания помощи в ручном режиме.

(2.8) WX указывает, что судовой станции требуется немедленно принять информацию о погоде.

(2.9) NAV указывает, что судовой станции требуется немедленно принять навигационные предупреждения.

(2.10) STA указывает, что судовой станции требуется немедленно принять отчет о статусе всех сообщений, которые были переданы этой судовой станцией в систему накопления с последующей передачей, но на которые судовая станция еще не получила информации о последующей передаче или недоставке (см. также (6)). STA ↑ x может быть также использован в том случае, когда судовой станции требуется немедленно принять отчет о статусе такого сообщения, где x указывает справочный номер сообщения, выданный береговой станцией.

(2.11) POS указывает, что последующее сообщение содержит позицию судна. Некоторые администрации используют эту информацию для оказания помощи в последующей автоматической передаче или приеме сообщений (например, для расчета оптимальной частоты обмена и/или для использования соответствующих направленных антенн).

(2.12) FREQ указывает, что последующее сообщение обозначает частоту, на которой судно несет вахту.

(2.13) SVC указывает, что последующее сообщение является служебным (для обращения внимания на применение ручной работы).

(2.14) MAN указывает, что последующее сообщение должно быть занесено в память и затем вручную передано в страну, в которую нет автоматического доступа.

(2.15) MED указывает, что последует срочное медицинское сообщение.

(2.16) OBS указывает, что последующее сообщение должно быть передано метеорологической организации.

(2.17) HELP указывает, что судовой станции необходимо немедленно принять перечень услуг, имеющихся в данной системе.

(2.18) Если требуется информация по применению процедур для индивидуальных услуг на береговой станции, запрос по дальнейшей информации относительно конкретной процедуры может быть получен с помощью кода услуг HELP, за которым следует код соответствующей услуги, относительно которой необходима информация, например, <≡ ↓ HELP DIRTLX ↑ + указывает, что судовой станции необходима информация по процедурам (действие судового оператора) заказа соединения в диалоговом режиме с абонентом телексной сети через береговую станцию.

(2.19) AMV указывает, что последующее сообщение должно быть передано в организацию AMVER.

(2.20) BRK указывает, что использование радиоканала должно быть немедленно прекращено (для использования лишь в тех случаях, когда судовой оператор может использовать телетайп только для проверки оборудования ARQ).

(2.21) MULTLX ↑ xy/xy/xy/ + указывает, что последующее сообщение является сообщением, направленным нескольким адресатам для немедленного занесения в устройство памяти и последующей передачи, размещенное на береговой станции.

y указывает национальный телексный номер абонента.

x используется там, где это необходимо, для указания кода страны (Рекомендация МСЭ-T F.69), перед которым ставится 0 (если это применимо).

Каждый отдельный xy указывает различный телексный номер, по которому должно быть передано то же самое сообщение. Должно быть включено по меньшей мере два отдельных телексных номера.

MULTLXA может факультативно использоваться вместо MULTLX, что указывает желание судна получить консультацию (используя обычные процедуры берег-судно), когда сообщения переданы на указанные телексные номера.

(2.22) STS ↑ x + указывает, что последующее сообщение предназначено для передачи на судно, используя устройство запоминания и последующей передачи, размещенное на береговой станции. x указывает 5- или 9-значный номер опознавателя адресованного судна.

(2.23) INF указывает, что судовой станции необходимо немедленно получить информацию из базы данных береговой станции. Некоторые администрации предоставляют разнообразную информацию из различных баз данных; в каждом случае INF возвращает справочный перечень и последующий код услуги используется для выбора желаемой информации.

(2.24) VBTLX ↑ xy указывает, что последующее сообщение должно быть продиктовано береговой станцией на телефонный номер речевого банка для последующей обработки адресатом и что копия сообщения должна быть передана на телексный номер xy. Телефонный номер речевого банка должен быть включен в первую строку текста сообщения.

(2.25) FAX ↑ xy указывает, что последующее сообщение должно быть передано через КТСОП факсимильным способом на телефонный номер xy.

(2.26) TEL ↑ xy указывает, что последующее сообщение должно быть передано по телефону береговой станцией на телефонный номер xy.

(2.27) DATA ↑ xy указывает, что последующее сообщение должно быть передано береговой станцией, используя средства передачи данных, на номер абонента xy (через КТСОП).

(2.28) RPT ↑ xy... указывает, что судовой станции необходимо получить конкретное сообщение, используя режим ARQ (например, ранее переданное в режиме FEC), если все еще возможна автоматическая повторная передача. x... используется как идентификатор сообщения.

(2.29) TST указывает, что судовой станции необходимо принять автоматически передаваемый проверочный тест (например, "the quick brown fox ...").

(2.30) TRF указывает, что судовой станции необходимо принять автоматически переданную информацию о тарифах, используемых в настоящее время на береговой станции.

(3) Символ "?" необязателен в тех случаях, когда береговая станция автоматическая. Он обычно требуется лишь для ручных систем.

(4) В случаях, когда береговой станции требуются сведения о соответствующем Опознавательном коде расчетной организации (AAIC), такая информация должна обеспечиваться судовым оператором при получении комбинации < ≡ ↓ QRC ↑ + от береговой станции.

Некоторые береговые станции могут запросить дополнительную информацию, например название судна, позывной сигнал, и т. д.

(5) Этой последовательности, при необходимости, могут предшествовать подсказка или информация о выборе услуги и, если необходимо, последующий ответ судовой станции или она может быть исключена там, где в ней нет необходимости (например, когда на шаге 4 введены коды услуг WX, NAV, STA, MSG или HELP). Если на шаге 4 был введен код услуг DIRTLX ↑ xy, эта последовательность может быть заменена автоответом удаленного абонента или каким-либо служебным сигналом (например, NC, OCC и т. д.), принятым из телексной сети.

(6) Обработка сообщений зависит от вида используемых средств обслуживания:

Там, где система накопления и последующей передачи дистанционно удалена от береговой станции, для TLX может применяться Рекомендация МСЭ-T F.72. Если система накопления и последующей передачи располагается на береговой станции, полное информационное содержание переданного сообщения будет на этом шаге направлено абоненту, чей телексный номер представлен в xy.

Что касается DIRTLX, см. Рекомендации МСЭ-T F.60.

Что касается TGM, см. Рекомендации МСЭ-T F.1 и F.31.

При SVC и MED сообщения будут обычно иметь открытый текст, и для них никаких особых процедур не требуется.

При RTL сообщения будут иметь открытый текст, но в них должен включаться почтовый адрес получателя.

Для STA соответствующая информация о статусе передается обратно на судно в соответствии с § 11.3 и § 11.4 Рекомендации МСЭ-T F.72.

Для POS и FREQ могут использоваться специальные национальные процедуры.

(7) Последовательность из 4K – "KKKK" (4 комбинации сигналов № 11 на буквенном регистре) указывает, что любое соединение с сетью должно быть разорвано, но радиоканал должен сохраняться действующим, и что процедура должна немедленно продолжаться с шага 11. Эта последовательность может также применяться в том случае, когда процедура возвращается к шагу 3.

(8) Этот шаг является необязательным и может не применяться для всех услуг.

РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R P.525-2*

Расчет ослабления в свободном пространстве

(1978-1982-1994)

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

а) что распространение радиоволн в свободном пространстве является основным эталонным понятием в радиотехнике,

рекомендует,

1 чтобы для расчета ослабления в свободном пространстве использовались методы, изложенные в Приложении 1.

Приложение 1

1 Введение

Поскольку распространение радиоволн в свободном пространстве часто используется как эталонное понятие в других текстах, в данном Приложении приведены соответствующие формулы.

2 Основные формулы для линий электросвязи

Расчеты, связанные с распространением радиоволн в свободном пространстве, можно провести двумя различными способами, каждый из которых применяется к определенному типу служб.

2.1 Линии связи пункта с зоной

Если имеется передатчик, обслуживающий несколько приемников, размещенных по закону случайного распределения (радиовещание, подвижная служба), то в точке, расположенной на некотором соответствующем расстоянии от передатчика, поле рассчитывается по формуле:

$$e = \frac{\sqrt{30p}}{d}, \tag{1}$$

где:

e: среднеквадратичное значение напряженности поля (В/м) (см. Примечание 1)

p: эквивалентная изотропно излучаемая мощность (э.и.и.м.) передатчика в направлении рассматриваемой точки (Вт) (см. Примечание 2)

d: расстояние от передатчика до рассматриваемой точки (м).

Уравнение (1) часто заменяется уравнением (2), в котором используются практические единицы:

$$e_{\text{мВ/м}} = 173 \frac{\sqrt{p_{\text{кВт}}}}{d_{\text{км}}}. \tag{2}$$

Для антенн, работающих в условиях свободного пространства, симомотивную силу можно рассчитать путем перемножения e и d в уравнении (1). Она измеряется в вольтах.

---

* 3-я Исследовательская комиссия по радиосвязи внесла в 2000 году в настоящую Рекомендацию редакционные поправки в соответствии с Резолюцией МСЭ-R 44.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Если волна является эллиптически поляризованной и нелинейной и если составляющие электрического поля вдоль двух ортогональных осей обозначены как e_x и e_y, то левую часть уравнения (1) следует заменить на $\sqrt{e_x^2 + e_y^2} \cdot e_x$, и e_x можно рассчитать, только если известно осевое отношение. В случае круговой поляризации e следует заменить на $e\sqrt{2}$.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – В том случае если антенны расположены на уровне земли и работают на относительно низких частотах при вертикальной поляризации, обычно рассматривается излучение только в верхнем полупространстве. Это должно учитываться при определении э.и.и.м. (см. Рекомендацию МСЭ-R P.368).

2.2 Линии связи пункта с пунктом

Для линии связи пункта с пунктом ослабление в свободном пространстве между изотропными антеннами, называемое также основными потерями передачи в свободном пространстве (обозначения: L_{bf} или A_0), целесообразно рассчитывать следующим образом:

$$L_{bf} = 20 \log\left(\frac{4\pi d}{\lambda}\right) \quad \text{дБ}, \tag{3}$$

где:

L_{bf}: основные потери передачи в свободном пространстве (дБ)
d: расстояние
λ: длина волны, и
d и λ выражены в одинаковых единицах.

Уравнение (3) можно также записать, используя вместо длины волны частоту.

$$L_{bf} = 32{,}4 + 20 \log f + 20 \log d \quad \text{дБ}, \tag{4}$$

где:

f: частота (МГц)
d: расстояние (км).

2.3 Соотношения между характеристиками плоской волны

Существуют также соотношения между характеристиками плоской волны (или волны, которую можно считать плоской) в точке:

$$s = \frac{e^2}{120\pi} = \frac{4\pi p_r}{\lambda^2}, \tag{5}$$

где:

s: плотность потока мощности (Вт/м^2)
e: среднеквадратичное значение напряженности поля (В/м)
p_r: мощность (Вт), излучаемая изотропной антенной, расположенной в этой точке
λ: длина волны (м).

3 Основные потери передачи в свободном пространстве для радиолокационной системы (обозначения: L_{br} или A_{0r})

Радиолокационные системы представляют собой особый случай, поскольку сигнал испытывает потери при распространении как от передатчика до цели, так и от цели до приемника. В случае радиолокаторов, использующих общую антенну и для передатчика, и для приемника, основные потери передачи радиолокатора в свободном пространстве, L_{br}, можно записать следующим образом:

$$L_{br} = 103{,}4 + 20 \log f + 40 \log d - 10 \log \sigma \quad \text{дБ}, \tag{6}$$

где:

σ: поперечное сечение радиолокационной цели (м^2)
d: расстояние от радиолокатора до цели (км)
f: частота системы (МГц).

Поперечное сечение объекта, являющегося радиолокационной целью, представляет собой отношение общей изотропной эквивалентной рассеиваемой мощности к плотности потока падающей мощности.

4 Формулы перевода

На основе распространения радиоволн в свободном пространстве можно использовать следующие формулы перевода:

Напряженность поля при заданной изотропно излучаемой мощности передатчика:

$$E = P_t - 20 \log d + 74{,}8. \tag{7}$$

Мощность, подводимая к изотропной антенне приемника при заданной напряженности поля:

$$P_r = E - 20 \log f - 167{,}2. \tag{8}$$

Основные потери передачи в свободном пространстве при заданной изотропно излучаемой мощности передатчика и напряженности поля:

$$L_{bf} = P_t - E + 20 \log f + 167{,}2. \tag{9}$$

Плотность потока мощности при заданной напряженности поля:

$$S = E - 145{,}8, \tag{10}$$

где:

P_t: изотропно излучаемая мощность передатчика (дБ(Вт))

P_r: мощность, подводимая к изотропной антенне приемника (дБ(Вт))

E: напряженность электрического поля (дБ(мкВ/м))

f: частота (ГГц)

d: протяженность радиотрассы (км)

L_{bf}: основные потери передачи в свободном пространстве (дБ)

S: плотность потока мощности (дБ(Вт/м^2)).

Заметим, что из уравнений (7) и (9) можно получить уравнение (4).

РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R P.526-10*

Распространение радиоволн за счет дифракции

(Вопрос МСЭ-R 202/3)

(1978-1982-1992-1994-1995-1997-1999-2001-2005-2007)

Сфера применения

В настоящей Рекомендации представлено несколько моделей, позволяющих читателю оценить влияние дифракции на напряженность принимаемого поля. Эти модели применимы к разным типам препятствий и различным геометрическим формам трасс.

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

а) что имеется потребность в технической информации для расчета напряженности поля на дифракционных трассах,

рекомендует,

1 чтобы для расчета напряженности поля на дифракционных трассах, включая дифракцию над сферической поверхностью Земли или над пересеченной местностью с препятствиями различного вида, использовались методы, описанные в Приложении 1.

Приложение 1

1 Введение

Хотя дифракция формируется только поверхностью земли или другими препятствиями, для оценки геометрических параметров, относящихся к вертикальной плоскости трассы (угол дифракции, радиус кривизны, высота препятствия), необходимо учитывать среднюю атмосферную рефракцию на трассе передачи. С этой целью профиль трассы должен быть проведен с учетом соответствующего эквивалентного радиуса Земли (Рекомендация МСЭ-R P.834). Если нет другой информации, то в качестве базового значения может быть принята величина эквивалентного радиуса Земли, равная 8500 км.

2 Базовые концепции

На дифракцию радиоволн над поверхностью Земли оказывают влияние неровности рельефа местности. В этой ситуации прежде чем приступать к дальнейшему изучению методов прогнозирования для данного механизма распространения, в настоящем разделе рассматриваются несколько базовых концепций.

* *Примечание Секретариата БР.* – В данную Рекомендацию были внесены редакционные поправки в апреле 2007 года.

2.1 Эллипсоиды Френеля и зоны Френеля

При исследовании распространения радиоволн между двумя точками A и B пространство между ними можно разбить на семейство эллипсоидов, известных как эллипсоиды Френеля, фокусы которых находятся в точках A и B, и для любой точки M на каждом эллипсоиде выполняется соотношение:

$$AM + MB = AB + n\frac{\lambda}{2}, \tag{1}$$

где n – целое число, характеризующее эллипсоид (n = 1 соответствует первому эллипсоиду Френеля и т. д.), а λ – длина волны.

На практике обычно предполагается, что распространение происходит по линии прямой видимости (LoS), т. е. явлением дифракции можно пренебречь, если внутри первого эллипсоида Френеля нет препятствий.

Радиус эллипсоида в точке между передатчиком и приемником может быть приблизительно определен в самосогласованных единицах как:

$$R_n = \left[\frac{n\,\lambda\,d_1\,d_2}{d_1 + d_2}\right]^{1/2} \tag{2}$$

или в практических единицах:

$$R_n = 550\left[\frac{n\,d_1\,d_2}{(d_1 + d_2)\,f}\right]^{1/2}, \tag{3}$$

где f – частота (МГц), а d_1 и d_2 – расстояния (км) между передатчиком и приемником в точке, где вычисляется радиус эллипсоида (м).

В некоторых случаях приходится рассматривать зоны Френеля, которые получены в результате пересечения семейства эллипсоидов плоскостью. Зона с номером n является участком между кривыми, полученными от n-го и (n – 1)-го эллипсоидов, соответственно.

2.2 Ширина области полутени

Переход от света к тени определяется областью полутени. Этот переход происходит вдоль узкой полоски (ширина области полутени) на границе геометрической тени. На рисунке 1 показана ширина области полутени (W) в случае передатчика, расположенного на высоте h над гладкой сферической Землей, которая определяется как:

$$w = \left[\frac{\lambda a_e^2}{\pi}\right]^{1/3} \quad \text{м}, \tag{4}$$

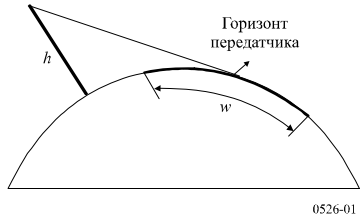
где:

λ: длина волны (м);

a_e: эквивалентный радиус Земли (м).

РИСУНОК 1

Определение ширины области полутени



2.3 Зона дифракции

Зона дифракции передатчика простирается от расстояния, соответствующего линии прямой видимости (LoS), где просвет трассы составляет 60% от радиуса первой зоны Френеля, R_1, до расстояния, находящегося далеко за пределами горизонта передатчика, где преобладающим становится механизм тропосферного рассеяния.

2.4 Критерий гладкости поверхности препятствия

Если на поверхности препятствия имеются неровности, высота которых не превышает значения Δh,

где:

$$\Delta h = 0{,}04 \left[R\lambda^2 \right]^{1/3} \quad \text{м}, \tag{5}$$

где:

R: радиус кривизны препятствия (м);

λ: длина волны (м),

то в этом случае препятствие можно считать гладким и для расчета ослабления можно использовать методы, описанные в пп. 3 и 4.2.

2.5 Изолированное препятствие

Препятствие можно считать изолированным, если между самим препятствием и окружающей местностью нет никакого взаимодействия. Другими словами, ослабление на трассе обусловлено лишь препятствием без какого-либо воздействия от остальной местности. Должны выполняться следующие условия:

– отсутствует перекрытие между значениями ширины области полутени, связанными с каждым терминалом и вершиной препятствия;

– просвет трассы с обеих сторон препятствий должен быть не менее 0,6 от радиуса первой зоны Френеля;

– по обеим сторонам препятствия отсутствует какое-либо зеркальное отражение.

2.6 Типы местности

В зависимости от численного значения параметра Δh (см. Рекомендацию МСЭ-R P.310), используемого для определения степени неровностей рельефа местности, можно выделить три типа местности:

а) *Гладкая поверхность местности*

Поверхность Земли можно считать гладкой, если неровности местности характеризуются величиной порядка $0{,}1R$ или менее, где R – это максимальное значение радиуса первой зоны Френеля на трассе распространения. В этом случае модель прогнозирования основывается на дифракции над сферической Землей (п. 3).

b) *Изолированные препятствия*

Профиль местности на трассе распространения состоит из одного или нескольких изолированных препятствий. В этом случае в зависимости от идеализации, применяемой для описания препятствий, встречающихся на трассе распространения, должны использоваться модели прогнозирования, рассмотренные в п. 4.

c) *Холмистая местность*

Профиль местности состоит из нескольких небольших холмов, ни один из которых не образует доминирующего препятствия. Для прогнозирования уровней напряженности поля подходящей является Рекомендация МСЭ-R P.1546 в пределах своего частотного диапазона, но она не относится к методу дифракции.

2.7 Интегралы Френеля

Комплексный интеграл Френеля определяется как:

$$F_c(\nu) = \int_0^{\nu} \exp\left(j \frac{\pi s^2}{2} \right) \, ds = C(\nu) + jS(\nu), \tag{6}$$

где j – комплексный оператор, равный $\sqrt{-1}$, а $C(\nu)$ и $S(\nu)$ – интегралы косинуса и синуса Френеля, определяемые как:

$$C(\nu) = \int_0^{\nu} \cos\left(\frac{\pi s^2}{2} \right) \, ds \tag{7a}$$

$$S(\nu) = \int_0^{\nu} \sin\left(\frac{\pi s^2}{2} \right) \, ds . \tag{7b}$$

Комплексный интеграл Френеля, $F_c(\nu)$, можно определить путем численного интегрирования, или же с достаточной точностью для большинства применений для положительных значений ν, используя:

$$F_c(\nu) = \exp(jx) \sqrt{\frac{x}{4}} \sum_{n=0}^{11} \left[(a_n - jb_n) \left(\frac{x}{4} \right)^n \right] \quad \text{для} \quad 0 \le x < 4 \tag{8a}$$

$$F_c(\nu) = \left(\frac{1+j}{2} \right) + \exp(jx) \sqrt{\frac{4}{x}} \sum_{n=0}^{11} \left[(c_n - jd_n) \left(\frac{4}{x} \right)^n \right] \quad \text{для} \quad x \ge 4, \tag{8b}$$

где:

$$x = 0{,}5\, \pi\, \nu^2, \tag{9}$$

а a_n, b_n, c_n и d_n – это коэффициенты Боерсма, заданные ниже:

a_0	= +1,595769140	b_0	= -0,000000033	c_0	= +0,000000000	d_0	= +0,199471140
a_1	= -0,000001702	b_1	= +4,255387524	c_1	= -0,024933975	d_1	= +0,000000023
a_2	= -6,808568854	b_2	= -0,000092810	c_2	= +0,000003936	d_2	= -0,009351341
a_3	= -0,000576361	b_3	= -7,780020400	c_3	= +0,005770956	d_3	= +0,000023006
a_4	= +6,920691902	b_4	= -0,009520895	c_4	= +0,000689892	d_4	= +0,004851466
a_5	= -0,016898657	b_5	= +5,075161298	c_5	= -0,009497136	d_5	= +0,001903218
a_6	= -3,050485660	b_6	= -0,138341947	c_6	= +0,011948809	d_6	= -0,017122914
a_7	= -0,075752419	b_7	= -1,363729124	c_7	= -0,006748873	d_7	= +0,029064067
a_8	= +0,850663781	b_8	= -0,403349276	c_8	= +0,000246420	d_8	= -0,027928955
a_9	= -0,025639041	b_9	= +0,702222016	c_9	= +0,002102967	d_9	= +0,016497308
a_{10}	= -0,150230960	b_{10}	= -0,216195929	c_{10}	= -0,001217930	d_{10}	= -0,005598515
a_{11}	= +0,034404779	b_{11}	= +0,019547031	c_{11}	= +0,000233939	d_{11}	= +0,000838386

$C(\nu)$ и $S(\nu)$ могут быть определены для отрицательных значений ν путем следующей записи:

$$C(-\nu) = -C(\nu) \tag{10a}$$

$$S(-\nu) = -S(\nu). \tag{10b}$$

3 Дифракция над сферической Землей

Дополнительные потери передачи, обусловленные дифракцией над сферической поверхностью Земли, можно вычислить по классической формуле остаточного ряда. Этот полный метод реализуется посредством компьютерной программы GRWAVE, разработанной МСЭ. Результаты расчетов, проведенных с помощью этой программы (для антенн, расположенных близко к поверхности Земли, и для низких частот), приведены в Рекомендации МСЭ-R P.368.

3.1 Дифракционные потери для загоризонтных трасс

При больших расстояниях за горизонтом важен только первый член остаточного ряда. Даже у горизонта или вблизи него данное приближение можно использовать в большинстве случаев с максимальной погрешностью около 2 дБ.

Этот первый член можно представить в виде произведения члена F, определяющего расстояние, и двух членов G_T и G_R, определяющих выигрыш за счет высоты. В пп. 3.1.1 и 3.1.2 описывается, как можно получить эти члены либо с помощью простых формул, либо по номограммам.

3.1.1 Численные расчеты

3.1.1.1 Влияние электрических характеристик поверхности Земли

Степень влияния электрических характеристик поверхности Земли на потери за счет дифракции может быть определена с помощью нормированного коэффициента полной проводимости поверхности, K, который рассчитывается по формуле:

в самосогласованных единицах:

$$K_H = \left(\frac{2\pi a_e}{\lambda}\right)^{-1/3} \left[(\varepsilon - 1)^2 + (60\lambda\sigma)^2\right]^{-1/4} \quad \text{для горизонтальной поляризации} \tag{11}$$

и

$$K_V = K_H \left[\varepsilon^2 + (60\lambda\sigma)^2\right]^{1/2} \quad \text{для вертикальной поляризации} \tag{12}$$

или в практических единицах:

$$K_H = 0{,}36\,(a_e f)^{-1/3}\left[(\varepsilon - 1)^2 + (18\,000\,\sigma / f)^2\right]^{-1/4} \tag{11a}$$

$$K_V = K_H\left[\varepsilon^2 + (18\,000\,\sigma / f)^2\right]^{1/2}, \tag{12a}$$

где:

a_e: эквивалентный радиус Земли (км);

ε: эффективное значение относительной диэлектрической проницаемости;

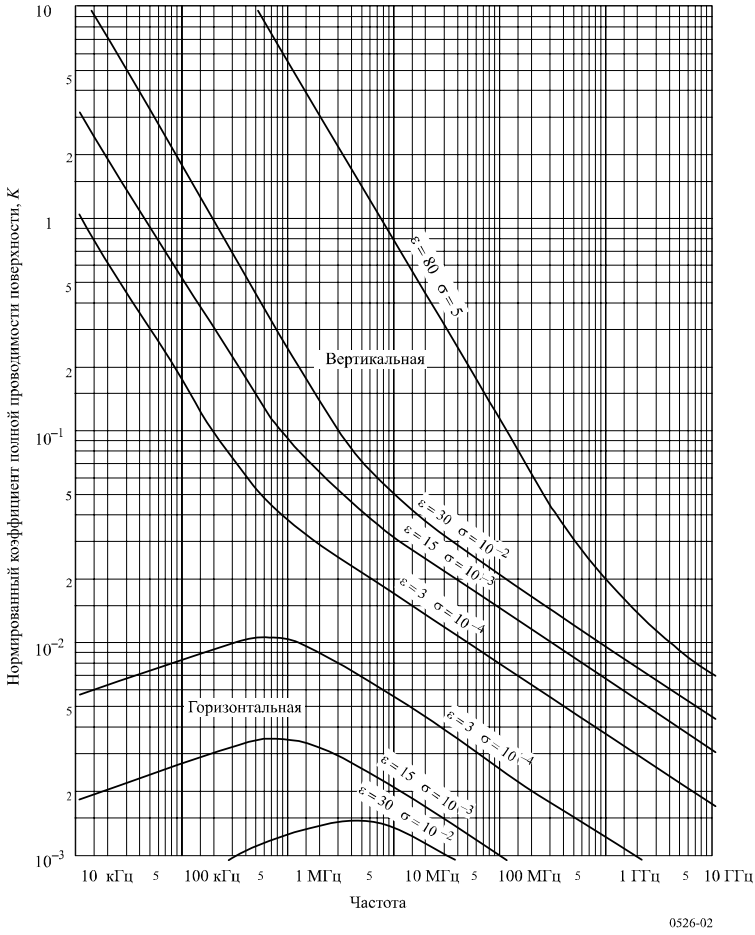
σ: эффективная проводимость (См/м);

f: частота (МГц).

Типичные значения K показаны на рисунке 2.

РИСУНОК 2

Вычисление *K*



При K меньших 0,001 влияние электрических характеристик Земли несущественно. Для значений K больше 0,001 следует использовать соответствующие формулы, приводимые ниже.

3.1.1.2 Формула для расчета напряженности поля при дифракции

Отношение напряженности поля при дифракции, E, к напряженности поля в свободном пространстве, E_0, вычисляется по формуле:

$$20 \log \frac{E}{E_0} = F(X) + G(Y_1) + G(Y_2) \quad \text{дБ}, \tag{13}$$

где X – нормированная длина трассы между антеннами при нормированных высотах Y_1 и Y_2 (и где $20 \log \frac{E}{E_0}$ является обычно отрицательной величиной).

В самосогласованных единицах:

$$X = \beta \left(\frac{\pi}{\lambda a_e^2} \right)^{1/3} d \tag{14}$$

$$Y = 2\beta \left(\frac{\pi^2}{\lambda^2 a_e} \right)^{1/3} h \tag{15}$$

или в практических единицах:

$$X = 2{,}2\beta f^{1/3} a_e^{-2/3} d \tag{14a}$$

$$Y = 9{,}6 \times 10^{-3} \beta f^{2/3} a_e^{-1/3} h, \tag{15a}$$

где:

d: длина трассы (км);

a_e: эквивалентный радиус Земли (км);

h: высота антенны (м);

f: частота (МГц).

β – параметр, учитывающий тип почвы и поляризацию. Он связан с K следующей полуэмпирической формулой:

$$\beta = \frac{1 + 1{,}6 K^2 + 0{,}75 K^4}{1 + 4{,}5 K^2 + 1{,}35 K^4}. \tag{16}$$

Для горизонтальной поляризации на всех частотах и для вертикальной поляризации на частотах выше 20 МГц над сушей или выше 300 МГц над морем β можно принять равным 1.

Для вертикальной поляризации на частотах ниже 20 МГц над сушей или ниже 300 МГц над морем β рассчитывается как функция величины K. Однако при этом можно пренебречь значением ε и записать:

$$K^2 \approx 6{,}89 \frac{\sigma}{k^{2/3} f^{5/3}}, \tag{16a}$$

где σ выражено в См/м, f – в МГц, а k – коэффициент радиуса Земли.

Член, определяющий расстояние, рассчитывается по формуле:

$$F(X) = 11 + 10\log(X) - 17{,}6\, X. \tag{17}$$

Член, определяющий выигрыш за счет высоты, $G(Y)$, находят по следующей формуле:

$$G(Y) \cong 17{,}6\,(Y - 1{,}1)^{1/2} - 5\log(Y - 1{,}1) - 8 \quad \text{для} \quad Y > 2. \tag{18}$$

При $Y < 2$ величина $G(Y)$ является функцией величины K, рассчитанной в п. 3.1.1:

$$G(Y) \cong 20\log(Y + 0{,}1 Y^3) \quad \text{для} \quad 10K < Y < 2 \tag{18a}$$

$$G(Y) \cong 2 + 20\log K + 9\log(Y/K)\left[\log(Y/K) + 1\right] \quad \text{для} \quad K/10 < Y < 10K \tag{18b}$$

$$G(Y) \cong 2 + 20\log K \quad \text{для} \quad Y < K/10. \tag{18c}$$

3.1.2 Расчеты по номограммам

При том же условии аппроксимации (первый член остаточного ряда является преобладающим) вычисление можно произвести с помощью следующей формулы:

$$20\log\frac{E}{E_0} = \mathrm{F}(d) + \mathrm{H}(h_1) + \mathrm{H}(h_2) \quad \text{дБ}, \tag{19}$$

где:

E: напряженность принимаемого поля;

E_0: напряженность поля в свободном пространстве на том же расстоянии;

d: расстояние между концами трассы;

h_1 и h_2: высоты антенн над поверхностью сферической Земли.

Функции F (влияние расстояния) и H (выигрыш за счет высоты) даны в виде номограмм на рисунках 3, 4, 5 и 6.

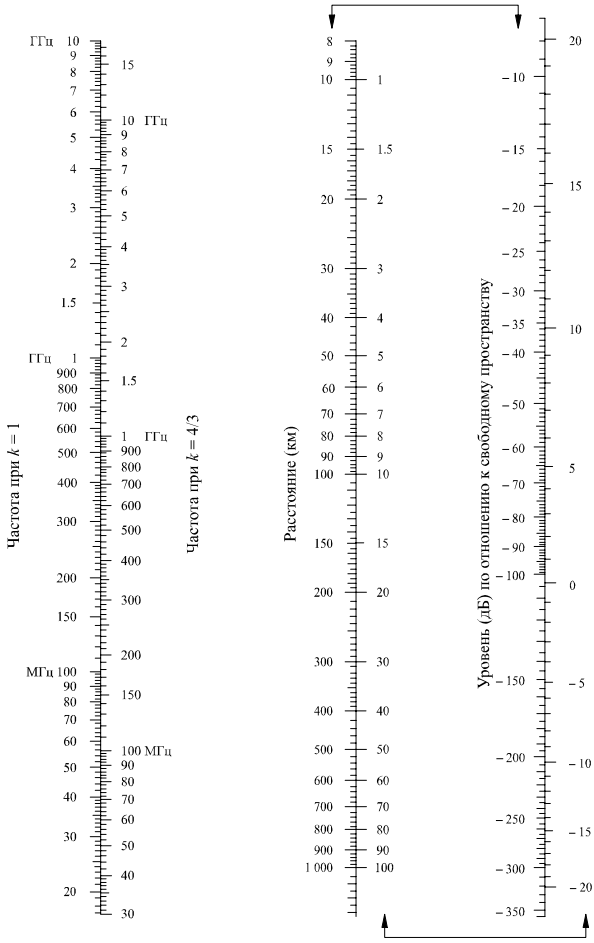
По этим номограммам (рисунки 3–6) сразу можно получить уровень принимаемого сигнала относительно свободного пространства для $k = 1$, $k = 4/3$ и частот выше приблизительно 30 МГц. k – коэффициент эквивалентного радиуса Земли, определенный в Рекомендации МСЭ-R P.310. Однако для других значений k уровень сигнала в точке приема может быть вычислен с использованием частотной шкалы для $k = 1$ путем замены рассматриваемой частоты на гипотетическую, равную f/k^2 для рисунков 3 и 5 и $f/\sqrt{k}$ – для рисунков 4 и 6.

В непосредственной близости от поверхности Земли напряженность поля практически не зависит от высоты. Это явление особенно важно при вертикальной поляризации над морем. По этой причине на рисунке 6 имеется сплошная черная вертикальная линия AB. Если прямая линия должна пересечь эту сплошную линию AB, то реальная высота должна быть заменена большим значением, так чтобы прямая линия касалась вершины граничной линии в точке A.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Ослабление относительно свободного пространства определяется при помощи отрицательных значений, получаемых из уравнения (19). Если уравнение (19) дает значение большее, чем для поля в свободном пространстве, метод оказывается недействительным.

РИСУНОК 3

Дифракция над сферической Землей – влияние расстояния



Горизонтальная поляризация над сушей и морем
Вертикальная поляризация над сушей

(Соединенные стрелками шкалы должны использоваться совместно)

0526-03

РИСУНОК 4

Дифракция над сферической Землей – выигрыш за счет высоты

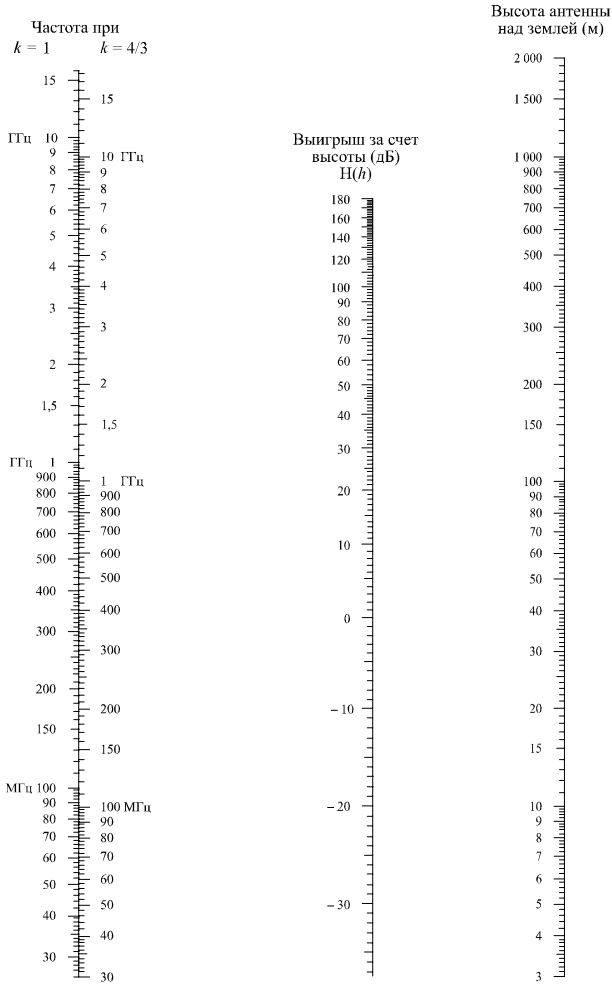
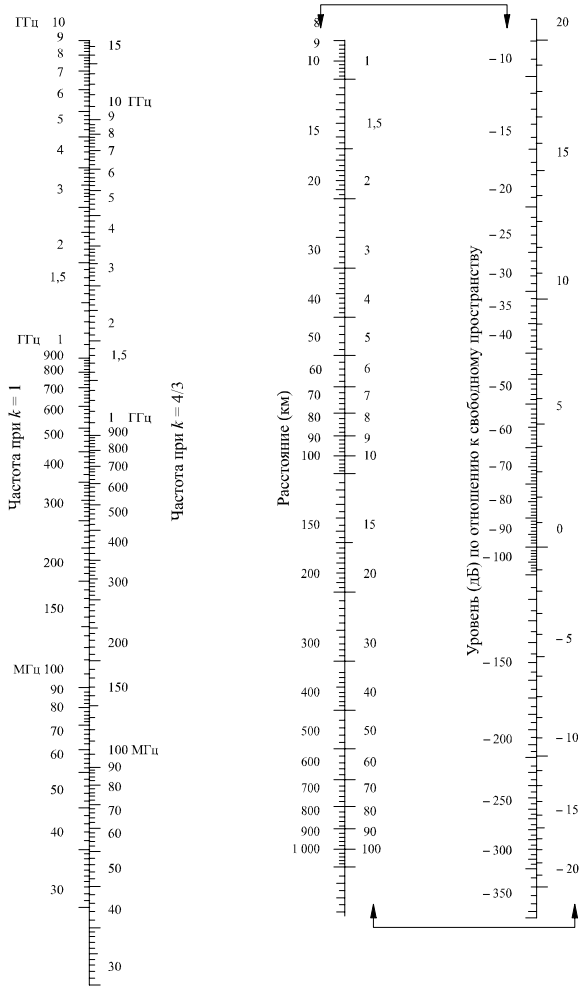


РИСУНОК 5

Дифракция над сферической Землей – влияние расстояния

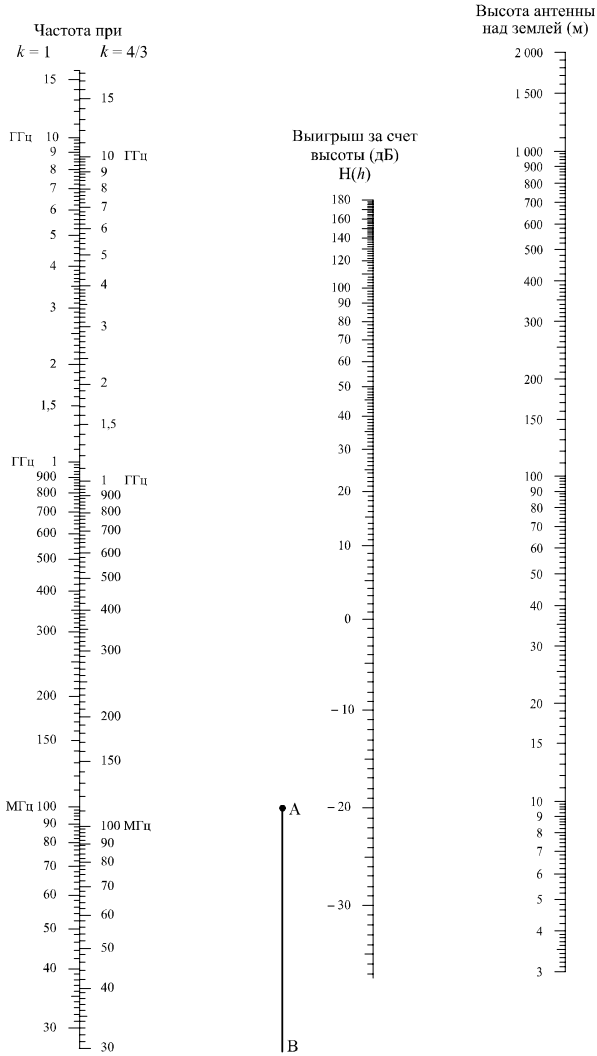


Вертикальная поляризация над морем
(Соединенные стрелками шкалы должны использоваться совместно)

0526-05

РИСУНОК 6

Дифракция над сферической Землей – выигрыш за счет высоты



3.2 Дифракционные потери для трасс LoS с дифракцией на субтрассах

В этом случае, учитывая, что конвергенция остаточного ряда требует расчета нескольких членов, может использоваться линейная интерполяция между границей дифракционной зоны (просвет 0,6 от радиуса первой зоны Френеля), где ослабление относительно свободного пространства равно нулю, и радиогоризонтом. В соответствии с этой процедурой дифракционные потери вычисляются на основе радиуса первой зоны Френеля, R_1, как:

$$A(\text{дБ}) = \left[1 - \frac{5}{3}\ \frac{h}{R_1}\right] A_h , \tag{20}$$

где:

h: просвет трассы в пределах от 0 до $0{,}6R_1$;

A_h: дифракционные потери у горизонта (см. п. 3.1).

Просвет трассы определяется как (см. рисунок 7).

$$d_1 = \frac{d}{2}(1-b), \qquad \text{если } (h_1 \le h_2) \tag{21a-i}$$

$$d_1 = \frac{d}{2}(1+b) \qquad \text{в остальных случаях.} \tag{21a-ii}$$

$$d_2 = d - d_1 \tag{21b}$$

$$b = 2\sqrt{\frac{m+1}{3m}}\cos\left\{\frac{\pi}{3} + \frac{1}{3}\arccos\left(\frac{3c}{2}\sqrt{\frac{3m}{(m+1)^3}}\right)\right\} \tag{21c}$$

$$c = \frac{|h_1 - h_2|}{h_1 + h_2} \tag{21d}$$

$$m = \frac{d^2}{4a_e(h_1 + h_2)} \tag{21e}$$

$$R_1 = \sqrt{\frac{d_1 \cdot d_2 \cdot \lambda}{d}} . \tag{21f}$$

Следует иметь в виду, что все вышеупомянутые параметры должны быть выражены в самосогласованных единицах.

4 Дифракция над изолированными препятствиями

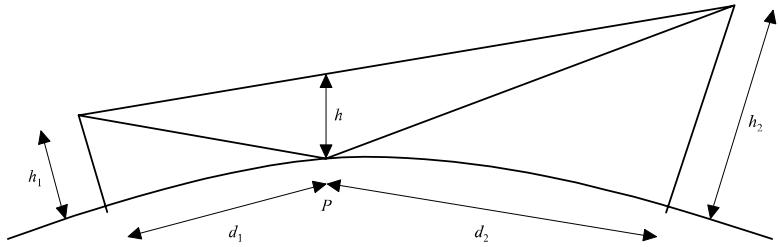
На многих трассах распространения встречаются одно или несколько отдельных препятствий, и поэтому целесообразно оценить потери, вызванные такими препятствиями. Чтобы осуществить такие расчеты, необходимо идеализировать форму препятствий, предположив, что они являются либо клиновидными пренебрежимо малой толщины, либо объемными гладкими объектами с хорошо обозначенным радиусом кривизны в вершине. Реальные препятствия, разумеется, имеют более сложные формы, так что данные, представленные в настоящей Рекомендации, следует рассматривать всего лишь как приближенные.

В тех случаях, когда прямая трасса между терминалами намного короче дифракционной трассы, необходимо рассчитать дополнительные потери передачи, обусловленные увеличением длины трассы.

Данные, представленные ниже, применяются в тех случаях, когда длина волны довольно мала по сравнению с размером препятствия, то есть в основном на ОВЧ и более коротких волнах ($f > 30$ МГц).

РИСУНОК 7

Просвет трассы



P: Точка отражения

4.1 Единичное клиновидное препятствие

В абсолютно идеальном случае (рисунки 8a) и 8b)) все геометрические параметры входят в один безразмерный параметр, обычно обозначаемый через ν, который может принимать различные эквивалентные формы в соответствии с выбранными геометрическими параметрами:

$$\nu = h\sqrt{\frac{2}{\lambda}\left(\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2}\right)} \tag{22}$$

$$\nu = \theta\sqrt{\frac{2}{\lambda\left(\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2}\right)}} \tag{23}$$

$$\nu = \sqrt{\frac{2\,h\,\theta}{\lambda}} \qquad (\nu \text{ имеет тот же знак, что и } h \text{ и } \theta) \tag{24}$$

$$\nu = \sqrt{\frac{2\,d}{\lambda} \cdot \alpha_1 \alpha_2} \qquad (\nu \text{ имеет тот же знак, что и } \alpha_1 \text{ и } \alpha_2), \tag{25}$$

где:

h: высота вершины препятствия над прямой линией, соединяющей два конца трассы. Если вершина находится ниже этой линии, h отрицательна;

d_1 и d_2: расстояния от вершины препятствия до концов трассы;

d: длина трассы;

θ: угол дифракции (в радианах); его знак такой же, как у h. Предполагается, что значение θ должно быть меньше приблизительно 0,2 радиана, или примерно 12°;

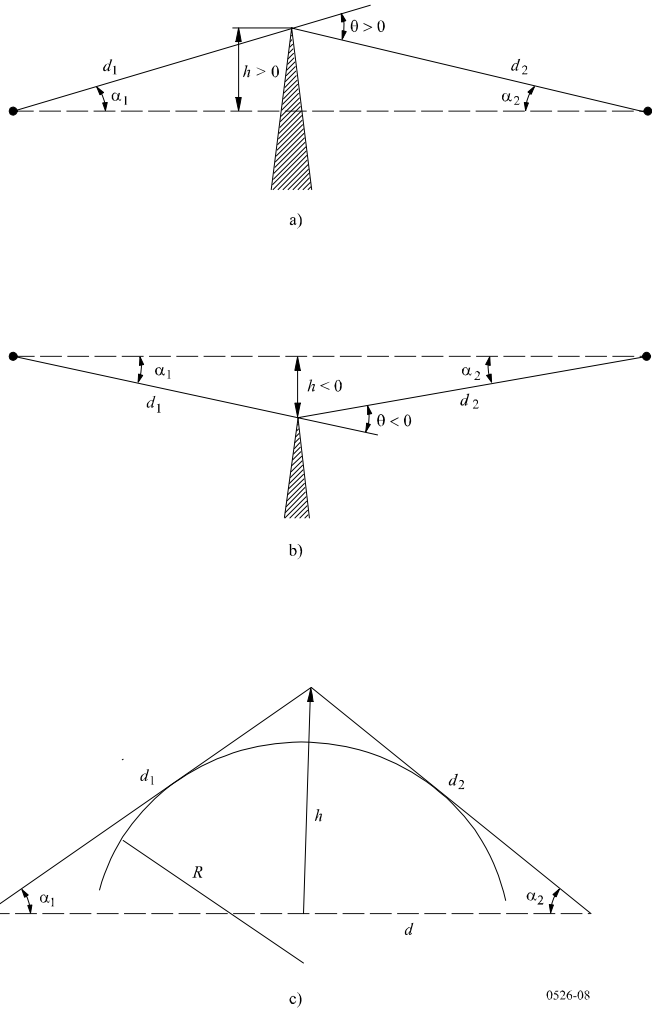
α_1 и α_2: углы между вершиной препятствия и одним из концов трассы, если смотреть с другого конца. Знак у α_1 и α_2 тот же, что и у h в уравнении, приведенном выше.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – h, d, d_1, d_2 и λ, входящие в уравнения (22)–(25), должны быть выражены в самосогласованных единицах.

РИСУНОК 8

Географические элементы

(Определения θ, α_1, α_2, d, d_1, d_2 и R, см. в пп. 4.1 и 4.2)



На рисунке 9 приведены потери $J(\nu)$ (дБ) в функции параметра ν.

$J(\nu)$ определяется как:

$$J(\nu) = -20 \log \left(\frac{\sqrt{[1 - C(\nu) - S(\nu)]^2 + [C(\nu) - S(\nu)]^2}}{2} \right), \quad (26)$$

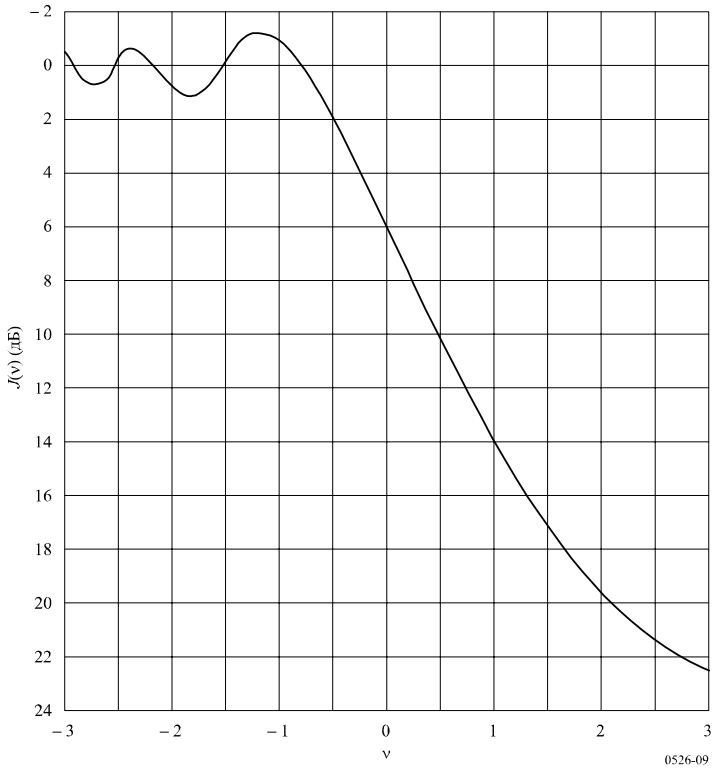
где $C(\nu)$ и $S(\nu)$ – действительные и мнимые части, соответственно, комплексного интеграла Френеля, $F(\nu)$, определенного в п. 2.7.

Для параметра ν, превышающего –0,78, приближенное значение можно получить из выражения:

$$J(\nu) = 6{,}9 + 20 \log\left(\sqrt{(\nu - 0{,}1)^2 + 1} + \nu - 0{,}1\right) \quad \text{дБ}. \tag{27}$$

РИСУНОК 9

Дифракционные потери на клиновидном препятствии



4.2 Единичное закругленное препятствие

Геометрия закругленного препятствия с радиусом R представлена на рисунке 8c). Заметим, что расстояния d_1 и d_2 и высота h над базовой линией вычисляются по отношению к вершине, в которой пересекаются проекции лучей над препятствием. При такой геометрии дифракционные потери можно вычислить по следующей формуле:

$$A = J(v) + T(m,n) \quad \text{дБ}, \tag{28}$$

где:

a) $J(\nu)$ – потери Френеля-Кирхгофа за счет эквивалентного клиновидного препятствия, вершина которого совпадает с точкой пересечения проекций лучей. Безразмерный параметр ν можно рассчитать с помощью любого из уравнений (22)–(25) включительно. Например, в практических единицах уравнение (22) можно записать как:

$$\nu = 0{,}0316\, h \left[\frac{2(d_1 + d_2)}{\lambda\, d_1\, d_2} \right]^{1/2}, \tag{29}$$

где h и λ выражены в метрах, а d_1 и d_2 – в километрах.

$J(\nu)$ можно получить из рисунка 9 или с помощью уравнения (27). Заметим, что в том случае, когда препятствие расположено на линии прямой видимости, параметр ν – положительный, и уравнение (27) справедливо.

b) $T(m,n)$ – дополнительные потери, обусловленные кривизной препятствия:

$$T(m,n) = 7{,}2m^{1/2} - (2 - 12{,}5n)m + 3{,}6m^{3/2} - 0{,}8m^2 \quad \text{дБ} \quad \text{для } mn \le 4 \tag{30a}$$

$$T(m,n) = -6 - 20\log(mn) + 7{,}2m^{1/2} - (2 - 17n)m + 3{,}6m^{3/2} - 0{,}8m^2 \quad \text{дБ} \quad \text{для } mn > 4 \tag{30b}$$

и

$$m = R\left[\frac{d_1 + d_2}{d_1 d_2} \right] \Big/ \left[\frac{\pi R}{\lambda} \right]^{1/3} \tag{31}$$

$$n = h\left[\frac{\pi R}{\lambda} \right]^{2/3} \Big/ R, \tag{32}$$

а R, d_1, d_2, h и λ выражены в самосогласованных единицах.

Заметим, что когда R стремится к нулю, $T(m,n)$ также стремятся к нулю. В этом случае уравнение (28) описывает потери дифракции, когда клиновидное препятствие может быть представлено в виде цилиндра с нулевым радиусом.

Радиус кривизны препятствия соответствует радиусу кривизны в вершине параболы, приближенной к профилю препятствия поблизости от его вершины. При подгонке параболы максимальное расстояние по вертикали от вершины параболы, которое следует использовать в рассматриваемой процедуре, должно быть порядка радиуса первой зоны Френеля, где расположено данное препятствие. Пример этой процедуры показан на рисунке 10, где:

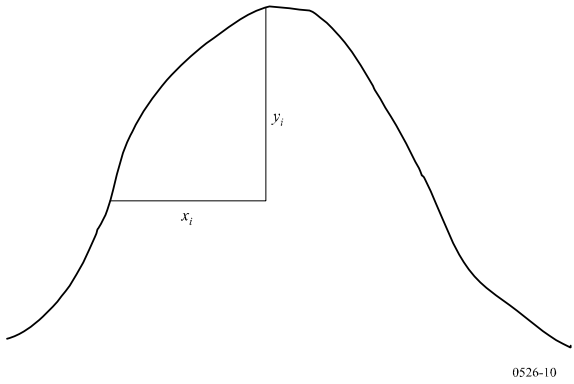
$$y_i = \frac{x_i^2}{2r_i}, \tag{33}$$

а r_i – радиус кривизны, соответствующий элементу i вертикального профиля горного хребта. В случае N элементов медианный радиус кривизны препятствия определяется как:

$$r = \frac{1}{N} \sum_{1}^{N} \frac{x_i^2}{2y_i}. \tag{34}$$

РИСУНОК 10

Вертикальный профиль препятствий



4.3 Кромки двойных изолированных препятствий

Этот метод состоит в применении теории дифракции над одиночным клиновидным препятствием последовательно к двум препятствиям, когда вершина первого препятствия действует как источник для дифракции над вторым препятствием (см. рисунок 11). На первой дифракционной трассе, определяемой расстояниями a и b и высотой h'_1, создаются потери L_1 (дБ). На второй дифракционной трассе, определяемой расстояниями b и c и высотой h'_2, потери составляют L_2 (дБ). L_1 и L_2 вычисляются по формулам, приведенным в п. 4.1. Поправочный член L_c (дБ) должен быть добавлен для учета разноса b между кромками препятствий. L_c можно вычислить по следующей формуле:

$$L_c = 10 \log \left[\frac{(a+b)(b+c)}{b(a+b+c)} \right], \tag{35}$$

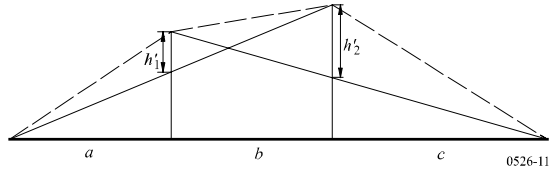
которая справедлива, когда каждая из величин L_1 и L_2 превышает примерно 15 дБ. Тогда полные дифракционные потери определяются как:

$$L = L_1 + L_2 + L_c. \tag{36}$$

Указанный выше метод, в частности, целесообразно использовать, когда эти две кромки приводят к схожим потерям.

РИСУНОК 11

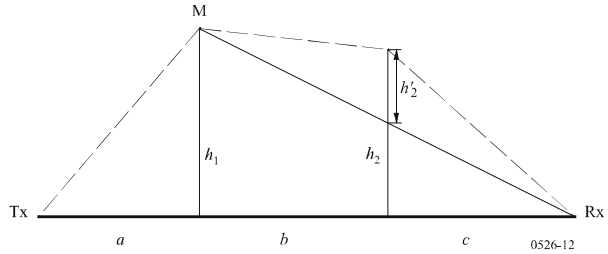
Вертикальный профиль препятствия



Когда одна из кромок препятствий оказывает преобладающее влияние (см. рисунок 12), первая дифракционная трасса определяется расстояниями a и $b+c$ и высотой h_1. Вторая дифракционная трасса определяется расстояниями b и c и высотой h'_2.

РИСУНОК 12

Рисунок, показывающий основное и второстепенное препятствие



Этот метод состоит в применении теории дифракции над одиночным клиновидным препятствием последовательно к двум препятствиям. Первое более высокое отношение h/r определяет основное препятствие M, где h – это высота кромки препятствия относительно прямой трассы *TxRx*, как показано на рисунке 12, а r – радиус первого эллипсоида Френеля, заданный уравнением (2). Далее для вычисления потерь, вызываемых вторым препятствием на субтрассе MR, используется высота h'_2 этого второго препятствия. Для учета расстояния разнесения между двумя кромками препятствий, а также их высоты необходимо вычесть поправочный член T_c (дБ). Величина T_c (дБ) может быть определена по следующей формуле:

$$T_c = \left[12 - 20\log_{10}\left(\frac{2}{1-\frac{a}{\pi}} \right) \right] \left(\frac{q}{p} \right)^{2p} \tag{37}$$

при

$$p = \left[\frac{2}{\lambda} \frac{(a+b+c)}{(b+c)a} \right]^{1/2} h_1 \tag{38a}$$

$$q = \left[\frac{2}{\lambda} \frac{(a+b+c)}{(a+b)c} \right]^{1/2} h_2 \tag{38b}$$

$$\tan\alpha = \left[\frac{b(a+b+c)}{ac}\right]^{1/2} \tag{38c}$$

h_1 и h_2 – высоты кромок препятствий относительно прямой трассы передатчик-приемник.

Общие дифракционные потери определяются как:

$$L = L_1 + L_2 - T_c\,. \tag{39}$$

Этот метод применим и в случае закругленных препятствий, если использовать формулы, приведенные в п. 4.3.

В том случае, когда препятствие, над которым возникает дифракция, можно четко идентифицировать как здание с плоской крышей, его описание в виде единичного клиновидного препятствия не дает удовлетворительных результатов. Необходимо рассчитать сумму фазоров двух составляющих, одна из которых испытывает влияние дифракции над двойным клиновидным препятствием, а вторая претерпевает эффект дополнительного отражения от поверхности крыши. Было показано, что если отражательная способность поверхности крыши и разности высот между поверхностью крыши и боковыми стенами точно неизвестны, то модель двойного клиновидного препятствия дает хорошие результаты прогнозирования напряженности дифрагированного поля, если пренебречь отраженной составляющей.

4.4 Несколько изолированных препятствий

При рассмотрении дифракции над пересеченной местностью, которая создает одно или несколько препятствий при распространении в пределах прямой видимости (LoS), можно рекомендовать два метода. Первый метод предполагает, что каждое препятствие можно представить в виде цилиндра, радиус которого равен радиусу кривизны на вершине препятствия, причем желательно иметь подробный вертикальный профиль горного хребта.

Второй метод соответствует эмпирическому решению, основанному на допущении клиновидных препятствий плюс использованию поправки для компенсации более высоких потерь, обусловленных отличием радиуса кривизны от нуля. При расчетах учитывается кривизна Земли за счет использования понятия ее эквивалентного радиуса (см. Рекомендацию МСЭ-R P.452, п. 4.3). Этот метод полезен в тех случаях, когда для расчета потерь на наземных трассах, как в пределах прямой видимости, так и загоризонтных, проходящих над сушей или морем, требуется единая процедура.

Профиль радиотрассы можно представить в виде ряда элементарных участков профиля высот земной поверхности над уровнем моря с определенным интервалом дискретности вдоль трассы, где первая и последняя из элементарных высот представляют собой высоты передатчика и приемника над уровнем моря, и соответствующего набора горизонтальных расстояний от передатчика. Каждая пара высоты и расстояния образует точку профиля и имеет свой индекс, причем порядковый номер индекса увеличивается при движении от одного конца трассы к другому. В описании, приводимом ниже, считается, что индексы возрастают в направлении от передатчика к приемнику, хотя на суть метода это не влияет. Предпочтительно, но не обязательно, чтобы элементы профиля находились на одинаковом расстоянии друг от друга по горизонтали.

4.4.1 Метод использования каскада цилиндров

Высотный профиль местности должен быть доступен в виде ряда выборок высот земной поверхности над уровнем моря, причем первая и последняя из высот являются высотами передатчика и приемника над уровнем моря. Значения расстояний и высот описываются так, как будто они хранились в виде массивов с индексами от 1 до N, где N равно числу элементов (выборок) профиля.

Ниже систематически используются следующие индексы:

h_i: высота i-й точки над уровнем моря;

d_i: расстояние от передатчика до i-й точки;

d_{ij}: расстояние от i-й до j-й точки.

Первым шагом является проведение анализа профиля по методу "натянутой веревки". Данный шаг позволяет определить точки элементов профиля, которых будет касаться "веревка", натянутая над профилем от передатчика к приемнику.

Это можно выполнить с помощью следующей процедуры, в которой все значения высоты и расстояния выражены в самосогласованных единицах, а все углы даны в радианах. Данный метод включает использование приближений, которые справедливы для радиотрасс, образующих небольшие углы с горизонталью. Если градиенты луча на трассе превышают примерно 5°, то может быть оправдано применение более точной геометрии.

Каждая точка "веревки" идентифицируется в виде точки профиля с более высоким углом места относительно локальной горизонтали по сравнению с предыдущей точкой "веревки", если начать с одного конца профиля и закончить на другом. Со стороны точки s, возвышение i-го элемента профиля $(i > s)$ определяется как:

$$e = \left[(h_i - h_s) / d_{si}\right] - \left[d_{si} / 2a_e\right], \tag{40}$$

где:

a_e: эквивалентный радиус Земли, определяемый как:

$= k \times 6\,371$ (км)

и

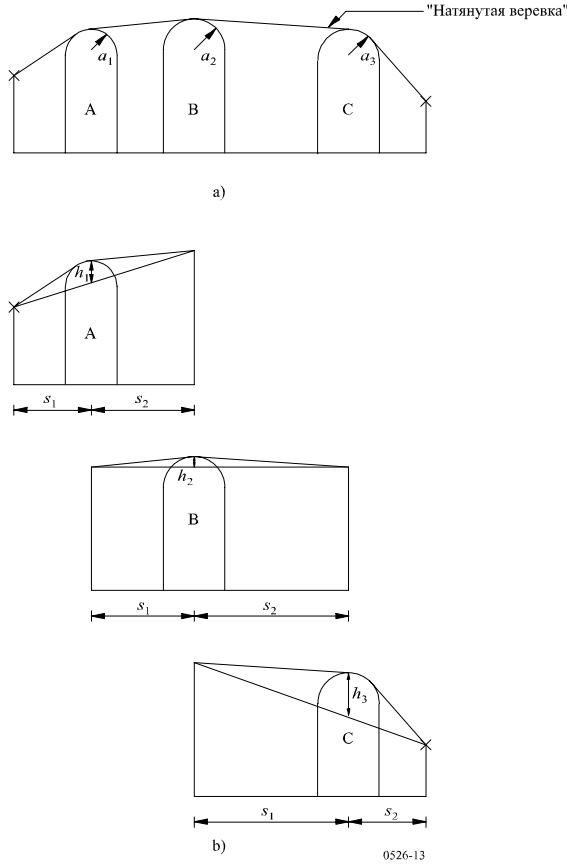
k: коэффициент эквивалентного радиуса Земли.

Теперь необходимо проверить, можно ли любую совокупность двух или более точек "веревки" принять за профиль находящегося на местности препятствия. Для элементов профиля с расстояниями разнесения 250 м или менее любая группа точек "веревки", которые являются последовательными элементами профиля, отличными от местоположений передатчика или приемника, должна рассматриваться в качестве одного препятствия.

Каждое препятствие в настоящее время моделируется в виде цилиндра, как показано на рисунке 13. Геометрия каждого отдельного цилиндра соответствует рисунку 8c). Следует отметить, что на рисунке 13 расстояния s_1, s_2 для каждого цилиндра показаны как измеренные по горизонтали между точками вершин и что для почти горизонтальных лучей эти расстояния приближаются к наклонным расстояниям d_1 и d_2 на рисунке 8c). Для лучей, углы которых относительно горизонтали превышают примерно 5°, может оказаться необходимым установить значения s_1 и s_2 для наклонных расстояний d_1 и d_2 между вершинами.

РИСУНОК 13

Модель в виде каскада цилиндров a) проблема в целом b) детали



Аналогичным образом на рисунке 13 высота h каждого цилиндра указывается как измеренная по вертикали от его вершины вниз до прямой линии, соединяющей соседние вершины или терминалы. Значение h для каждого цилиндра соответствует значению h на рисунке 8c). Опять же, для почти горизонтальных лучей высоты цилиндра могут вычисляться, как будто они являются вертикалями, но для лучей с более крутыми углами может оказаться необходимым рассчитать значения h под прямыми углами к базовой линии соответствующего цилиндра.

На рисунке 14 показана геометрия для препятствия, состоящего из более чем одной точки на "веревке". Указанные ниже точки означают:

w: ближайшую точку на "веревке" или терминал на передающей стороне препятствия, которая не является частью препятствия;

x: точку на "веревке", образующую часть препятствия, которое является ближайшим к передатчику;

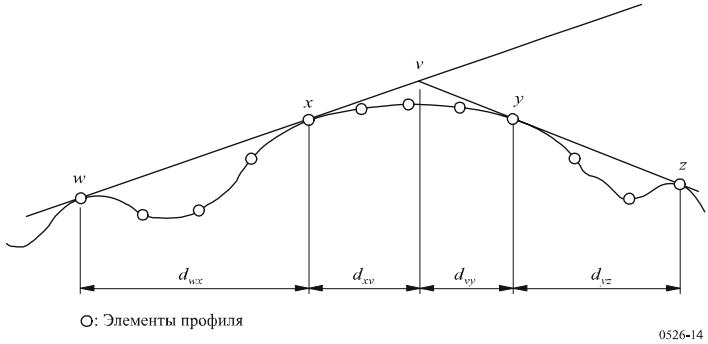
y: точку на "веревке", образующую часть препятствия, которое является ближайшим к приемнику;

z: ближайшую точку на "веревке" или терминал на приемной стороне препятствия, которая не является частью препятствия;

v: точку вершины, образованную пересечением падающих лучей над препятствием.

РИСУНОК 14

Геометрия препятствия, описываемого множеством точек



Буквы *w*, *x*, *y* и *z* служат также индексами для массивов элементарных расстояний и высот профиля. Для препятствия, состоящего из отдельной точки на "веревке", *x* и *y* будут одинаковыми и будут относиться к той точке профиля, которая совпадает с вершиной. Заметим, что для каскада цилиндров точки *y* и *z* одного цилиндра будут точками *w* и *x* следующего и т. д.

Пошаговый метод подгонки цилиндров к общему профилю местности изложен в Дополнении 1 к Приложению 1. Каждое препятствие описывается точками *w*, *x*, *y* и *z*. Метод, представленный в Дополнении 1 к Приложению 1, используется далее для определения параметров цилиндра s_1, s_2, *h* и *R*. Получив таким образом модель профиля, можно вычислить дифракционные потери на трассе в виде суммы трех членов:

– суммы потерь за счет дифракции над цилиндрами;

– суммы дифракционных потерь на субтрассе между цилиндрами (а также между цилиндрами и соседними терминалами);

– поправочного члена.

Общие дифракционные потери в дБ по отношению к потерям в свободном пространстве можно представить как:

$$L_d = \sum_{i=1}^{N} L'_i + L''(w\,x)_1 + \sum_{i=1}^{N} L''(y\,z)_i - 20 \log C_N \quad \text{дБ}, \tag{41}$$

где:

L'_i: потери за счет дифракции над *i*-ым цилиндром, вычисленные с помощью метода из п. 4.2;

$L''(w\,x)_1$: дифракционные потери на субтрассе для участка трассы между точками *w* и *x* первого цилиндра;

$L''(y\,z)_i$: дифракционные потери на субтрассе для участка трассы между точками *y* и *z* всех цилиндров;

C_N: поправочный коэффициент, учитывающий потери на рассеяние за счет дифракции над последовательно расположенными цилиндрами.

В Дополнении 2 к Приложению 1 дается метод расчета L'' для каждого участка трассы между препятствиями, находящегося в пределах прямой видимости.

Поправочный коэффициент, C_N, рассчитывается по формуле:

$$C_N = (P_a / P_b)^{0,5}, \tag{42}$$

где:

$$P_a = s_1 \prod_{i=1}^{N} \left[(s_2)_i\right] \left(s_1 + \sum_{j=1}^{N} \left[(s_2)_j\right] \right). \tag{43}$$

$$P_b = (s_1)_1 \, (s_2)_N \prod_{i=1}^{N} \left[(s_1)_i + (s_2)_i\right], \tag{44}$$

а нижние индексы у выражений в круглых скобках обозначают номер цилиндра.

4.4.2 Метод каскадных клиновидных препятствий

Метод основан на процедуре, которая повторяется от одного до трех раз в зависимости от профиля трассы. Эта процедура заключается в поиске точки в пределах заданного участка профиля, для которой значение геометрического параметра ν будет наибольшим, как описано в п. 4.1. Анализируется участок профиля от точки с индексом "a" до точки с индексом "b" (a < b). Если a + 1 = b, то промежуточной точки не существует, и дифракционные потери на участке трассы равны нулю. Или же это построение используется путем определения ν_n (a < n < b) и выбора точки с наибольшим значением ν. Значение ν для n-й точки профиля определяется по формуле:

$$\nu_n = h\sqrt{2d_{ab}/\lambda d_{an} d_{nb}}, \tag{45}$$

где:

$$h = h_n + [d_{an}\, d_{nb} / 2\, r_e] - [(h_a\, d_{nb} + h_b\, d_{an}) / d_{ab}] \tag{45a}$$

h_a, h_b, h_n: вертикальные высоты, как показано на рисунке 15;

d_{an}, d_{nb}, d_{ab}: горизонтальные расстояния, как показано на рисунке 15;

r_e: эквивалентный радиус Земли;

λ: длина волны;

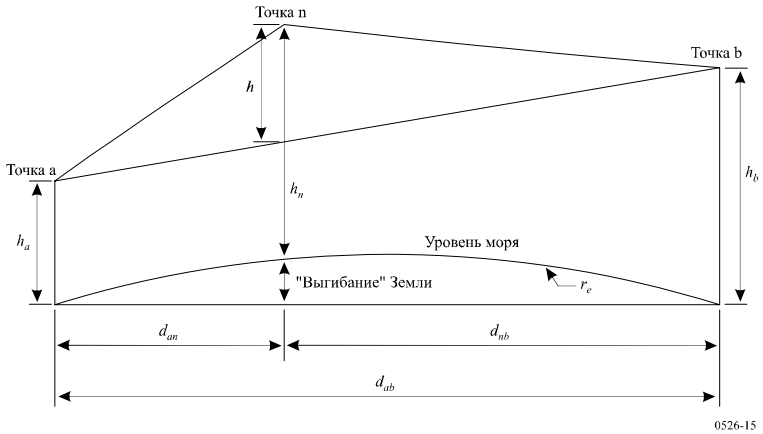
и все h, d, r_e и λ выражены в самосогласованных единицах.

Тогда дифракционные потери можно представить как потери над клиновидным препятствием, $J(\nu)$, выраженные уравнением (27) для ν > –0,78, и в противном случае они равны нулю.

Заметим, что уравнение (45) выведено непосредственно из уравнения (22). Геометрический смысл уравнения (45a) показан на рисунке 15. Второй член в уравнении (45a) представляет собой достаточно хорошую аппроксимацию дополнительной высоты в точке n, которая обусловлена кривизной Земли.

РИСУНОК 15

Геометрия для единичной кромки препятствия



На первом этапе описанная выше процедура применяется ко всему профилю, от передатчика до приемника. Точка с наибольшим значением ν называется основной кромкой препятствия, *p*, а соответствующие ей потери обозначаются $J(\nu_p)$.

Если $\nu_p > -0{,}78$, то процедура повторяется еще два раза:

– от передатчика до точки p с целью получения ν_t, а следовательно, и $J(\nu_t)$;

– от точки p до приемника с целью получения ν_r, а следовательно, и $J(\nu_r)$.

Тогда дополнительные дифракционные потери на трассе можно определить как:

$$L = J(\nu_p) + T\,[J(\nu_t) + J(\nu_r) + C] \quad \text{для} \quad \nu_p > -0{,}78 \tag{46a}$$

$$L = 0 \quad \text{для} \quad \nu_p \le -0{,}78, \tag{46b}$$

где:

C: эмпирическая поправка

$$C = 10{,}0 + 0{,}04D \tag{47}$$

D: общая длина трассы (км)

и

$$T = 1{,}0 - \exp\,[-J(\nu_p)/6{,}0\,]. \tag{48}$$

Заметим, что описанная выше процедура для загоризонтных трасс основана на построении Дейгоута, которое применяется максимум для трех кромок препятствий. Для трасс в пределах прямой видимости она отличается от построения Дейгоута тем, что в случае, когда основная кромка препятствия дает ненулевые дифракционные потери, рассматриваются две второстепенные кромки препятствия.

Этот метод может вызвать появление неоднородности в прогнозируемых дифракционных потерях в зависимости от эквивалентного радиуса Земли в связи с различными точками профиля, выбираемыми для основной или второстепенной кромок препятствия. Для того чтобы обеспечить плавное и монотонное прогнозирование дифракционных потерь в зависимости от эквивалентного радиуса Земли, основной кромки препятствия и, в случае их наличия, второстепенных кромок на любой стороне препятствия, сначала можно определить медианный эквивалентный радиус Земли. Затем эти кромки могут использоваться для расчета дифракционных потерь для других значений эквивалентного радиуса Земли, не прибегая к повторению процедуры определения мест расположения этих точек. Однако этот метод может оказаться менее точным при эквивалентных радиусах Земли, отклоняющихся от медианного значения в большую или меньшую сторону.

Метод каскадных клиновидных препятствий используется для дифракционной модели, предусмотренной в Рекомендации МСЭ-R P.452-12. Дифракционные потери рассчитываются для двух эквивалентных радиусов Земли: медианного значения и значения, превышающего β_0% обычного года, для которого используется коэффициент кривизны поверхности Земли, равный 3. Параметр β_0 представляет собой процентное соотношение времени, в течение которого аномальное распространение радиоволн будет влиять на общий результат. После этого используется процедура интерполяции, основанная на обратном дополнительном интегральном гауссовском распределении, для того чтобы рассчитать дифракционные потери в пределах процентного соотношения времени между β_0 и 50%. Однако при расчете дифракционных потерь для β_0% времени предусмотренный в Рекомендации МСЭ-R P.452 метод использует основную кромку препятствия и, в случае их наличия, второстепенные кромки, места расположения которых были определены для медианного случая. Это позволяет избежать возможности, когда небольшое изменение в элементах профиля может вызвать значительные изменения в дифракционных потерях за β_0% период времени в связи с изменениями в этих кромках препятствий.

5 Дифракция на тонких экранах

В приведенных ниже методах предполагается, что препятствие имеет форму тонкого экрана. Эти методы можно применять к распространению вокруг препятствия или сквозь апертуру.

5.1 Экран конечной ширины

Подавление помех в точке приема (например, на небольшой земной станции) можно осуществить с помощью искусственного экрана конечной ширины, установленного поперек направления распространения радиоволн. В этом случае напряженность поля в тени экрана можно рассчитать, предположив, что верхняя часть и две стороны экрана являются тремя клиновидными препятствиями. Каждое из этих препятствий вносит свой вклад в конструктивную и деструктивную интерференцию независимо от двух других, что ведет к быстрым флуктуациям напряженности поля на расстояниях порядка длины волны. Оценки средних и минимальных потерь, обусловленных дифракцией, в виде функции местоположения можно получить с помощью следующей упрощенной модели. Для расчета минимальных дифракционных потерь складываются амплитуды отдельных составляющих, а для оценки средних дифракционных потерь складываются мощности. Модель была проверена с помощью точных вычислений с использованием однородной теории дифракции (UTD) и результатов измерений, выполненных с высокой точностью.

Шаг 1: Вычислить геометрический параметр ν для каждого из трех клиновидных препятствий (вершины, левой стороны и правой стороны) с помощью любого из уравнений (22)–(25).

Шаг 2: Используя уравнение (27), вычислить для каждой кромки коэффициент потерь $j(\nu) = 10^{J(\nu)/20}$.

Шаг 3: Вычислить минимальные дифракционные потери J_{min} с помощью формулы:

$$J_{min}(\nu) = -20\log\left[\frac{1}{j_1(\nu)} + \frac{1}{j_2(\nu)} + \frac{1}{j_3(\nu)}\right] \quad \text{дБ} \tag{49}$$

или же

Шаг 4: Вычислить средние дифракционные потери J_{av} по формуле:

$$J_{av}(\nu) = -10\log\left[\frac{1}{j_1^2(\nu)} + \frac{1}{j_2^2(\nu)} + \frac{1}{j_3^2(\nu)}\right] \quad \text{дБ.} \tag{50}$$

5.2 Дифракция на прямоугольных апертурах, а также на составных апертурах или экранах

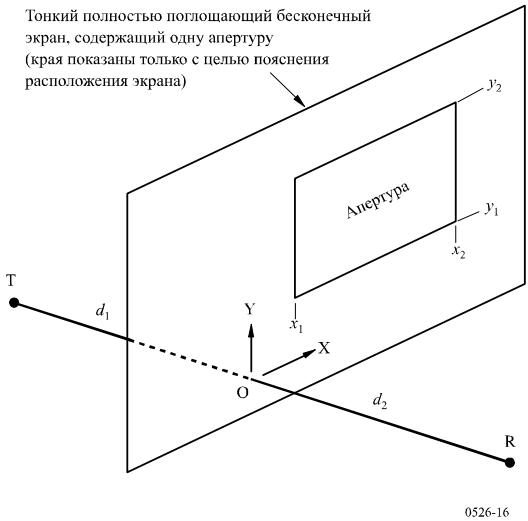
Описанный ниже метод может использоваться для прогнозирования дифракционных потерь, обусловленных наличием прямоугольной апертуры в иначе полностью поглощающем тонком экране. Этот метод можно расширить для учета нескольких прямоугольных апертур или экранов конечной ширины, и таким образом он является альтернативным методом для экрана конечной ширины, обсуждавшегося в п. 5.1.

5.2.1 Дифракция на единичной прямоугольной апертуре

На рисунке 16 показана геометрия, используемая для представления прямоугольной апертуры на бесконечном полностью поглощающем тонком экране.

РИСУНОК 16

Геометрия для единичной прямоугольной апертуры



Расположение краев апертуры, x_1, x_2, y_1 и y_2, дано в декартовой системе координат, начало которой находится в точке, где прямая линия от передатчика *T* к приемнику *R* проходит через экран, а распространение происходит параллельно оси *Z*. *T* и *R* расположены на расстояниях d_1 и d_2, соответственно, сзади и спереди экрана.

Напряженность поля, e_a, на входе приемника в линейных единицах, нормированная для условий свободного пространства, определяется в комплексной форме как:

$$e_a(x_1,x_2,y_1,y_2) = 0{,}5(C_x\, C_y - S_x\, S_y) + \mathrm{j}\ 0{,}5\ (C_x\, S_y + S_x\, C_y), \tag{51}$$

где:

$$C_x = C(\nu_{x2}) - C(\nu_{x1}) \tag{52a}$$

$$C_y = C(\nu_{y2}) - C(\nu_{y1}) \tag{52b}$$

$$S_x = S(\nu_{x2}) - S(\nu_{x1}) \tag{52c}$$

$$S_y = S(\nu_y 2) - S(\nu_{y1}). \tag{52d}$$

Четыре значения ν даны согласно уравнению (22) путем подстановки x_1, x_2, y_1 и y_2 поочередно вместо *h*, а $C(\nu)$ и $S(\nu)$ даны согласно уравнениям (7a) и (7b) и могут быть определены из комплексного коэффициента Френеля с использованием уравнений (8a) и (8b).

Соответствующие дифракционные потери L_a определяются как:

$$L_a = -20 \log (e_a) \quad \text{дБ.} \tag{53}$$

5.2.2 Дифракция на составных апертурах или экранах

Метод для единичной прямоугольной апертуры может быть расширен следующим образом:

Поскольку в линейных единицах, нормированных к условиям свободного пространства уравнения (51), поле свободного пространства определяется как 1,0 + j 0,0, нормированное комплексное поле e_s, обусловленное единичным прямоугольным экраном (изолированным от земли), получается как:

$$e_s = 1{,}0 - e_a, \tag{54}$$

где e_a вычисляется с использованием уравнения (51) для апертуры того же размера и с тем же расположением, что и экран.

– Нормированное поле, обусловленное комбинациями нескольких прямоугольных апертур или изолированных экранов, может быть вычислено путем сложения результатов согласно уравнению (51) или (54).

– Произвольно сформированные апертуры или экраны могут быть приближенно выражены путем подходящих комбинаций прямоугольных апертур или экранов.

– Поскольку интегралы $C(\nu)$ и $S(\nu)$ стремятся к 0,5 + j 0,5 при приближении ν к бесконечности, уравнение (50) может быть применено к прямоугольникам неограниченных размеров в одном или нескольких направлениях.

6 Дифракция над кромкой с конечной проводимостью

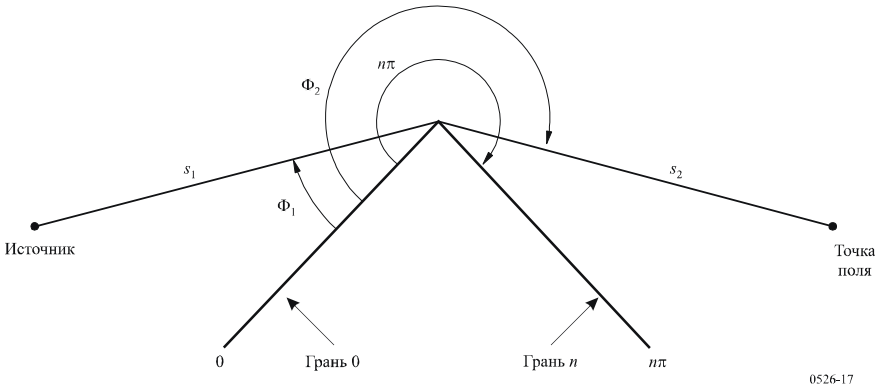
Описанный ниже метод может использоваться для прогнозирования дифракционных потерь, обусловленных конечной проводимостью кромки препятствия. Подходящими применениями являются случаи дифракции вокруг угла здания или над коньком крыши, или же когда местность можно охарактеризовать в виде холма с клиновидной вершиной. Этот метод требует знания проводимости и относительной диэлектрической проницаемости кромки препятствия, а также предполагает, что через материал кромки не происходит никакой передачи.

Данный метод основан на однородной теории дифракции (UTD). При этом учитывается дифракция как в затененной области, так и в области прямой видимости, и метод предназначен для плавного перехода между этими областями.

Геометрия клиновидного препятствия с конечной проводимостью показана на рисунке 17.

РИСУНОК 17

Геометрия для применения дифракции над кромкой по методу UTD



Формулировка UTD для электрического поля в точке поля, ограничивающейся двумя размерами, имеет вид:

$$e_{UTD} = e_0 \frac{\exp(-\mathrm{j}ks_1)}{s_1} D^{\perp}_{|\!|} \cdot \sqrt{\frac{s_1}{s_2(s_1 + s_2)}} \cdot \exp(-\mathrm{j}ks_2), \tag{55}$$

где:

e_{UTD}: электрическое поле в точке поля;

e_0: относительная амплитуда источника;

s_1: расстояние от точки расположения источника до дифрагирующей кромки;

s_2: расстояние от дифрагирующей кромки до конкретной точки поля;

k: волновое число $2\pi/\lambda$;

$D^{\perp}_{|\!|}$: коэффициент дифракции, зависящий от поляризации (параллельной или перпендикулярной плоскости падения) поля, падающего на кромку,

а s_1, s_2 и λ выражаются в самосогласованных единицах.

Коэффициент дифракции для кромки препятствия с конечной проводимостью определяется как:

$$D^{\perp}_{|\!|} = \frac{-\exp(-\mathrm{j}\pi/4)}{2n\sqrt{2\pi k}} \left\{ \begin{array}{l} \cot\left(\dfrac{\pi + (\Phi_2 - \Phi_1)}{2n}\right) \cdot F(kLa^+(\Phi_2 - \Phi_1)) \\ + \cot\left(\dfrac{\pi - (\Phi_2 - \Phi_1)}{2n}\right) \cdot F(kLa^-(\Phi_2 - \Phi_1)) \\ + R^{\perp}_{0|\!|} \cdot \cot\left(\dfrac{\pi - (\Phi_2 + \Phi_1)}{2n}\right) \cdot F(kLa^-(\Phi_2 + \Phi_1)) \\ + R^{\perp}_{n|\!|} \cdot \cot\left(\dfrac{\pi + (\Phi_2 + \Phi_1)}{2n}\right) \cdot F(kLa^+(\Phi_2 + \Phi_1)) \end{array} \right\}, \tag{56}$$

где:

Φ_1: угол падения, измеренный от грани падения (грань 0);

Φ_2: угол дифракции, измеренный от грани падения (грань 0);

n: внешний угол кромки как кратное число π радиан (фактический угол = $n\pi$ (рад.));

$\mathrm{j} = \sqrt{-1}$

и где $F(x)$ – это интеграл Френеля:

$$F(x) = 2\mathrm{j}\sqrt{x} \cdot \exp(\mathrm{j}x) \cdot \int_{\sqrt{x}}^{\infty} \exp(-\mathrm{j}t^2)\, \mathrm{d}t \tag{57}$$

$$\int_{\sqrt{x}}^{\infty} \exp(-\mathrm{j}t^2)\, \mathrm{d}t = \sqrt{\frac{\pi}{8}}(1 - \mathrm{j}) - \int_{0}^{\sqrt{x}} \exp(-\mathrm{j}t^2)\, \mathrm{d}t. \tag{58}$$

Этот интеграл можно вычислить с помощью численного интегрирования.

В качестве альтернативы полезное приближение определяется как:

$$\int_{\sqrt{x}}^{\infty} \exp(-\mathrm{j}t^2)\,\mathrm{d}t = \sqrt{\frac{\pi}{2}} A(x), \tag{59}$$

где:

$$A(x) = \begin{cases} \dfrac{1-\mathrm{j}}{2} - \exp(-\mathrm{j}x)\sqrt{\dfrac{x}{4}} \displaystyle\sum_{n=0}^{11} \left[(a_n + \mathrm{j}b_n) \left(\frac{x}{4} \right)^n \right] & \text{если } x < 4 \\ -\exp(-\mathrm{j}x)\sqrt{\dfrac{4}{x}} \displaystyle\sum_{n=0}^{11} \left[(c_n + \mathrm{j}d_n) \left(\frac{4}{x} \right)^n \right] & \text{в противном случае} \end{cases}, \tag{60}$$

а коэффициенты a, b, c, d определены в п. 2.7;

$$L = \frac{s_2 \cdot s_1}{s_2 + s_1} \tag{61}$$

$$a^{\pm}(\beta) = 2\cos^2\left(\frac{2n\pi N^{\pm} - \beta}{2} \right), \tag{62}$$

где:

$$\beta = \Phi_2 \pm \Phi_1 . \tag{63}$$

В уравнении (41) $N^{\pm}$ – это целые числа, которые почти оптимально удовлетворяют условиям уравнения.

$$N^{\pm} = \frac{\beta \pm \pi}{2n\pi} \tag{64}$$

$R_0^{\perp\parallel}, R_n^{\perp\parallel}$ – коэффициенты отражения для любой перпендикулярной или параллельной поляризации, определяемые как:

$$R^{\perp} = \frac{\sin(\Phi) - \sqrt{\eta - \cos(\Phi)^2}}{\sin(\Phi) + \sqrt{\eta - \cos(\Phi)^2}} \tag{65}$$

$$R^{\parallel} = \frac{\eta \cdot \sin(\Phi) - \sqrt{\eta - \cos(\Phi)^2}}{\eta \cdot \sin(\Phi) + \sqrt{\eta - \cos(\Phi)^2}}, \tag{66}$$

где:

$\Phi = \Phi_1$ для R_0 и $\Phi = (n\pi - \Phi_2)$ для R_n

$$\eta = \varepsilon_r - \mathrm{j} \times 18 \times 10^9 \sigma / f$$

ε_r: относительная диэлектрическая проницаемость материала, образующего кромку препятствия;

σ: проводимость материала, образующего кромку препятствия (См/м);

f: частота (Гц).

Заметим, что при необходимости две грани кромки могут иметь различные электрические свойства.

На границах тени и отражения одна из функций котангенса в уравнении (56) становится сингулярной.

Однако $D^{\perp}_{\parallel}$ остается равным конечному значению, и его можно легко оценить. Член, содержащий сингулярную функцию котангенса, определяется для небольшой величины ε как:

$$\cot\left(\frac{\pi \pm \beta}{2n}\right) \cdot F(kLa^{\pm}(\beta)) \cong n \cdot \left[\sqrt{2\pi kL} \cdot \text{sign}(\varepsilon) - 2kL\varepsilon \cdot \exp(j\pi/4)\right] \cdot \exp(j\pi/4) \tag{67}$$

при ε, определяемом как:

$$\varepsilon = \pi + \beta - 2\pi nN^{+} \quad \text{для} \quad \beta = \Phi_2 + \Phi_1 \tag{68}$$

$$\varepsilon = \pi - \beta + 2\pi nN^{-} \quad \text{для} \quad \beta = \Phi_2 - \Phi_1. \tag{69}$$

Результирующий коэффициент дифракции будет сохраняться постоянным на границах тени и отражения при условии, что в процессе вычисления отраженных лучей используется один и тот же коэффициент отражения.

Поле e_{LD}, обусловленное дифрагированным лучом, плюс луч на линии прямой видимости для $(\Phi_2 - \Phi_1) < \pi$, определяется как:

$$e_{LD} = \begin{cases} e_{UTD} + \dfrac{\exp(-jks)}{s} & \text{для} \quad \Phi_2 < \Phi_1 + \pi \\ e_{UTD} & \text{для} \quad \Phi_2 \geq \Phi_1 + \pi, \end{cases} \tag{70}$$

где:

s: расстояние по прямой линии между источником и точками поля.

Заметим, что при $(\Phi_2 - \Phi_1) = \pi$ второй член котангенса в уравнении (56) станет сингулярным и что должно использоваться альтернативное приближение, заданное уравнением (67).

Напряженность поля в точке поля (дБ) относительно поля, которое будет существовать в этой точке при отсутствии клиновидного препятствия (то есть дБ относительно свободного пространства), определяется путем установки e_0 в единицу в уравнении (55) и вычисления:

$$E_{UTD} = 20\log\left(\left|\frac{s \cdot e_{UTD}}{\exp(-jks)}\right|\right), \tag{71}$$

где:

s: расстояние по прямой линии между источником и точками поля.

Заметим, что при $n = 2$ и нулевых коэффициентах отражения этот расчет даст те же результаты, что и кривая дифракционных потерь над клиновидным препятствием, показанная на рисунке 9.

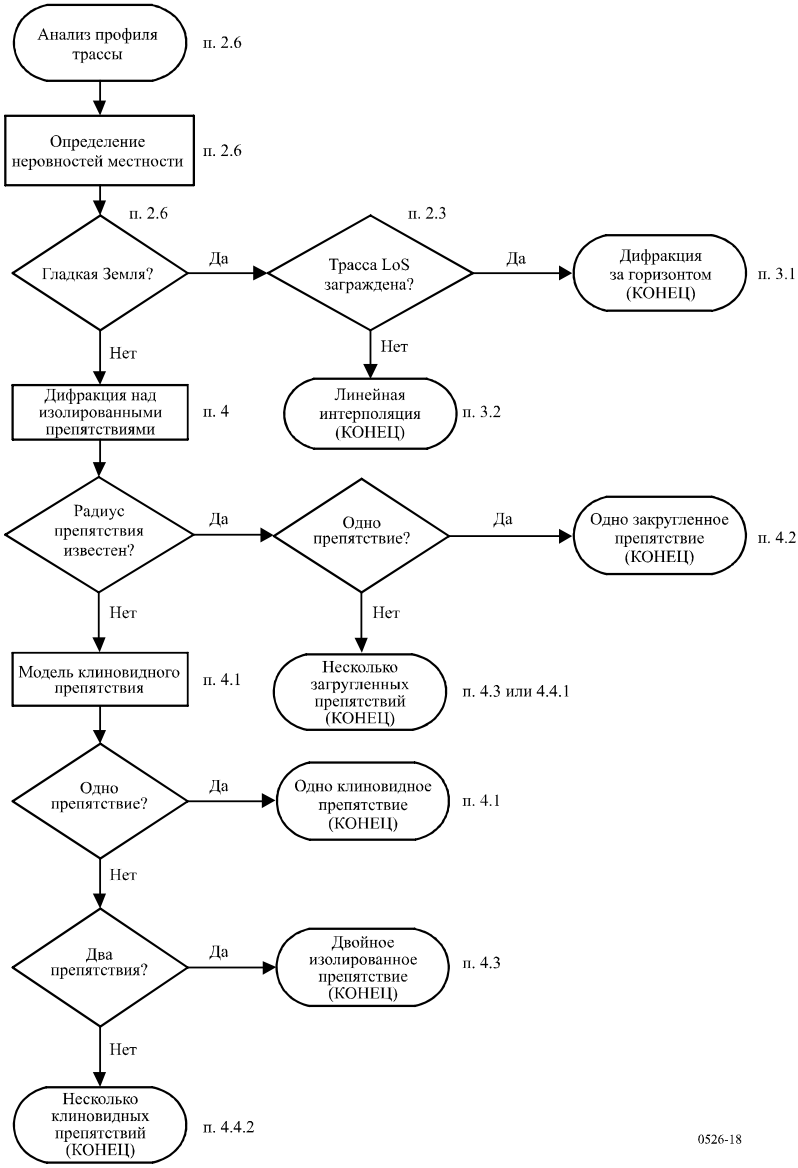
Версию MathCAD формулировки UTD можно получить в Бюро радиосвязи.

7 Руководство по распространению путем дифракции

На рисунке 18 показано общее руководство по оценке дифракционных потерь, соответствующих пп. 3 и 4. На этой схеме последовательности операций приведена процедура, которая должна быть принята в каждом случае.

РИСУНОК 18

Руководство по распространению путем дифракции



Дополнение 1
к Приложению 1

Расчет параметров цилиндра

Следующая процедура может быть использована для расчета параметров цилиндра, показанных на рисунках 8c) и 14 для каждого из расположенных на местности препятствий. Параметры выражены в самосогласованных единицах, а все углы – в радианах. Используемые аппроксимации справедливы для радиотрасс с углом наклона около 5° по отношению к горизонтали.

1 Угол дифракции и положение вершины

Угол дифракции над цилиндром, а также положение его вершины необходимо знать, хотя они и не считаются параметрами цилиндра.

Угол дифракции над препятствием определяется следующим образом:

$$\theta = \alpha_w + \alpha_z + \alpha_e, \tag{72}$$

где α_w и α_z – углы места точек x и y над локальной горизонталью со стороны точек w и z, соответственно, которые вычисляются по формулам:

$$\alpha_w = (h_x - h_w) / d_{wx} - d_{wx} / 2a_e \tag{73}$$

$$\alpha_z = (h_y - h_z) / d_{yz} - d_{yz} / 2a_e, \tag{74}$$

а α_e – угол, стянутый дугой большого круга между точками w и z, который определяется как:

$$\alpha_e = d_{wz} / a_e. \tag{75}$$

Расстояние от вершины до точки w рассчитывается в зависимости от того, представлено ли препятствие одним элементом профиля или несколькими:

Для препятствия, представленного одной точкой:

$$d_{wv} = d_{wx} \tag{76}$$

В случае многоточечных препятствий необходимо обеспечивать защиту от весьма небольших значений дифракции:

$$d_{wv} = \left[(\alpha_z + \alpha_e / 2)\, d_{wz} + h_z - h_w\right] / \theta \qquad \text{для} \quad \theta \cdot a_e \geq d_{xy} \tag{77a}$$

$$d_{wv} = (d_x + d_y) / 2 \qquad \text{для} \quad \theta \cdot a_e < d_{xy}. \tag{77b}$$

Расстояние от точки z до вершины будет равно:

$$d_{vz} = d_{wz} - d_{wv}. \tag{78}$$

Высота вершины над уровнем моря рассчитывается в зависимости от того, представлено ли препятствие одним элементом профиля или несколькими.

Для препятствия, представленного одной точкой:

$$h_v = h_x. \tag{79}$$

Для многоточечного препятствия:

$$h_v = d_{wv}\, \alpha_w + h_w + d\,2,^{wv} / 2a_e. \tag{80}$$

2 Параметры цилиндра

Теперь для каждого препятствия на местности, определенного методом "натянутой веревки", можно рассчитать параметры цилиндра (см. рисунок 8c)):

d_1 и d_2 – это расстояния (со знаком плюс) между вершинами и препятствиями (или терминалами) со стороны передатчика и приемника, соответственно,

и

$$h = h_v + d_{wv}\, d_{vz} / 2a_e - (h_w\, d_{vz} + h_z\, d_{wv}) / d_{wz}. \tag{81}$$

Для расчета радиуса цилиндра используются два следующих элементарных участка профиля:

p: точка, соседняя с x со стороны передатчика,

и

q: точка, соседняя с y со стороны приемника.

Таким образом, индексы p и q можно представить следующим образом:

$$p = x - 1 \tag{82}$$

и

$$q = y + 1. \tag{83}$$

Если точка, определяемая p или q, окажется терминалом, то соответствующее значение h будет высотой рельефа местности в этой точке, а не высотой антенны над уровнем моря.

Радиус цилиндра вычисляется как разность в наклонах участков профиля p-x и y-q с учетом кривизны земной поверхности, поделенная на расстояние между p и q.

Расстояния между элементами профиля, необходимыми для этого расчета, определяются как:

$$d_{px} = d_x - d_p \tag{84}$$

$$d_{yq} = d_q - d_y \tag{85}$$

$$d_{pq} = d_q - d_p. \tag{86}$$

Разница в наклонах участков профиля p-x и y-q, выраженная в радианах, рассчитывается по формуле:

$$t = (h_x - h_p) / d_{px} + (h_y - h_q) / d_{yq} - d_{pq} / a_e, \tag{87}$$

где a_e – эквивалентный радиус Земли.

Теперь получим радиус цилиндра в виде:

$$R = \left[d_{pq} / t\right] \left[1 - \exp\left(-4\,\nu\right)\right]^3. \tag{88}$$

где ν – безразмерный параметр в уравнении (28) для клиновидного препятствия.

Второй множитель в уравнении (88) – это найденная эмпирическим путем сглаживающая функция, используемая для того, чтобы избежать неоднородностей для препятствий, находящихся на грани пределов прямой видимости.

Дополнение 2
к Приложению 1

Дифракционные потери на субтрассах

1 Введение

В настоящем Дополнении представлен метод расчета дифракционных потерь на субтрассах для участков дифракционной трассы, находящихся в пределах прямой видимости. Трасса моделируется каскадом цилиндров, каждый из которых характеризуется точками профиля *w*, *x*, *y* и *z*, как показано на рисунках 13 и 14. Дифракционные потери на субтрассах должны вычисляться для каждого участка всей трассы между точками *w* и *x* или *y* и *z*. Это участки трассы, расположенные между препятствиями или между препятствием и терминалом и находящиеся в пределах прямой видимости.

Настоящий метод может быть использован также для трассы прямой видимости с дифракцией на субтрассах. В этом случае метод применяется для всей трассы целиком.

2 Метод

Для участка профиля в пределах прямой видимости, расположенного между элементами профиля с индексами *u* и *v*, прежде всего, необходимо найти элемент профиля, лежащий между *u* и *v*, но исключающий их, который затеняет бóльшую часть первой зоны Френеля для луча, распространяющегося от *u* к *v*.

Для того чтобы избежать выбора точки, которая по существу является частью одного из наземных препятствий, уже смоделированного в виде цилиндра, часть профиля между *u* и *v* ограничивают участком между двумя дополнительными индексами *p* и *q*, которые задаются следующим образом:

– положим, что $p = u + 1$;

– если одновременно $p < v$ и $h_p > h_{p+1}$, то следует увеличить *p* на 1 и повторить все сначала;

– положим $q = v - 1$;

– если одновременно $q > u$ и $h_q > h_{q-1}$, то следует уменьшить *q* на 1 и повторить.

Если $p = q$, то считаем, что потери за счет препятствия на субтрассе равны 0. В противном случае обращаемся к следующей вычислительной процедуре.

Теперь необходимо найти минимальное значение нормированного просвета на трассе, C_F, определяемого как h_z/F_1, где выраженные в самосогласованных единицах:

h_z: высота луча над точкой профиля;

F_1: радиус первой зоны Френеля.

Минимальное нормированное значение просвета на трассе можно записать как:

$$C_F = \min_{i=p}^{q} \left[(h_z)_i / (F_1)_i \right], \tag{89}$$

где:

$$(h_z)_i = (h_r)_i - (h_t)_i \tag{90}$$

$$(F_1)_i = \sqrt{\lambda \cdot d_{ui} \cdot d_{iv} / d_{uv}} \,. \tag{91}$$

$(h_r)_i$ – высота луча над прямой линией, соединяющей точки u и v на уровне моря в i-й точке профиля, определяемая как:

$$(h_r)_i = (h_u \cdot d_{iv} + h_v \cdot d_{ui}) / d_{uv} \quad (92)$$

$(h_t)_i$ – высота местности над прямой линией, соединяющей точки u и v на уровне моря в i-й точке профиля, определяемая как:

$$(h_t)_i = h_i + d_{ui} \cdot d_{iv} / 2a_e. \quad (93)$$

РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R M.541-9*

Эксплуатационные процедуры для использования оборудования цифрового избирательного вызова в морской подвижной службе

(1978-1982-1986-1990-1992-1994-1995-1996-1997-2004)

Резюме

Данная Рекомендация содержит эксплуатационные процедуры для оборудования цифрового избирательного вызова (ЦИВ), технические характеристики которого приведены в Рекомендации МСЭ-R M.493. Данная Рекомендация содержит пять приложений. В Приложениях 1 и 2 описаны положения и процедуры для вызовов в случае бедствия, срочности и безопасности, а также для обычных вызовов, соответственно. В Приложениях 3 и 4 описываются эксплуатационные процедуры для судовых и береговых станций, и в Приложении 5 перечислены частоты, которые должны быть использованы для ЦИВ.

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

a) что цифровой избирательный вызов (ЦИВ) будет использоваться в соответствии с Рекомендацией МСЭ-R M.493;

b) что требования Главы IV Поправок к Международной конвенции по охране человеческой жизни на море (СОЛАС) 1974 года, в отношении Глобальной морской системы для случаев бедствия и обеспечения безопасности (ГМСББ), основаны на использовании ЦИВ для подачи сигнала тревоги в случае бедствия и вызова в случае бедствия и что эксплуатационные процедуры являются необходимыми для использования этой системы;

c) что эксплуатационные процедуры во всех полосах частот и для всех типов связи должны быть насколько возможно одинаковыми;

d) что ЦИВ может обеспечить полезные дополнительные средства передачи сигнала тревоги в случае бедствия в дополнение к предусмотренной передаче сигнала тревоги в случае бедствия существующими методами и процедурами, описанными в Регламенте радиосвязи (РР);

e) что должны быть определены условия того, когда должны приводиться в действие устройства подачи сигнала тревоги,

рекомендует,

1 что технические характеристики оборудования, используемого для ЦИВ в морской подвижной службе, должны удовлетворять требованиям соответствующих Рекомендаций МСЭ-R;

2 что эксплуатационные процедуры в полосах СЧ, ВЧ и ОВЧ для ЦИВ должны соответствовать Приложению 1 для вызовов в случае бедствия и безопасности и Приложению 2 для других вызовов;

3 чтобы на станциях, оборудованных для ЦИВ, предусматривались:

3.1 ручной ввод адреса, типа вызова, категории вызова и различных сообщений в последовательности ЦИВ;

3.2 проверка и, если необходимо, корректировка таких сформированных вручную последовательностей;

---

* Данная Рекомендация должна быть доведена до сведения Международной морской организации (ИМО) и Сектора стандартизации электросвязи МСЭ (МСЭ-Т).

3.3 специальный звуковой сигнал тревоги и визуальная индикация, указывающая на прием вызова в случае бедствия или срочности или вызова, имеющего категорию бедствия. Должна быть исключена возможность отключения сигнала тревоги и визуальной индикации. Должно быть предусмотрено, чтобы их последующее включение можно было осуществить только вручную;

3.4 звуковой(ые) сигнал(ы) и визуальная индикация для вызовов, не связанных с бедствием и срочностью. Должна иметься возможность отключения звукового(ых) сигнала(ов);

3.5 визуальные индикаторы для указания:

3.5.1 типа адреса принятого вызова (все станции, группа станций, географический район, индивидуальный);

3.5.2 категории;

3.5.3 опознавателя вызывающей станции;

3.5.4 информации цифрового или буквенно-цифрового типа, например информация о частоте и телекоманда;

3.5.5 типа символа "конец последовательности";

3.5.6 обнаружения ошибок, если они имеются;

3.6 наблюдение канала, используемого для ЦИВ, с целью определения наличия сигнала и обеспечения возможности автоматического предотвращения передачи вызова ЦИВ в случае занятости канала, за исключением передачи вызовов в случае бедствия, срочности и неиспытательных вызовов безопасности;

4 что оборудование должно быть простым в эксплуатации;

5 что эксплуатационные процедуры, приведенные в Приложениях 3 и 4, которые основаны на соответствующих процедурах из Приложений 1 и 2, а также из РР, должны использоваться в качестве руководства для судовых и береговых станций;

6 что частоты, применяемые для целей бедствия и безопасности, с использованием ЦИВ, содержатся в Приложении 5 к настоящей Рекомендации (см. Приложение 15 РР).

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – В данной Рекомендации используются следующие определения:

Единая частота: частота, используемая и для передачи, и для приема.

Спаренные частоты: частоты, которые объединены в пары; каждая пара состоит из одной частоты передачи и одной частоты приема.

Международные частоты ЦИВ: эти частоты предназначены в РР для исключительного использования для ЦИВ на международной основе.

Национальные частоты ЦИВ: эти частоты присвоены отдельным береговым станциям или группам станций, которым разрешено использование ЦИВ (они могут включать в себя рабочие частоты, а также частоты вызова). Использование этих частот должно соответствовать РР.

Автоматическая работа ЦИВ на судовой станции: режим работы с использованием автоматически настраиваемых передатчиков и приемников, пригодных для необслуживаемой работы, которые обеспечивают автоматическую отправку подтверждений вызова после приема ЦИВ и автоматический переход на соответствующие рабочие частоты.

Попытка вызова: одна последовательность вызова или ограниченное их число, отправленных на одну и ту же станцию на одной или нескольких частотах, в пределах относительно короткого периода времени (например, несколько минут). Попытка вызова считается безуспешной, если последовательность вызова содержит в конце символ RQ и подтверждения в течение данного интервала времени не получено.

Приложение 1

Положения и процедуры для вызовов в случае бедствия, срочности и безопасности

1 Введение

Наземные элементы ГМСББ, принятой в Поправках 1988 года к Международной конвенции по охране человеческой жизни на море (СОЛАС) 1974 года, основаны на использовании ЦИВ для связи в случае бедствия и для обеспечения безопасности.

1.1 Способ вызова

Положения Главы VII РР применимы для использования ЦИВ в случаях бедствия, срочности или безопасности.

2 Сигнал тревоги в случае бедствия ЦИВ

Сигнал тревоги в случае бедствия ЦИВ обеспечивает оповещение об опасности, самоопознавание, указание на местонахождение судна, включая время и характер бедствия, согласно определению в РР (см. Главу VII РР).

3 Процедуры для сигналов тревоги в случае бедствия ЦИВ

3.1 Передача подвижным объектом, терпящим бедствие

3.1.1 Оборудование ЦИВ должно быть готово передавать сигнал тревоги в случае бедствия по крайней мере на одной частоте для передачи такого сигнала.

3.1.2 Сигнал тревоги в случае бедствия должен быть построен в соответствии с Рекомендацией МСЭ-R M.493; в него должна быть включена соответствующая информация о местонахождении судна, времени, в которое она была получена, и о характере бедствия. Если информация о местонахождении судна не может быть введена в сигнал, то вместо информации о местонахождении судна должна автоматически передаваться цифра 9, повторенная десять раз. Если информация о времени не может быть введена в сигнал, то вместо сигналов, предназначенных для информации о времени, должна автоматически передаваться цифра 8, повторенная четыре раза.

3.1.3 Попытка подачи сигнала тревоги в случае бедствия

Попытка подачи сигнала тревоги в случае бедствия на СЧ и ВЧ может осуществляться как попытка вызова на одной частоте или на многих частотах. На ОВЧ используется только попытка вызова на одной частоте.

3.1.3.1 Попытка вызова на одной частоте

Попытка подачи сигнала тревоги в случае бедствия должна осуществляться как 5 последовательных вызовов на одной частоте. Для того чтобы избежать наложения вызовов и потери подтверждений, такая попытка вызова может быть передана на той же самой частоте еще раз после произвольной задержки во времени от 3,5 до 4,5 мин. от начала первого вызова. Это позволяет принимать приходящие случайным образом подтверждения без блокирования повторной передачей. Произвольная задержка должна создаваться автоматически для каждой повторяемой передачи, однако должна иметься возможность вручную прекратить автоматическое повторение.

На СЧ и ВЧ попытки вызова на одной частоте могут быть повторены на других частотах после произвольной задержки во времени от 3,5 до 4,5 мин. от начала первого вызова. Однако если станция способна принимать подтверждения непрерывно на всех частотах бедствия, кроме используемой в настоящий момент частоты передачи, то попытки вызова на одной частоте могут быть повторены на других частотах без такой задержки.

3.1.3.2 Попытка вызова на многих частотах

Попытка подачи сигнала тревоги в случае бедствия может осуществляться в виде последовательных (см. Примечание 1) вызовов (до 6), распределенных максимум по 6 частотам бедствия (1 на СЧ и 5 на ВЧ). Станции, осуществляющие попытки подачи сигнала тревоги в случае бедствия на многих частотах, должны быть способны принимать подтверждения непрерывно на всех частотах, кроме используемой в настоящий момент частоты передачи, или иметь возможность завершить попытку вызова в течение 1 мин.

Попытки вызова на многих частотах могут быть повторены еще раз после произвольной задержки во времени от 3,5 до 4,5 мин. от начала первого вызова.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – ОВЧ вызов может передаваться одновременно с СЧ/ВЧ вызовом.

3.1.4 Бедствие

В случае бедствия оператор должен:

3.1.4.1 ввести желаемый режим последующей связи и, если время позволяет, ввести данные о местонахождении судна и времени (см. Примечание 1), когда они были получены, и о характере бедствия (см. Примечание 1);

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Если только это не производится автоматически.

3.1.4.2 выбрать частоту (частоты) бедствия, которые должны использоваться (см. Примечание 1 к п. 3.1.4.1);

3.1.4.3 начать осуществлять попытку подачи сигнала тревоги в случае бедствия посредством специальной кнопки.

3.2 Прием

Оборудование ЦИВ должно быть способно надежно вести 24-часовое дежурство на соответствующих частотах передачи сигналов тревоги в случае бедствия ЦИВ.

3.3 Подтверждение сигналов тревоги в случае бедствия

Подтверждение сигналов тревоги в случае бедствия должно включаться вручную.

Подтверждение должно передаваться на той же частоте, на которой был принят сигнал тревоги в случае бедствия.

3.3.1 Сигналы тревоги в случае бедствия должны быть, как правило, подтверждены ЦИВ только соответствующими береговыми станциями. Береговые станции должны, кроме того, установить дежурство на радиотелефоне и, если сигнал "режим последующей связи" в принятом сигнале тревоги в случае бедствия указывает телепринтер, также на узкополосном буквопечатающем (УПБП) телеграфном аппарате (см. Рекомендацию МСЭ-R M.493). В обоих случаях частоты радиотелефона и УПБП телеграфа должны быть определены в соответствии с тем, на какой частоте был принят сигнал тревоги в случае бедствия.

3.3.2 Подтверждения сигналов тревоги в случае бедствия ЦИВ, передаваемые береговыми станциями на СЧ или ВЧ, должны начинаться с минимальной задержкой, равной 1 мин., после приема сигнала тревоги в случае бедствия и обычно с максимальной задержкой 2,75 мин. Это позволяет завершить все попытки вызовов на одной частоте или на многих частотах и должно дать достаточно времени береговым станциям, для того чтобы ответить на сигнал тревоги в случае бедствия. Подтверждения ЦИВ на ОВЧ должны передаваться береговыми станциями как можно быстрее.

3.3.3 Подтверждение сигнала тревоги в случае бедствия состоит из одного подтверждения вызова ЦИВ, которое должно быть адресовано "всем судам" и содержать опознаватель (см. Рекомендацию МСЭ-R M.493) судна, чей сигнал тревоги в случае бедствия подтверждается.

3.3.4 Суда после приема сигнала тревоги в случае бедствия ЦИВ от другого судна должны установить дежурство на соответствующей радиотелефонной частоте обмена в случаях бедствия и безопасности и подтвердить прием вызова по радиотелефону.

Если судовая станция продолжает получать сигнал тревоги в случае бедствия ЦИВ в канале СЧ или ОВЧ, то подтверждение ЦИВ для прекращения вызова должно передаваться только после консультации с центром координации спасательных операций или береговой станцией и получения на то соответствующего указания.

3.3.5 Автоматическое повторение попытки подачи сигнала тревоги в случае бедствия должно автоматически завершиться после приема подтверждения сигнала тревоги в случае бедствия ЦИВ.

3.3.6 Если обмен в случаях бедствия, срочности и безопасности не может быть удовлетворительно проведен с использованием радиотелефона, затронутая станция может указать свое намерение осуществить последующую связь на соответствующей частоте по УПБП телеграфу.

3.4 Ретрансляция вызовов в случае бедствия

Ретрансляция вызовов в случае бедствия должна производиться вручную.

3.4.1 При ретрансляции вызова в случае бедствия должен использоваться сигнал телекоманды "ретрансляция вызова в случае бедствия" в соответствии с Рекомендацией МСЭ-R M.493, и попытка вызова должна соответствовать процедуре, описанной в пп. 3.1.3–3.1.3.2 для сигналов тревоги в случае бедствия, за исключением случая, когда сигнал тревоги передается вручную как отдельный одночастотный вызов.

3.4.2 Любое судно после приема в ВЧ канале сигнала тревоги в случае бедствия, который в течение 5 мин. не был подтвержден береговой станцией, должно ретранслировать вызов в случае бедствия на соответствующую береговую станцию.

3.4.3 Ретрансляция вызовов в случае бедствия береговыми станциями или судовыми станциями, адресованная более чем одному судну, должна быть подтверждена судовыми станциями с использованием радиотелефона. Ретрансляция вызовов в случае бедствия, передаваемая судовыми станциями, должна быть подтверждена береговой станцией посредством передачи вызова "подтверждение ретрансляции вызова в случае бедствия" в соответствии с процедурами для подтверждения вызовов в случае бедствия, описанными в пп. 3.3–3.3.3.

4 Процедуры для вызовов срочности и безопасности ЦИВ

4.1 ЦИВ на частотах вызова в случае бедствия и безопасности должен использоваться береговыми станциями для передачи судам рекомендаций и судами для передачи береговым станциям и/или судовым станциям рекомендаций в отношении предстоящей передачи сообщений срочности, жизненно важных навигационных сообщений и сообщений безопасности, за исключением тех случаев, когда передача ведется в плановое время. Вызов должен указывать рабочую частоту, которая будет использоваться для последующей передачи срочных, жизненно важных навигационных сообщений или сообщений безопасности.

4.2 Извещение и опознавание медицинского транспорта должны выполняться при помощи методов ЦИВ, с использованием соответствующих частот вызова в случае бедствия и безопасности. Такие вызовы должны использовать категорию "срочно" и телекоманду "медицинский транспорт" и быть адресованы "всем судам" на ОВЧ и географическому району на СЧ/ВЧ.

4.3 Эксплуатационные процедуры для вызовов срочности и безопасности должны удовлетворять соответствующим разделам Приложения 3, пп. 2.1 или 2.2, а также пп. 3.1 или 3.2.

5 Испытания оборудования, используемого для вызовов в случае бедствия и безопасности

Следует в максимально возможной степени не допускать испытаний на частотах, предназначенных исключительно для вызовов в случае бедствия и безопасности ЦИВ, и использовать для этого другие методы. Испытательные вызовы на ОВЧ, СЧ и ВЧ должны соответствовать Рекомендации МСЭ-R M.493 (см. таблицу 4.7), и вызов может быть подтвержден вызываемой станцией. Как правило, дальнейшего обмена сообщениями между двумя задействованными станциями не должно быть.

Приложение 2

Положения и процедуры для обычных вызовов

1 Частоты/каналы

1.1 Как правило, на ВЧ и СЧ должны использоваться спаренные частоты; при этом подтверждение передается на частоте, спаренной с частотой принимаемого вызова. В исключительных случаях для национальных целей может использоваться единая частота. Если один и тот же вызов принимается в нескольких каналах вызова, для передачи подтверждения должен быть выбран наиболее подходящий. На ОВЧ следует использовать одночастотный канал.

1.2 Международные вызовы

Для международных вызовов ЦИВ должны быть использованы спаренные частоты, перечисленные в Части A Приложения 17 РР, и в Приложении 5 к данной Рекомендации.

1.2.1 В диапазонах ВЧ и СЧ международные частоты ЦИВ должны быть использованы только для вызовов берег-судно и для соответствующих подтверждений от судов, оборудованных для автоматической работы ЦИВ, если известно, что заинтересованные суда не прослушивают национальные частоты береговой станции.

1.2.2 Все вызовы ЦИВ судно-берег на СЧ и ВЧ должны, предпочтительно, выполняться на национальных частотах береговых станций.

1.3 Национальные вызовы

Береговые станции должны не допускать использования международных частот ЦИВ для вызовов, которые могут быть выполнены с использованием национальных частот.

1.3.1 Судовые станции должны вести дежурство на соответствующих национальных и международных каналах. (Надлежащие меры следует принять для равномерной загрузки национальных и международных каналов.)

1.3.2 Администрациям настоятельно рекомендуется отыскать способы и договориться об условиях улучшения использования имеющихся каналов ЦИВ, например:

– координированным и/или совместным использованием передатчиков береговых станций;

– оптимизируя вероятность успешных вызовов путем предоставления судам информации о подходящих частотах (каналах), в которых должно быть установлено дежурство, и путем получения на специально выделенных береговых станциях информации с судов о каналах, в которых установлено дежурство на судах.

1.4 Метод осуществления вызова

1.4.1 Процедуры, описанные в данном разделе, применимы для использования методов ЦИВ, за исключением случаев бедствия, срочности или обеспечения безопасности, для которых применяются положения Главы VII РР.

1.4.2 Вызов должен содержать информацию, указывающую станцию или станции, которым направляется вызов, и опознаватель вызывающей станции.

1.4.3 Вызов должен также содержать информацию, указывающую тип связи, который должен быть установлен, и может включать дополнительную информацию, например предлагаемую рабочую частоту или канал; эта информация всегда должна включаться в вызовы от береговых станций, которые имеют в этом отношении приоритет.

1.4.4 Для вызова должен использоваться подходящий канал цифрового избирательного вызова, выбранный в соответствии с положениями пп. 52.128–52.137 или пп. 52.145–52.153 РР, в зависимости от случая.

2 Эксплуатационные процедуры

Технический формат последовательности вызова должен соответствовать надлежащим Рекомендациям МСЭ-R.

Ответ на ЦИВ, требующий подтверждения, должен выполняться путем передачи соответствующего подтверждения с использованием методов ЦИВ.

Подтверждения могут быть произведены вручную или автоматически. Если подтверждение может быть передано автоматически, оно должно соответствовать надлежащим Рекомендациям МСЭ-R.

Технический формат последовательности подтверждения должен соответствовать надлежащим Рекомендациям МСЭ-R.

При связи между береговой и судовой станциями окончательное решение о том, какая рабочая частота или канал будут использоваться, должна принимать береговая станция.

Направление сообщения и управление работой при радиотелефонии должны выполняться в соответствии с Рекомендацией МСЭ-R M.1171.

Типовая последовательность вызова и подтверждения ЦИВ содержит следующие сигналы (см. Рекомендацию МСЭ-R M.493).

Состав типовой последовательности обычного вызова и подтверждения ЦИВ

Сигнал	*Метод составления*
– спецификатор формата	выбирается оператором
– адрес	вводится оператором
– категория (обычный вызов)	выбирается автоматически
– самоопознавание	предварительно программируется
– информация о телекоманде	выбирается оператором
– информация о частоте (если имеется)	выбирается или вводится оператором
– номер телефона (только для полуавтоматических/автоматических соединений судно-берег)	вводится оператором
– сигнал конца последовательности	выбирается автоматически

2.1 Береговая станция посылает вызов судовой станции (см. Примечание 1)

На рисунках 1 и 2 показаны нижеописанные процедуры при помощи блок-схемы и временной последовательности, соответственно.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Более подробно описание процедур, применимых только для полуавтоматического/автоматического обслуживания, приведено в Рекомендациях МСЭ-R M.689 и МСЭ-R M.1082.

2.1.2 Если между вызывающим абонентом и береговой станцией существует непосредственная связь, то береговая станция запрашивает вызывающего абонента о приблизительном местонахождении судна.

2.1.3 Если местонахождение судна не может быть указано вызывающей стороной, то оператор береговой станции старается найти данные о нем по информации, имеющейся на береговой станции.

2.1.4 Береговая станция проверяет, не будет ли более удобным установление соединения через другую береговую станцию (см. п. 1.3.2).

2.1.5 Береговая станция проверяет, не является ли передача ЦИВ неприемлемой или ограниченной (например, судовая станция не способна работать с ЦИВ или неисправна).

2.1.6 Установив, что ЦИВ является приемлемым, береговая станция составляет последовательность вызова следующим образом:

– выбирает спецификатор формата;

– вводит адрес судна;

– выбирает категорию;

– выбирает информацию о телекоманде;

– при необходимости, вводит информацию о рабочей частоте в часть последовательности, предназначенную для сообщений;

– обычно выбирает сигнал "конца последовательности" "RQ". Однако если береговая станция знает, что судовая станция не может ответить или вызов предназначен группе судов, то данные о частоте опускаются и сигналом конца последовательности должен быть символ 127; в этом случае последующие процедуры (пп. 2.1.13–2.1.15), связанные с подтверждением, неприменимы.

РИСУНОК 1

Блок-схема эксплуатационных процедур для вызова в направлении берег-судно

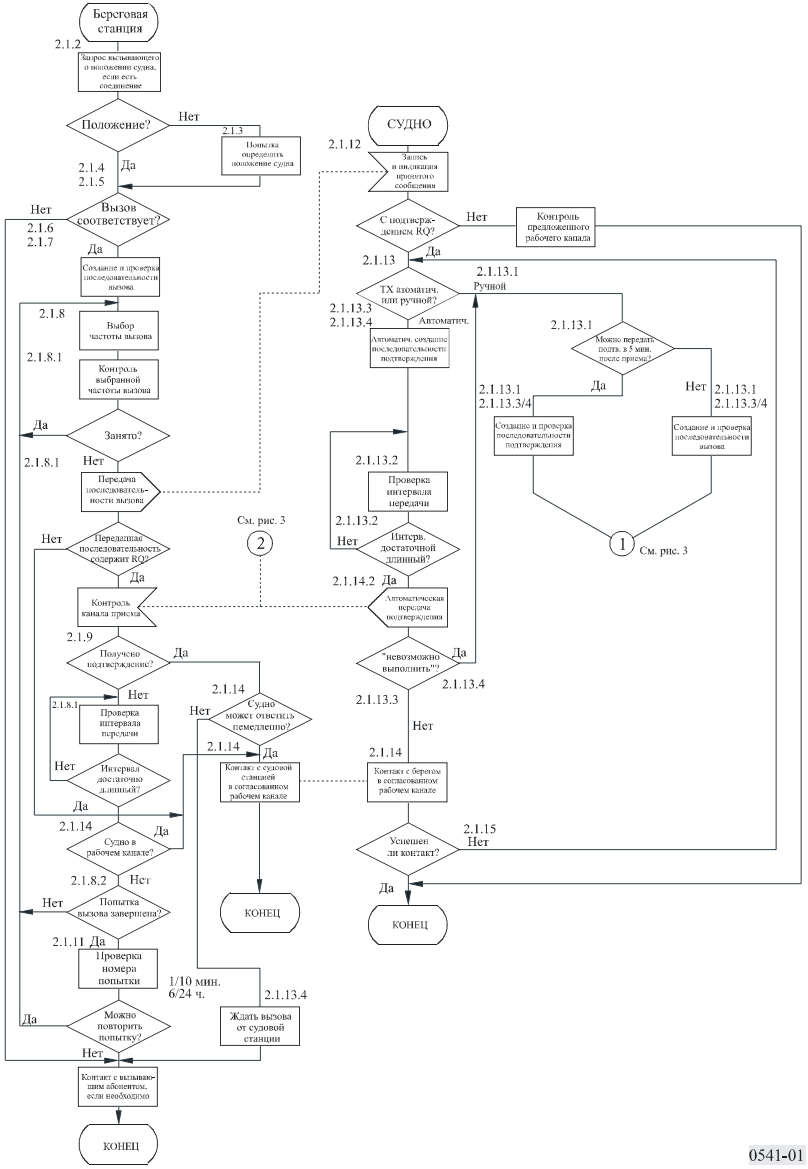
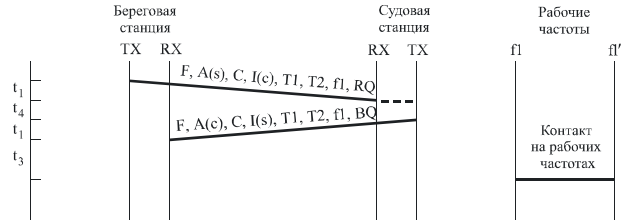
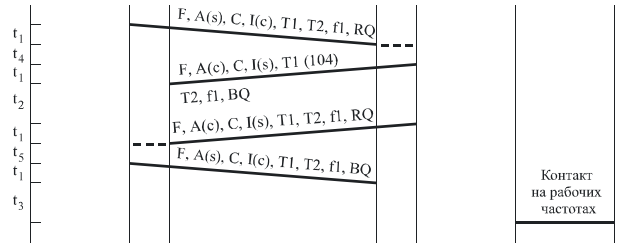


РИСУНОК 2

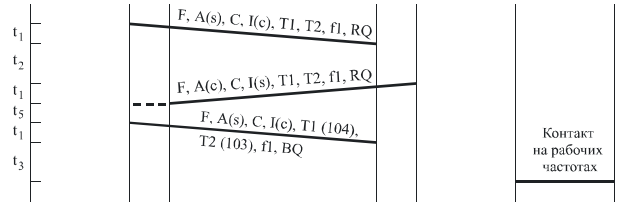
Пример временных диаграмм для вызова в направлении берег-судно



a) Автоматический передатчик (возможно выполнить)



b) Автоматичсский передатчик (невозможно выполнить)



c) Судовой передатчик неавтоматический. Судно выполняет задержанный (> 5 мин.) ответ на вызов от береговой станции и становится в очередь на рабочей частоте

t_1: время передачи последовательности ЦИВ

t_2: интервал между приемом ЦИВ на судне и передачейс судна после появления оператора в радиобудке(от нескольких минут до нсскольких часов)

t_3: время перехода с частоты вызова на рабочую частоту, включая, в случае необходимости, время для освобождения рабочего канала (время ожидания в очереди)

t_4: определено в п. 2.1.13.2

t_5: время для подготовки подтверждения на берговой станции (см. п. 2.2.6)

F : спецификатор формата

A : адрес вызываемой станции

I : самоопознавание вызывающей станции { суффикс (c) или (s) обозначает береговую станциюили судно, соотвстственно

C : катсгория

T1 : сигнал первой телекоманды, (104) означает невозможность выполнения

T2 : сигнал второй телекоманды, (103) означает очередь

f1, f1′ : рабочие частоты

RQ, BQ : сигналы конца последовательности

0541-02

2.1.7 Береговая станция проверяет последовательность вызова.

Вызов будет передан только один раз в одном подходящем канале вызова или на одной частоте. Только в исключительных условиях вызов может быть одновременно передан на нескольких частотах.

2.1.8 Оператор береговой станции выбирает частоты вызова, которые наиболее подходят для местонахождения судна.

2.1.8.1 После проверки, по мере возможности, того, что никаких других вызовов не ведется, оператор береговой станции начинает передачу последовательности на одной из выбранных частот. Передача на любой единой частоте должна быть ограничена не более чем двумя вызовами с интервалом не менее 45 с для возможности приема подтверждения от судна.

2.1.8.2 При необходимости может быть передана "попытка вызова", включая передачу той же последовательности на других частотах (если необходимо, с изменением информации о рабочей частоте, чтобы она соответствовала полосе частоты вызова), выполняемая поочередно с интервалами не менее 5 мин., по методу, аналогичному п. 2.1.8.1.

2.1.9 Если подтверждение получено, более передавать последовательность вызова не следует.

Далее береговая станция готовится к передаче сообщения в рабочем канале или на частоте, которые были ею предложены.

2.1.10 Подтверждение принятого вызова должно быть передано только в случае приема последовательности вызова, которая заканчивается запросом подтверждения.

2.1.11 Если вызываемая станция не отвечает, то попытка вызова, как правило, не должна повторяться ранее, чем через интервал, по крайнем мере, в 15 мин. Одна и та же попытка вызова не должна повторяться более пяти раз в течение 24 часов. Общее время использования частот во время одной попытки вызова, как правило, не должно превышать 1 мин.

На судне выполняются следующие процедуры:

2.1.12 После приема судовой станцией последовательности вызова принятое сообщение должно быть показано.

2.1.13 Если принимаемая последовательность вызова содержит сигнал конца последовательности "RQ", то должна быть составлена и передана последовательность подтверждения.

Информация о спецификаторе формата и о категории должна быть идентичной той, что содержалась в принятой последовательности вызова.

2.1.13.1 Если судовая станция не оборудована для автоматической работы ЦИВ, то оператор судовой станции посылает подтверждение для береговой станции после задержки не менее 5 с, но не позднее, чем через 4,5 мин. после приема последовательности вызова, используя процедуру вызова судно-берег, подробно описанную в п. 2.2. Однако передаваемая последовательность должна содержать сигнал конца последовательности "BQ" вместо сигнала "RQ".

Если такое подтверждение не может быть передано в течение 5 мин. после приема последовательности вызова, судовая станция должна вместо него передать на береговую станцию последовательность вызова, используя для этого процедуру вызова судно-берег, подробно описанную в п. 2.2.

2.1.13.2 Если судно оборудовано для автоматической работы ЦИВ, то судовая станция автоматически передает подтверждение с сигналом конца последовательности "BQ". Начало передачи этой последовательности подтверждения после завершения приема полной последовательности вызова должно быть в пределах 30 с для ВЧ и СЧ или в пределах 3 с для ОВЧ.

2.1.13.3 Если судно может ответить немедленно, то последовательность подтверждения должна включать сигнал телекоманды, идентичный принятому в последовательности вызова, который показывает, что станция может отвечать.

Если рабочая частота в вызове не предложена, то судовая станция должна включить предложение рабочей частоты в свое подтверждение.

2.1.13.4 Если судно не может ответить немедленно, то последовательность подтверждения должна включать сигнал телекоманды 104 (невозможно выполнить) и второй сигнал телекоманды с дополнительной информацией (см. Рекомендацию МСЭ-R M.493).

В любое время позже, когда судно способно принять предложенное сообщение, оператор судовой станции посылает вызов береговой станции, используя процедуры вызова судно-берег, подробно описанные в п. 2.2.

2.1.14 Если подтверждение вызова указывает на способность ответить немедленно и связь между береговой и судовой станциями в согласованном рабочем канале установлена, то считается, что процедура ЦИВ выполнена.

2.1.15 Если судовая станция передает подтверждение, которое не принимается береговой станцией, то это приведет к тому, что береговая станция повторит вызов (в соответствии с п. 2.1.11). В этом случае судовая станция должна передать новое подтверждение. Если повторного вызова не получено, то судовая станция должна передать подтверждение или последовательность вызова в соответствии с п. 2.1.13.1.

2.2 Судовая станция посылает вызов на береговую станцию (см. Примечание 1)

На рисунках 3 и 4 показаны нижеописанные процедуры в виде блок-схемы и временной последовательности, соответственно.

Эта процедура должна использоваться также как при задержанном ответе на вызов, полученный ранее от береговой станции (см. п. 2.1.13.1), так и при начале передачи трафика судовой станцией.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Более подробно описание процедур, применимых только для полуавтоматического/автоматического обслуживания, приведено в Рекомендациях МСЭ-R M.689 и МСЭ-R M.1082.

2.2.1 Судовая станция составляет последовательность вызова следующим образом:

– оператор выбирает спецификатор формата;

– оператор вводит адрес;

– автоматически выбирается категория;

– предварительно программируется самоопознавание;

– оператор выбирает информацию о телекоманде;

– оператор, при необходимости, вводит (выбирает или вводит) информацию о рабочей частоте или вводит информацию о местонахождении (только для СЧ/ВЧ) в часть последовательности, предназначенную для сообщений;

– оператор вводит требуемый телефонный номер (только в случае полуавтоматических/автоматических соединений);

– автоматически выбирается сигнал "конца последовательности" "RQ".

РИСУНОК 3

Блок-схема эксплуатационных процедур для вызова в направлении судно-берег

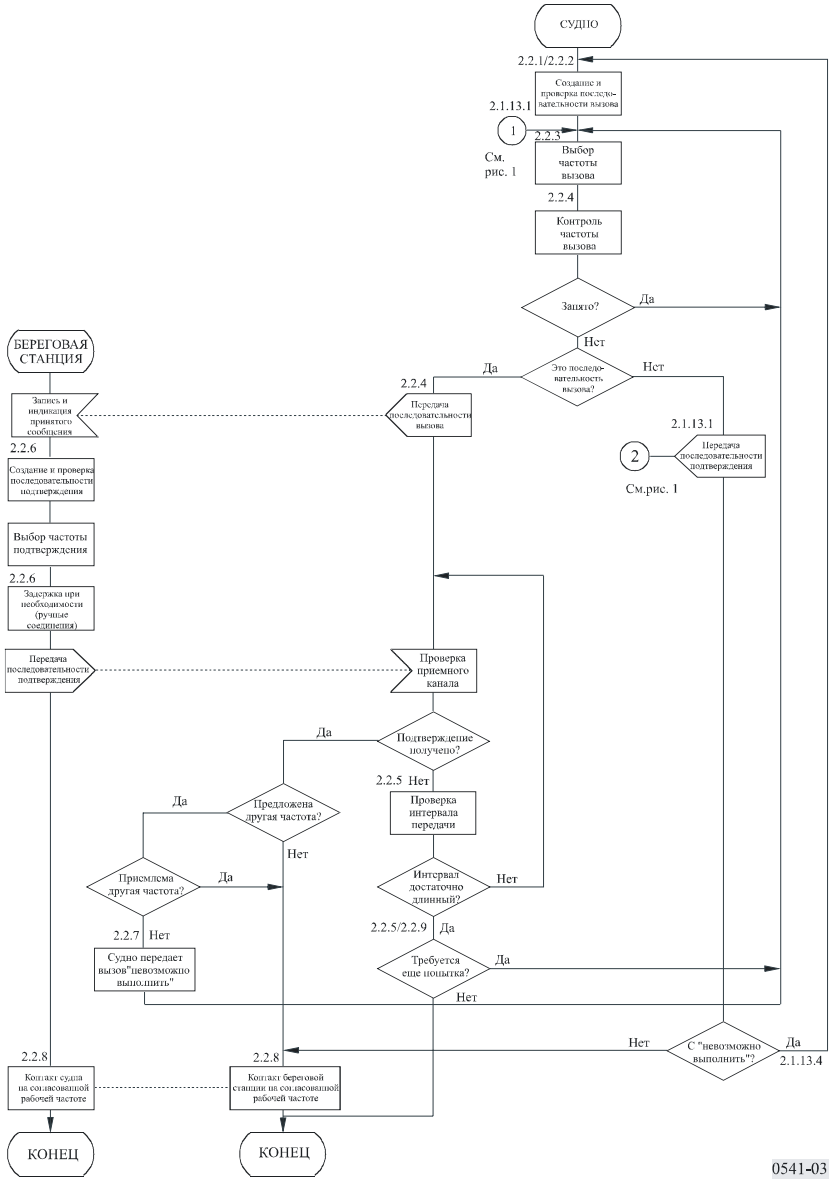
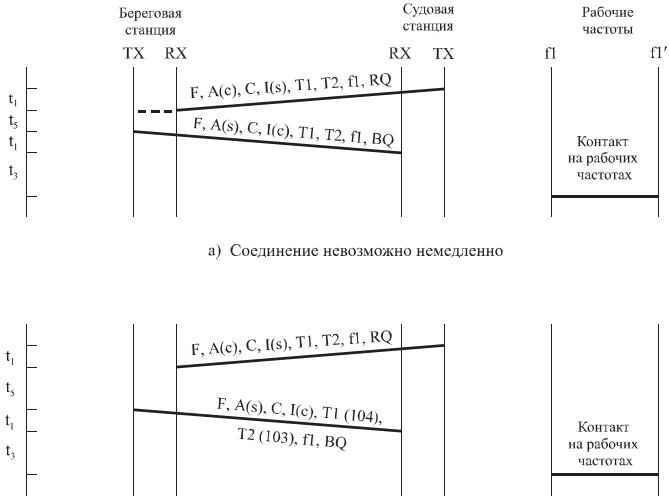


РИСУНОК 4

Примеры временных диаграмм для вызова в направлении судно-берег



a) Соединение невозможно немедленно

b) На рабочей частоте имеется очередь

t_1 : время передачи последовательности ЦИВ
t_3 : время перехода с частоты вызова на рабочую частоту, включая, в случае необходимости, время для освобождения рабочего канала (время ожидания в очереди)
t_5 : время для подготовки подтверждения на береговой станции (см. п. 2.2.6)
F : спецификатор формата
A : адрес вызываемой станции
I : самоопознавание вызывающей станции { суффикс (c) или (s) обозначает береговую станцию или судно, соответственно
C : категория
T1 : сигнал первой телекоманды, (104) означает невозможность выполнения
T2 : сигнал второй телекоманды, (103) означает очередь
f1, f1′ : рабочие частоты
RQ, BQ : сигналы конца последовательности

0541-04

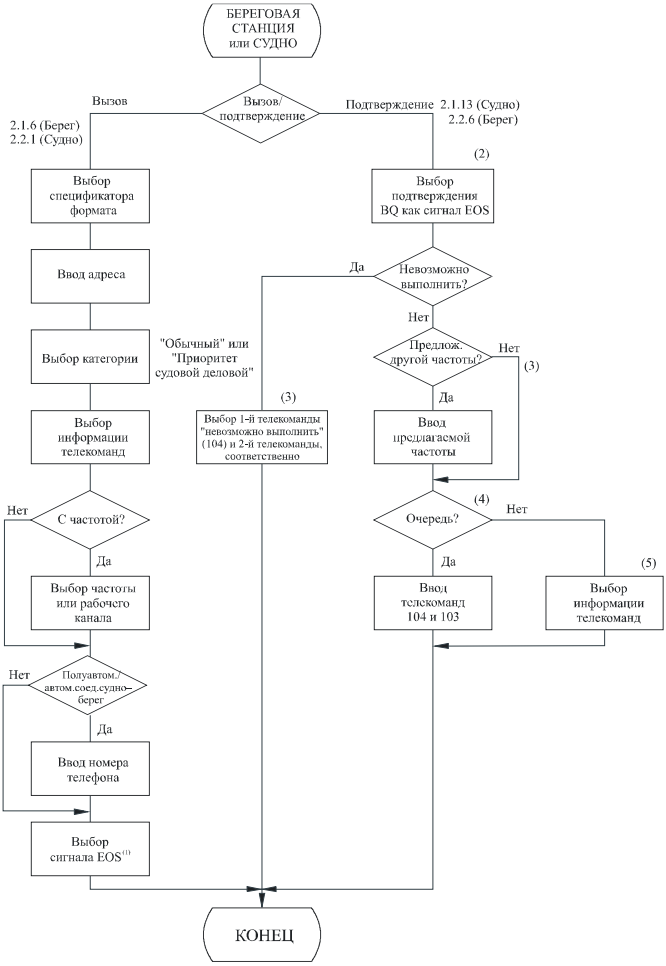
2.2.2 Судно проверяет последовательность вызова.

2.2.3 Судно выбирает одну, наиболее подходящую, частоту вызова, предпочтительно с использованием национальных каналов вызова, предназначенных для работы береговой станции, для чего оно должно послать одну последовательность вызова на выбранной частоте.

2.2.4 Судно начинает передачу последовательности на выбранной частоте, по мере возможности, после проверки того, что на этой частоте не ведутся другие вызовы.

РИСУНОК 5

Процедуры создания последовательностей вызова и подтверждения
(для вызовов, отличных от вызовов в случае бедствия и безопасности)



(1) Обычно подтверждение RQ может быть автоматически выбрано как сигнал EOS последовательности вызова для отдельной станции.

(2) Спецификатор формата и категория автоматически переносятся из принятого вызова. Самопознавание в принятой последовательности автоматически переносится в адресную часть последовательности подтверждения посредством выбора подтверждения BQ.

(3) Информация о частоте автоматически переносится из принятого вызова.

(4) Эта процедура предусмотрена только для береговых станций.

(5) Если имеется возможность ответить и нет очереди, тогда информация телекоманд автоматически переносится из принятого вызова.

0541-05

2.2.5 Если вызываемая станция не отвечает, последовательность вызова с судовой станции, как правило, не должна повторяться ранее, чем через интервал, по крайней мере, в 5 мин. для ручных соединений или 5 с или 25 с в случае полуавтоматических/автоматических соединений на ОВЧ и СЧ/ВЧ, соответственно. При необходимости, эти повторения могут быть произведены на других частотах. Любое последующее повторение в адрес той же береговой станции не должно производиться ранее, чем по истечении, по крайней мере, 15 мин.

2.2.6 Береговая станция должна передать последовательность подтверждения (по мере возможности, после проверки того, что на выбранной частоте не ведутся другие вызовы) после задержки не менее 5 с, но не позднее чем через 4,5 мин. для ручных соединений или в пределах 3 с для полуавтоматических/автоматических соединений, содержащую спецификатор формата, адрес судна, категорию, самоопознавание береговой станции и:

– если станция может ответить немедленно на предложенной рабочей частоте, ту же самую информацию о частоте и телекомандах, что была получена в вызове;

– если рабочая частота не была предложена судовой станцией, тогда последовательность подтверждения должна включать в себя предложение канала/рабочей частоты;

– если станция не может ответить на предложенной рабочей частоте, но может ответить немедленно на другой частоте, ту же самую информацию о телекомандах, что была получена в вызове, но на другой рабочей частоте;

– если станция не может ответить немедленно, сигнал телекоманды 104, причем сигнал второй телекоманды должен давать дополнительную информацию. Только для ручных соединений этот сигнал второй телекоманды может включать в себя указание очереди.

Также должен быть включен сигнал конца последовательности BQ.

2.2.7 Для ручных соединений, если рабочая частота предлагается в соответствии с п. 2.2.6, но это неприемлемо для судовой станции, тогда судовая станция должна немедленно передать новый вызов, запрашивающий другую частоту.

2.2.8 Если подтверждение получено, дальнейшая передача последовательности вызова должна быть отменена. При приеме подтверждения, которое указывает на способность ответить, процедуры ЦИВ завершаются, и судовая и береговая станции должны связаться на согласованных рабочих частотах без дальнейшего обмена ЦИВ вызовами.

2.2.9 Если береговая станция передает подтверждение, которое не принимается судовой станцией, тогда судовая станция должна повторить вызов в соответствии с п. 2.2.5.

2.3 Судовая станция посылает вызов на судовую станцию

Процедуры связи судно-судно должны быть подобны тем, что описаны в п. 2.2, где приемная судовая станция выполняет процедуры, описанные для береговой станции, в зависимости от случая, за исключением того, что с учетом п. 2.2.1 вызывающее судно должно всегда включать информацию о рабочей частоте в ту часть последовательности вызова, которая предназначена для сообщений.

Приложение 3

Эксплуатационные процедуры для судов в случае связи с ЦИВ на СЧ, ВЧ и ОВЧ

Введение

Ниже, в пп. 1–5, описаны процедуры для связи с ЦИВ на СЧ и ОВЧ.

Процедуры для связи с ЦИВ на ВЧ в основном, те же, что и для СЧ и ОВЧ. Особые условия, которые должны быть приняты во внимание при выполнении связи с ЦИВ на ВЧ, описаны в п. 6, ниже.

1 Бедствие

1.1 Передача сигнала тревоги в случае бедствия ЦИВ

Сигнал тревоги в случае бедствия должен быть передан, если, по мнению капитана, судно или человек находится в опасности и нуждается в немедленной помощи.

Сигнал тревоги в случае бедствия ЦИВ должен, по мере возможности, включать сведения о последнем известном местонахождении судна и о соответствующем ему времени (в UTC). Данные о местонахождении корабля и времени могут быть включены в сигнал автоматически бортовым навигационным оборудованием или могут быть введены вручную.

Сигнал тревоги в случае бедствия ЦИВ передается следующим образом:

– настроить передатчик на канал бедствия для ЦИВ (2187,5 кГц на СЧ, канал 70 на ОВЧ (см. Примечание 1)).

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Передатчики некоторых морских СЧ радиотелефонов должны быть настроены на частоту на 1700 Гц ниже, чем 2187,5 кГц, т. е. 2185,8 кГц, для того чтобы передать сигнал тревоги в случае бедствия ЦИВ на 2187,5 кГц;

– если время позволяет, набрать или выбрать на пульте оборудования ЦИВ:

  – характер бедствия;

  – последнее известное местонахождение судна (широту и долготу);

  – время (в UTC), соответствующее указанному местонахождению;

  – тип последующей связи в случае бедствия (телефония);

в соответствии с инструкциями производителя оборудования ЦИВ;

– передать сигнал тревоги в случае бедствия ЦИВ;

– подготовиться к последующему обмену в случаях бедствия, настроив передатчик и приемник радиотелефона на канал обмена в случаях бедствия в той же полосе, т. е. 2182 кГц на СЧ, канал 16 на ОВЧ, ожидая подтверждения сигнала тревоги в случае бедствия ЦИВ.

1.2 Действия при приеме сигнала бедствия

Суда, принимающие сигнал тревоги в случае бедствия ЦИВ от другого судна, обычно не должны подтверждать прием такого сигнала тревоги в случае бедствия ЦИВ, поскольку, как правило, подтверждение такого сигнала с использованием ЦИВ выполняется только береговыми станциями (см. п. 3.3.4 Приложения 1 и п. 6.1.4 Приложения 3).

Если судовая станция продолжает принимать сигнал тревоги в случае бедствия ЦИВ в СЧ или ОВЧ канале, то подтверждение с использованием ЦИВ, для того чтобы прекратить вызов, должно быть передано только после консультации с центром координации спасательных операций или береговой станцией и получения на то соответствующего указания.

Суда, принимающие сигнал тревоги в случае бедствия ЦИВ от другого судна, должны также отсрочить подтверждение сигнала тревоги в случае бедствия по радиотелефону на короткий интервал времени, если это судно находится в пределах зоны, охватываемой одной или несколькими береговыми станциями, для того чтобы дать время береговой станции первой подтвердить получение сигнала тревоги в случае бедствия ЦИВ.

Суда, принимающие сигнал тревоги в случае бедствия ЦИВ от другого судна, должны:

– следить за приемом подтверждения сигнала тревоги в случае бедствия в канале бедствия (2187,5 кГц на СЧ и канал 70 на ОВЧ);

– подготовиться к приему последующих сообщений о бедствии, настроив приемник радиотелефона на частоту обмена в случае бедствия в той же полосе, в которой был принят сигнал тревоги в случае бедствия ЦИВ, т. е. 2182 кГц на СЧ, канал 16 на ОВЧ;

– подтвердить прием сигнала тревоги в случае бедствия посредством передачи по радиотелефону на частоте обмена в случае бедствия в той же полосе, в которой был принят сигнал тревоги в случае бедствия ЦИВ, т. е. 2182 кГц на СЧ, канал 16 на ОВЧ, следующего:

  – сигнала "MAYDAY";

  – 9-значного опознавателя судна, терпящего бедствие, повторяемого три раза;

  – слов "this is";

  – 9-значного опознавателя или позывного или другого идентификатора своего собственного судна, повторяемого три раза;

  – сигнала "RECEIVED MAYDAY".

1.3 Обмен в случаях бедствия

После приема подтверждения сигнала тревоги в случае бедствия ЦИВ терпящее бедствие судно должно начать обмен в случаях бедствия по радиотелефону на частоте обмена (2182 кГц на СЧ, канал 16 на ОВЧ) следующим образом:

– сигнал "MAYDAY";

– слова "this is";

– 9-значный опознаватель *и* позывной или другой идентификатор судна;

– местонахождение судна – широта и долгота или другие привязки к известному географическому положению;

– характер бедствия и требуемой помощи;

– любая другая информацию, которая сможет облегчить спасание.

1.4 Ретрансляция вызова в случае бедствия ЦИВ

Ни в коем случае судну не разрешается ретранслировать всем судам вызов в случае бедствия ЦИВ при приеме сигнала тревоги в случае бедствия ЦИВ в ОВЧ или СЧ каналах. Если слуховое дежурство в соответствующем канале (2182 МГц на СЧ, канал 16 на ОВЧ) не ведется, то связь с береговой станцией должна осуществляться путем отдельной ретрансляции вызова в случае бедствия ЦИВ.

1.4.1 Ретрансляция вызова в случае бедствия ЦИВ от чьего-либо имени

Судно, знающее, что другое судно терпит бедствие, должно ретранслировать вызов в случае бедствия ЦИВ, если:

– судно, терпящее бедствие, само не может передать сигнал тревоги в случае бедствия;

– капитан судна считает, что требуется дополнительная помощь.

Ретрансляция вызова в случае бедствия ЦИВ осуществляется следующим образом:

– настроить передатчик на канал бедствия ЦИВ (2187,5 кГц на СЧ, канал 70 на ОВЧ);

– выбрать на оборудовании ЦИВ формат ретранслируемого вызова в случае бедствия;

– набрать или выбрать на пульте оборудования ЦИВ:

  – вызов "All Ships" (ОВЧ). Вызов, адресованный географическому району, или 9-значный опознаватель соответствующей береговой станции;

  – 9-значный опознаватель судна, терпящего бедствие, если он известен;

  – характер бедствия;

  – последнее местонахождение судна, терпящего бедствие, если оно известно;

  – время (в UTC), соответствующее указанному местонахождению (если оно известно);

  – тип последующей связи в случае бедствия (телефония);

– ретранслировать вызов в случае бедствия ЦИВ;

– подготовиться для последующего обмена в случаях бедствия, настроив передатчик и приемник радиотелефона на канал обмена в случаях бедствия в той же полосе, т. е. 2182 кГц на СЧ, канал 16 на ОВЧ, ожидая подтверждения приема вызова в случае бедствия ЦИВ.

1.5 Подтверждение ретранслированного вызова в случае бедствия ЦИВ, полученного от береговой станции

Береговые станции, после того как они приняли и подтвердили сигнал тревоги в случае бедствия ЦИВ, могут, при необходимости, ретранслировать принятую информацию как ретранслируемый вызов в случае бедствия ЦИВ, адресуя ее всем судам (только на ОВЧ), всем судам в определенном географическом районе (только на СЧ/ВЧ) или конкретному судну.

Суда, принимающие ретранслированный вызов в случае бедствия, переданный береговой станцией, не должны использовать ЦИВ для подтверждения вызова, а должны подтвердить прием вызова по радиотелефону в канале обмена в случаях бедствия в той же полосе, в которой принят ретранслированный вызов, т. е. 2182 кГц на СЧ, канал 16 на ОВЧ.

Подтвердить прием ретранслированного вызова в случае бедствия путем передачи по радиотелефону на частоте обмена в случаях бедствия в той же полосе, в которой принят ретранслированный вызов в случае бедствия ЦИВ, следующего:

– сигнала "MAYDAY" RELAY;

– 9-значного опознавателя или позывного, или другого идентификатор вызывающей береговой станции;

– слов "this is";

– 9-значного опознавателя или позывного, или другого идентификатора своего собственного судна;

– сигнала "RECEIVED MAYDAY RELAY".

1.6 Подтверждение ретранслированного вызова в случае бедствия ЦИВ, принятого от другого судна

Суда, принимающие ретранслированный вызов в случае бедствия от другого судна, должны следовать той же процедуре, что и для подтверждения сигнала тревоги в случае бедствия, т. е. процедуре, описанной в п. 1.2, выше.

1.7 Аннулирование непреднамеренного сигнала тревоги в случае бедствия

Станция, передающая непреднамеренный сигнал тревоги в случае бедствия, должна аннулировать его по следующей процедуре:

1.7.1 Немедленно аннулировать сигнал тревоги в случае бедствия голосом по телефонному каналу обмена в случаях бедствия, связанному с каждым каналом ЦИВ, по которому был передан "сигнал тревоги в случае бедствия".

1.7.2 Прослушать телефонный канал обмена в случаях бедствия, связанный с каналом ЦИВ, на котором был передан сигнал тревоги в случае бедствия, и, при необходимости, ответить на любой запрос, касающийся данного сигнала тревоги в случае бедствия.

2 Срочность

2.1 Передача сообщений срочности

Передача сообщений срочности должна выполняться в два этапа:

– оповещение о сообщении срочности;

– передача сообщения срочности.

Оповещение выполняется при помощи передачи вызова срочности ЦИВ в канале вызова в случае бедствия ЦИВ (2187,5 кГц на СЧ, канал 70 на ОВЧ).

Сообщение срочности передается в канале обмена в случае бедствия (2182 кГц на СЧ, канал 16 на ОВЧ).

Вызов срочности ЦИВ может быть адресован всем станциям на ОВЧ, или географическому району на СЧ/ВЧ, или конкретной станции. Частота, на которой будет передано сообщение срочности, должна быть указана в вызове срочности ЦИВ.

Передача сообщения срочности, следовательно, выполняется следующим образом:

Оповещение:

– настроить передатчик на канал вызова в случае бедствия ЦИВ (2187,5 кГц на СЧ, канал 70 на ОВЧ);

– выбрать на оборудовании ЦИВ соответствующий формат вызова (всем судам (только на ОВЧ), вызов в географическом районе (только на СЧ/ВЧ) или индивидуальный вызов);

– набрать или выбрать на пульте оборудования ЦИВ:

  – конкретный район или, при необходимости, 9-значный опознаватель конкретной станции;

  – категорию вызова (вызов срочности);

  – частоту или канал, где будет передано сообщение срочности;

  – тип последующей связи, по которой будет передано сообщение срочности (радиотелефония);

  в соответствии с инструкциями производителя оборудования ЦИВ;

– передать вызов срочности ЦИВ.

Передача сообщения срочности:

– настроить передатчик на частоту или канал, указанный в вызове срочности ЦИВ;

– передать сообщение срочности следующим образом:

  – сигнал "PAN PAN", повторяемый три раза;

  – сигнал "ALL STATIONS" или позывной вызываемой станции, повторяемый три раза;

  – слова "this is";

  – 9-значный опознаватель *и* позывной или другой идентификатор своего собственного судна;

  – текст сообщения срочности.

2.2 Прием сообщения срочности

Суда, принимающие вызов срочности ЦИВ, который оповещает о сообщении срочности, адресованном нескольким станциям, НЕ должны подтверждать прием вызова ЦИВ, а должны настроить приемник радиотелефона на частоту, указанную в вызове, и прослушать сообщение срочности.

3 Безопасность

3.1 Передача сообщений безопасности

Передача сообщений безопасности должна выполняться в два этапа:

– оповещение о передаче сообщения безопасности;

– передача сообщения безопасности.

Оповещение выполняется при помощи передачи вызова безопасности ЦИВ в канале вызова в случае бедствия ЦИВ (2187,5 кГц на СЧ, канал 70 на ОВЧ).

Сообщение безопасности обычно передается в канале обмена в случаях бедствия и безопасности в той же полосе, в которой был послан вызов ЦИВ, т. е. 2182 кГц на СЧ, канал 16 на ОВЧ.

Вызов безопасности ЦИВ может быть адресован всем судам (только на ОВЧ), судам в определенном географическом районе (только на СЧ/ВЧ) или конкретной станции.

Частота, на которой будет передано сообщение безопасности, должна быть указана в вызове ЦИВ.

Передача сообщений безопасности выполняется следующим образом:

Оповещение:

– настроить передатчик на канал вызова в случае бедствия ЦИВ (2187,5 кГц на СЧ, канал 70 на ОВЧ);

– выбрать подходящий формат вызова на оборудовании ЦИВ (всем судам (только на ВЧ), вызов в географическом районе (только на СЧ/ВЧ) или индивидуальный вызов);

– набрать или выбрать на пульте оборудования ЦИВ:

  – конкретный район или, при необходимости, 9-значный опознаватель конкретной станции;

  – категорию вызова (безопасность);

  – частоту или канал, где будет передано сообщение безопасности;

  – тип последующей связи для передачи сообщения безопасности (радиотелефония);

  в соответствии с инструкциями производителя оборудования ЦИВ;

– передать вызов безопасности ЦИВ.

Передача сообщения безопасности:

– настроить передатчик на частоту или канал, указанный в вызове безопасности ЦИВ;

– передать сообщение безопасности следующим образом:

  – сигнал "SECURITE", повторяемый три раза;

  – сигнал "ALL STATIONS" или позывной вызываемой станции, повторяемый три раза;

  – слова "this is";

  – 9-значный опознаватель *и* позывной или другой идентификатор своего собственного судна;

  – текст сообщения безопасности.

3.2 Прием сообщения безопасности

Суда, принимающие вызов безопасности ЦИВ, который оповещает о сообщении безопасности, адресованном нескольким станциям, НЕ должны подтверждать прием вызова безопасности ЦИВ, но должны настроить приемник радиотелефона на частоту, указанную в вызове, и прослушать сообщение безопасности.

4 Общественная корреспонденция

4.1 Каналы ЦИВ для общественной корреспонденции

4.1.1 ОВЧ

ОВЧ канал 70 ЦИВ используется для ЦИВ в случаях бедствия и безопасности, а также для ЦИВ при передаче общественной корреспонденции.

4.1.2 СЧ

Для цифрового избирательного вызова на СЧ при передаче общественной корреспонденции используются международные и национальные каналы ЦИВ, отличные от канала вызова в случае бедствия и безопасности ЦИВ 2187,5 кГц.

Суда, вызывающие береговые станции при помощи ЦИВ на СЧ для передачи общественной корреспонденции, должны предпочтительно использовать национальный канал ЦИВ береговой станции.

Международный канал ЦИВ для передачи общественной корреспонденции может использоваться, как правило, между судовыми и береговыми станциями различных стран. Частотой передачи для судов является 2189,5 кГц, а частотой приема – 2177 кГц.

Частота 2177 кГц используется также для ЦИВ между судами для обычной связи.

4.2 Передача вызова ЦИВ для общественной корреспонденции на береговую станцию или другое судно

Вызов ЦИВ для общественной корреспонденции на береговую станцию или на другое судно передается следующим образом:

– настроить передатчик на соответствующий канал ЦИВ;

– выбрать формат вызова конкретной станции на оборудовании ЦИВ;

– набрать или выбрать на пульте оборудования ЦИВ:

  – 9-значный опознаватель конкретной станции, которая должна быть вызвана;

  – категорию вызова (обычный);

  – тип последующей связи (обычно радиотелефония);

  – предлагаемый рабочий канал, если вызывается другое судно. Предложение рабочего канала НЕ должно быть включено в вызовы, направленные береговым станциям; береговая станция укажет свободный рабочий канал в своем подтверждении ЦИВ;

  в соответствии с инструкциями производителя оборудования ЦИВ;

– передать вызов ЦИВ.

4.3 Повторение вызова

Вызов ЦИВ для общественной корреспонденции может быть повторен в том же или другом канале ЦИВ, если в течение 5 мин. не получено подтверждения.

Дальнейшие попытки вызова должны производиться не ранее, чем через 15 мин., если подтверждение все еще не получено.

4.4 Подтверждение принятого вызова и подготовка к приему трафика

После приема вызова ЦИВ от береговой станции или другого судна подтверждение приема ЦИВ осуществляется следующим образом:

– настроить передатчик на частоту передачи канала ЦИВ, в котором был принят вызов;

– выбрать формат подтверждения на оборудовании ЦИВ;

– передать подтверждение, указав, может ли судно связаться, как предложено в вызове (тип связи и рабочая частота);

– если имеется возможность связи в указанном режиме, настроить передатчик и приемник радиотелефона на указанный рабочий канал и подготовиться к приему трафика.

4.5 Прием подтверждения и дальнейшие действия

Если принимаемое подтверждение показывает, что вызываемая станция способна принять трафик, то необходимо подготовиться к передаче трафика следующим образом:

– настроить передатчик и приемник на указанный рабочий канал;

– начать связь в рабочем канале, передавая:

  – 9-значный опознаватель или позывной или другой идентификатор вызываемой станции;

  – слова "this is";

  – 9-значный опознаватель или позывной или другой идентификатор своего судна.

Как правило, именно судовая станция должна после небольшого перерыва опять послать вызов, в случае если в подтверждении от береговой станции указывается, что эта береговая станция не может принять трафик немедленно.

В том случае, если судно, в ответ на вызов другому судну, получает подтверждение, указывающее, что это другое судно не может принять трафик немедленно, то, как правило, именно вызываемое судно должно направить вызов вызывающему судну, когда вызываемое судно готово принять трафик.

5 Испытание оборудования передачи сигналов бедствия и безопасности

Следует в максимально возможной степени не допускать испытаний на частоте 2187,5 кГц, предназначенной исключительно для вызова в случае бедствия и безопасности ЦИВ, и использовать другие методы.

Испытательные вызовы должны передаваться судовой станцией и подтверждаться вызываемой станцией. Как правило, дальнейшего обмена сообщениями между двумя задействованными станциями не должно быть.

Испытательный вызов на СЧ и ВЧ передается на береговую станцию следующим образом:

– настроить передатчик на частоту вызова в случае бедствия и безопасности ЦИВ (т. е. канал 70 и 2187,5 кГц);

– набрать или выбрать формат испытательного вызова на пульте оборудования ЦИВ в соответствии с инструкциями производителя оборудования ЦИВ;

– набрать 9-значный опознаватель станции, которая должна быть вызвана;

– передать вызов ЦИВ после проверки, по мере возможности, того, что на данной частоте не ведется связь;

– ждать подтверждения.

6 Специальные условия и процедуры для связи ЦИВ на ВЧ

Общие соображения

Процедуры для связи ЦИВ на ВЧ с некоторыми добавлениями, описанными в пп. 6.1–6.3, ниже, идентичны соответствующим процедурам для связи ЦИВ на СЧ/ОВЧ.

Должны учитываться специальные условия при ЦИВ связи на ВЧ, описанные в пп. 6.1–6.3.

6.1 Бедствие

6.1.1 Передача сигнала тревоги в случае бедствия ЦИВ

Сигнал тревоги в случае бедствия ЦИВ должен быть послан береговым станциям, например в морских зонах А3 и А4 на ВЧ и на СЧ и/или ОВЧ – другим ближайшим судам.

Сигнал тревоги в случае бедствия ЦИВ должен, по мере возможности, включать информацию о последнем известном местонахождении судна и времени (в UTC), когда эти данные были получены. Если местонахождение судна и время не вводятся автоматически от судового навигационного оборудования, то их следует ввести вручную.

Сигнал тревоги в случае бедствия в направлении судно-берег

Выбор ВЧ полосы

При выборе ВЧ полос для передачи сигнала тревоги в случае бедствия ЦИВ следует учитывать характеристики распространения ВЧ радиоволн для данного времени года и времени суток.

Как правило, канал бедствия ЦИВ в диапазоне 8 МГц морской службы (8414,5 кГц) во многих случаях может быть приемлемым в качестве первого выбора.

Передача сигнала бедствия ЦИВ в нескольких ВЧ полосах обычно повышает вероятность успешного приема этого сигнала тревоги береговыми станциями.

Сигнал тревоги в случае бедствия ЦИВ может быть передан в нескольких ВЧ полосах двумя различными способами:

a) либо передавая сигнал тревоги в случае бедствия ЦИВ в одной ВЧ полосе и ожидая в течение нескольких минут подтверждения приема береговой станцией;

   если подтверждение не принято в течение 3 мин., процесс повторяется путем передачи сигнала тревоги в случае бедствия ЦИВ в другой подходящей ВЧ полосе и т. д.;

b) либо передавая сигнал тревоги в случае бедствия ЦИВ в нескольких ВЧ полосах без пауз или с очень короткими паузами между вызовами, без ожидания подтверждения между вызовами.

Во всех случаях, когда время позволяет, рекомендуется выполнять процедуру a); это упростит выбор подходящей ВЧ полосы для начала последующей связи с береговой станцией в соответствующем канале обмена в случаях бедствия.

Передача сигнала тревоги в случае бедствия ЦИВ (см. Примечание 1):

– настроить передатчик на выбранный ВЧ канал бедствия ЦИВ (4207,5, 6312, 8414,5, 12 577, 16 804,5 кГц) (см. Примечание 2);

– выполнить инструкцию по набору или выбору соответствующей информации на пульте оборудования ЦИВ, как описано в п. 1.1;

– передать сигнал бедствия ЦИВ.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Передача сигнала тревоги в случае бедствия в направлении судно-судно должна обычно выполняться на СЧ и/или ОВЧ с использованием процедур для передачи сигнала тревоги в случае бедствия ЦИВ на СЧ/ОВЧ, описанных в п. 1.1.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Некоторые морские ВЧ передатчики должны быть настроены на частоту на 1700 Гц ниже, чем вышеуказанные частоты ЦИВ, для того чтобы передать сигнал тревоги в случае бедствия ЦИВ на правильной частоте.

В особых случаях, например в тропических зонах, передача сигнала тревоги в случае бедствия ЦИВ на ВЧ может также быть полезной для оповещения в направлении судно-судно, в дополнение к оповещению в направлении судно-берег.

6.1.2 Подготовка к последующему обмену в случаях бедствия

После передачи сигнала тревоги в случае бедствия ЦИВ в соответствующих каналах бедствия ЦИВ (ВЧ, СЧ и/или ОВЧ) требуется подготовиться к последующему обмену в случаях бедствия, настроив устройство(а) радиосвязи (ВЧ, СЧ и/или ОВЧ соответственно) на соответствующие каналы обмена в случаях бедствия.

При передаче попыток вызова на многих частотах соответствующая частота обмена в случаях бедствия должна быть 8291 кГц.

Если для передачи сигнала тревоги в случае бедствия ЦИВ в нескольких полосах ВЧ был использован метод b), описанный в п. 6.1.1:

– учесть, в какой(их) полосе(ах) ВЧ было успешно принято подтверждение от береговой станции;

– если подтверждение было принято в нескольких ВЧ полосах, начать передачу при обмене в случаях бедствия в одной из них, но если нет ответа от береговой станции, то должны быть поочередно использованы другие полосы.

Частоты обмена в случаях бедствия следующие (см. Таблицу 15-1 Приложения 15 РР):

ВЧ (кГц):

Телефония	4125	6215	8291	12 290	16 420
Телекс	4177,5	6268	8376,5	12 520	16 695

СЧ (кГц):

Телефония	2182
Телекс	2174,5

ОВЧ: Канал 16 (156,800 МГц).

6.1.3 Обмен в случаях бедствия

Если обмен в случаях бедствия на СЧ/ВЧ выполняется по *радиотелефону*, то используются процедуры, описанные в п. 1.3.

Если обмен в случаях бедствия на СЧ/ВЧ выполняется по *радиотелексу*, то должны быть использованы следующие процедуры:

– должна использоваться упреждающая коррекция ошибок (FEC);

– всем сообщениям должно предшествовать:

  – не менее одного возврата каретки;

  – смена строки;

  – сдвиг на одну букву;

  – сигнал бедствия MAYDAY;

– судно, терпящее бедствие, должно начать телексный обмен в случаях бедствия в соответствующем телексном канале обмена в случаях бедствия следующим образом:

  – возврат каретки, смена строки, сдвиг на одну букву;

  – сигнал бедствия "MAYDAY";

  – слова "this is";

  – 9-значный опознаватель и позывной или другой идентификатор судна;

  – местонахождение судна, если оно не включено в сигнал тревоги в случае бедствия ЦИВ;

  – характер бедствия;

  – любая другая информация, которая может облегчить спасание.

6.1.4 Действия при приеме сигнала тревоги в случае бедствия ЦИВ на ВЧ от другого судна

Суда, принимающие сигнал тревоги в случае бедствия ЦИВ на ВЧ от другого судна, *не* должно подтверждать прием, а должно:

– следить за приемом подтверждения сигнала бедствия ЦИВ от береговой станции;

– во время ожидания приема подтверждения сигнала бедствия ЦИВ от береговой станции:

  подготовиться к приему при последующей связи в случаях бедствия, настроив ВЧ оборудование радиосвязи (передатчик и приемник) на соответствующий канал обмена в случаях бедствия в той же самой ВЧ полосе, где был принят сигнал тревоги в случае бедствия ЦИВ, соблюдая следующие условия:

  – если в сигнале тревоги в случае бедствия ЦИВ был указан режим радиотелефонии, то ВЧ оборудование радиосвязи должно быть настроено на радиотелефонный канал обмена в случаях бедствия в соответствующей ВЧ полосе;

  – если в сигнале тревоги в случае бедствия ЦИВ был указан режим радиотелекса, то ВЧ оборудование радиосвязи должно быть настроено на радиотелексный канал обмена в случаях бедствия в соответствующей ВЧ полосе. Суда, способные дополнительно вести дежурство в соответствующем радиотелефонном канале обмена в случаях бедствия, должны делать это;

  – если сигнал тревоги в случае бедствия ЦИВ был принят в нескольких ВЧ полосах, то ВЧ оборудование радиосвязи должно быть настроено на соответствующий канал обмена в случаях бедствия в ВЧ полосе, которая считается наилучшей в данном случае. Если сигнал тревоги в случае бедствия ЦИВ был успешно принят в полосе 8 МГц, эта полоса во многих случаях может быть приемлемой для первого выбора;

  – если в ВЧ канале в течение 1-2 мин. не происходит прием при обмене в случаях бедствия, то нужно настроить ВЧ оборудование радиосвязи на подходящий канал обмена в случаях бедствия в другой ВЧ полосе, считающейся пригодной для работы в данном конкретном случае;

  – если в течение 5 мин. подтверждения сигнала бедствия ЦИВ от береговой станции не получено и не наблюдается никакой связи в случаях бедствия между береговой станцией и судном, терпящим бедствие:

    – информировать центр координации спасательных операций (RCC) по соответствующим средствам радиосвязи;

    – ретранслировать вызов в случае бедствия ЦИВ;

6.1.5 Ретрансляция вызова в случае бедствия ЦИВ

В случае когда ретрансляция вызова в случае бедствия ЦИВ считается необходимой:

– ретрансляция вызова в случае бедствия на ВЧ должна осуществляться вручную;

– учитывая сложившуюся ситуацию, принять решение о том, в каких частотных диапазонах (СЧ, ОВЧ, ВЧ) следует передать ретранслируемый сигнал бедствия ЦИВ, учитывая передачу судно-судно (ВЧ, ОВЧ) и передачу судно-берег;

– настроить передатчик(и) на соответствующий канал бедствия ЦИВ, следуя процедуре, описанной в п. 6.1.1, выше (за исключением случая, когда вызов посылается вручную как отдельный одночастотный вызов);

– следовать инструкциям набора или выбора формата вызова и соответствующей информации на пульте оборудования ЦИВ, как описано в п. 1.4;

– ретранслировать сигнал бедствия ЦИВ.

6.1.6 Подтверждение ретранслированного вызова в случае бедствия ЦИВ на ВЧ, полученного от береговой станции

Суда, принимающие от береговой станции ретранслированный сигнал бедствия ЦИВ на ВЧ, адресованный всем судам в определенном районе, НЕ должны подтверждать прием ретранслированного сигнала тревоги по ЦИВ, а должны подтвердить его по *радиотелефону* в телефонном канале обмена в случаях бедствия в той же полосе(ах), где был принят ретранслированный вызов в случае бедствия ЦИВ.

6.2 Срочность

Передача сообщений срочности на ВЧ обычно должна быть адресована:

– либо всем судам в определенном географическом районе;

– или конкретной береговой станции.

Оповещение о сообщении срочности выполняется при помощи передачи вызова ЦИВ с категорией срочности в соответствующем канале бедствия ЦИВ.

Сама передача сообщения срочности на ВЧ выполняется по радиотелефону или радиотелексу в соответствующем канале обмена в случае бедствия в той же полосе, где было передано оповещение ЦИВ.

6.2.1 Передача оповещения о сообщении срочности ЦИВ на ВЧ

– выбрать ВЧ полосу, которая, как считается, будет наиболее подходящей, учитывая характеристики распространения ВЧ радиоволн в данное время года и время суток; диапазон 8 МГц во многих случаях может быть подходящим в качестве первого выбора;

– настроить ВЧ передатчик на канал бедствия ЦИВ в выбранной ВЧ полосе;

– набрать или выбрать на оборудовании ЦИВ формат вызова либо для географического района, либо для индивидуального вызова;

– в случае вызова для района набрать обозначение соответствующего географического района;

– выполнить инструкции по набору или выбору соответствующей информации на пульте оборудования ЦИВ, как описано в п. 2.1, включая вид связи, по которому будет передано сообщение срочности (радиотелефония или радиотелекс);

– передать вызов ЦИВ; и

– если вызов ЦИВ адресован конкретной береговой станции, ждать подтверждения ЦИВ от этой береговой станции. Если в течение нескольких минут подтверждения не получено, повторить вызов ЦИВ на другой ВЧ частоте, которая считается подходящей.

6.2.2 Передача сообщения срочности и последующие действия

– настроить ВЧ передатчик на канал обмена в случае бедствия (телефонный или телексный), указанный в оповещении ЦИВ;

– если сообщение срочности должно быть передано по *радиотелефону*, выполнить процедуру, описанную в п. 2.1;

– если сообщение срочности должно быть передано по *радиотелексу*, должна выполняться следующая процедура:

  – использовать режим упреждающей коррекции ошибок (FEC), если только сообщение не адресовано одной станции, идентификационный номер радиотелекса которой известен;

  – начать телексное сообщение, передавая:

    – по крайней мере один возврат каретки, сдвиг строки, сдвиг на одну букву;

    – сигнал срочности "PAN PAN";

    – слова "this is";

    – 9-значный опознаватель судна и позывной или другой идентификатор судна;

    – текст сообщения срочности.

Оповещение о сообщениях срочности, адресованных всем оборудованным ВЧ станциями судам, а также передача этих сообщений в пределах определенного района могут быть повторены в нескольких ВЧ полосах, которые представляются пригодными в конкретной ситуации.

6.3 Безопасность

Процедуры для передачи оповещения о сообщении безопасности ЦИВ и передачи сообщения безопасности аналогичны тем, что используются для сообщений срочности, и описаны в п. 6.2, за исключением того, что:

– в оповещении ЦИВ следует использовать категорию БЕЗОПАСНОСТЬ;

– в сообщении безопасности следует использовать сигнал безопасности "SECURITE" вместо сигнала срочности "PAN PAN".

Приложение 4

Эксплуатационные процедуры для береговых станций в случае связи с ЦИВ на СЧ, ВЧ и ОВЧ

Введение

Ниже, в пп. 1–5, описаны процедуры для связи с ЦИВ на СЧ и ОВЧ.

Процедуры для связи с ЦИВ на ВЧ в основном те же самые, что и для СЧ и ОВЧ. Особые условия, которые должны быть приняты во внимание при связи с ЦИВ на ВЧ, описаны в п. 6, ниже.

1 Бедствие (см. Примечание 1)

1.1 Прием сигнала тревоги в случае бедствия ЦИВ

Передача сигнала тревоги в случае бедствия означает, что подвижный объект (судно, воздушное судно или другой транспорт) или человек терпит бедствие и нуждается в немедленной помощи. Сигнал тревоги в случае бедствия представляет собой цифровой избирательный вызов, использующий формат вызова в случае бедствия.

Береговые станции в случае приема сигнала тревоги в случае бедствия должны убедиться, что он максимально быстро направлен в центр координации спасательных операций (RCC). Прием сигнала тревоги в случае бедствия должен быть максимально быстро подтвержден соответствующей береговой станцией.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Эти процедуры предполагают, что RCC расположен далеко от береговой станции ЦИВ; в противном случае следует сделать местные поправки.

1.2 Подтверждение сигнала тревоги в случае бедствия ЦИВ

Береговая станция должна передать подтверждение на той частоте вызова в случае бедствия, на которой был принят вызов, и должна адресовать его всем судам. Подтверждение должно включать опознаватель судна, сигнал тревоги в случае бедствия которого подтверждается.

Подтверждение сигнала тревоги в случае бедствия ЦИВ передается следующим образом:

– использовать передатчик, настроенный на частоту, на которой был принят сигнал тревоги в случае бедствия;

– в соответствии с инструкциями производителя оборудования ЦИВ, набрать или выбрать на пульте оборудования ЦИВ (см. Примечание 1):

  – подтверждение сигнала тревоги в случае бедствия;

  – 9-значный опознаватель судна, терпящего бедствие;

  – характер бедствия;

  – координаты бедствия;

  – время (в UTC), соответствующее указанному местонахождению.

  ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Некоторая или вся эта информация может быть автоматически введена оборудованием.

– передать подтверждение;

– приготовиться к работе при последующем обмене в случаях бедствия, для чего установить дежурство на радиотелефоне и, если сигнал "режим последующей связи" в принятом сигнале тревоги в случае бедствия указывает телепринтер, также на узкополосном буквопечатающем телеграфном аппарате (УПБП), если береговая станция оборудована УПБП. В обоих случаях частоты радиотелефона и УПБП должны быть определены в соответствии с тем, на какой частоте был принят сигнал тревоги в случае бедствия (на СЧ 2182 кГц для радиотелефона и 2174,5 кГц для УПБП, на ОВЧ 156,8 МГц/канал 16 для радиотелефона; на ОВЧ нет частоты для УПБП).

1.3 Ретрансляция вызова в случае бедствия ЦИВ

Береговые станции могут начать и вести ретрансляцию вызова в случае бедствия в любом из следующих случаев:

– если о бедствии подвижного объекта было сообщено береговой станции при помощи иных средств и широковещательная передача сигнала тревоги судам требуется центром координации спасательных операций (RCC); и

– если лицо, ответственное за работу береговой станции, считает, что требуется дополнительная помощь (в таких условиях рекомендуется тесное сотрудничество с RCC).

В вышеуказанных случаях береговая станция должна ретранслировать вызов в случае бедствия в направлении берег-судно, адресованный, в зависимости от случая, всем судам (только на ОВЧ), географическому району (только на СЧ/ВЧ) или конкретному судну.

Ретранслируемый вызов в случае бедствия должен содержать опознаватель подвижного объекта, терпящего бедствие, его местонахождение и другую информацию, которая может облегчить спасание.

Ретранслируемый вызов в случае бедствия должен передаваться следующим образом:

– использовать передатчик, настроенный на частоту сигнала тревоги в случае бедствия ЦИВ (2187,5 кГц на СЧ, 156,525 МГц/канал 70 на ОВЧ);

– в соответствии с инструкциями производителя оборудования ЦИВ набрать или выбрать на пульте оборудования ЦИВ (см. Примечание 1 к п. 1.2 настоящего Приложения):

  – ретрансляцию вызова в случае бедствия;

  – спецификатор формата (всем судам (только на ОВЧ), географическому району (только на СЧ/ВЧ) или отдельной станции);

  – при необходимости, адрес судна или географический район;

  – 9-значный опознаватель судна, терпящего бедствие, если он известен;

  – характер бедствия;

  – координаты бедствия;

  – время (в UTC), соответствующее указанному местонахождению;

– ретранслировать вызов в случае бедствия;

– приготовиться к приему подтверждения от судовой станции и к работе при последующем обменен в случаях бедствия, переключившись на канал обмена в случаях бедствия в той же полосе, т. е. 2182 кГц на СЧ, 156,8 МГц/канал 16 на ОВЧ.

1.4 Прием ретранслированного вызова в случае бедствия

Если ретранслированный вызов в случае бедствия принимается от судовой станции, то береговые станции по получении ретранслированного вызова в случае бедствия должны убедиться в том, что он максимально быстро направлен в центр координации спасательных операций (RCC). Прием вызова в случае бедствия должен быть максимально быстро подтвержден соответствующей береговой станцией с использованием подтверждения ретранслированного вызова в случае бедствия ЦИВ, адресованного судовой станции. Если ретранслированный вызов в случае бедствия принимается от береговой станции, то другие береговые станции, как правило, не должны предпринимать никаких дальнейших действий.

2 Срочность

2.1 Передача оповещения ЦИВ

Оповещение о сообщении срочности должно выполняться на одной или нескольких частотах вызова в случае бедствия и безопасности с использованием ЦИВ и формата вызова срочности.

Вызов срочности ЦИВ может быть адресован всем судам (только на ОВЧ), географическому району (только на СЧ/ВЧ) или конкретному судну. Частота, на которой после оповещения будет передано сообщение срочности, должна быть включена в вызов срочности ЦИВ.

Вызов срочности ЦИВ передается следующим образом:

– использовать передатчик, настроенный на частоту вызовов в случае бедствия ЦИВ (2187,5 кГц на СЧ, 156,525 МГц/канал 70 на ОВЧ);

– в соответствии с инструкциями производителя оборудования ЦИВ набрать или выбрать на пульте оборудования ЦИВ (см. Примечание 1 к п. 1.2 настоящего Приложения):

  – спецификатор формата (вызов всем судам (только на ОВЧ), географическому району (только на СЧ/ВЧ) или отдельной станции);

  – при необходимости, адрес судна или географический район;

  – категория вызова (срочность);

  – частоту или канал, в котором будет передано сообщение срочности;

  – тип связи, посредством которой будет передано сообщение срочности (радиотелефония);

– передать вызов срочности ЦИВ.

После оповещения ЦИВ сообщение срочности будет передано на частоте, указанной в вызове ЦИВ.

3 Безопасность

3.1 Передача оповещения ЦИВ

Оповещение о сообщении безопасности должно выполняться на одной или нескольких частотах вызова в случае бедствия и безопасности с использованием ЦИВ и формата вызова безопасности.

Вызов безопасности ЦИВ может быть адресован всем судам (только на ОВЧ), географическому району (только на СЧ/ВЧ) или конкретному судну. Частота, на которой после оповещения будет передано сообщение безопасности, должна быть включена в вызов безопасности ЦИВ.

Вызов безопасности ЦИВ передается следующим образом:

– использовать передатчик, настроенный на частоту сигнала тревоги в случае бедствия ЦИВ (2187,5 кГц на СЧ, 156,525 МГц/канал 70 на ОВЧ);

– в соответствии с инструкциями производителя оборудования ЦИВ набрать или выбрать на пульте оборудования ЦИВ (см. Примечание 1 к п. 1.2 настоящего Приложения):

  – спецификатор формата (всем судам (только на ОВЧ), географическому району (только на СЧ/ВЧ) или отдельной станции);

  – при необходимости, адрес судна или географический район;

  – категория вызова (безопасность);

  – частоту или канал, в котором будет передано сообщение безопасности;

  – тип связи, посредством которой будет передано сообщение безопасности (радиотелефония);

– передать вызов безопасности ЦИВ.

После оповещения ЦИВ сообщение безопасности будет передано на частоте, указанной в вызове ЦИВ.

4 Общественная корреспонденция

4.1 Частоты/каналы ЦИВ для общественной корреспонденции

4.1.1 ОВЧ

Частота 156,525 МГц/канал 70 используется для ЦИВ в случае бедствия и для обеспечения безопасности. Эта частота/канал также может быть использована для целей вызова, отличных от случая бедствия и безопасности, например для общественной корреспонденции.

4.1.2 СЧ

Для общественной корреспонденции используются международные и национальные частоты, отличные от частот, используемых в случае бедствия и обеспечения безопасности.

Если береговая станция передает вызов ЦИВ судовой станции, то береговая станция должна использовать, в порядке предпочтения:

– национальный канал ЦИВ, на котором береговая станция ведет дежурство;

– международный канал вызова ЦИВ, в котором береговая станция ведет передачу на 2177 кГц, а принимает на 2189,5 кГц. Для того чтобы уменьшить помехи в этом канале, он, как правило, может быть использован береговыми станциями для вызова судов другого государства или в случаях, когда неизвестно, на каких частотах ЦИВ судовая станция ведет дежурство.

4.2 Передача вызова ЦИВ на судно

Вызов ЦИВ передается следующим образом:

– использовать передатчик, настроенный на соответствующую частоту вызова;

– в соответствии с инструкциями производителя оборудования ЦИВ, набрать или выбрать на пульте оборудования ЦИВ (см. Примечание 1 к п. 1.2 настоящего Приложения):

  – 9-значный опознаватель судна, которое должно быть вызвано;

  – категорию вызова (обычный);

  – тип последующей связи (радиотелефония);

  – информацию о рабочей частоте;

– после проверки, по мере возможности того, что не ведется никаких вызовов, передать вызов ЦИВ.

4.3 Повторение вызова

Береговые станции могут передать вызов дважды на той же частоте вызова с интервалом между двумя вызовами не менее 45 с, при условии что она не приняла подтверждение в пределах этого интервала.

Если вызываемая станция не подтверждает вызов после второй передачи, вызов может быть передан еще раз на той же частоте не ранее, чем через 30 мин., или на другой частоте вызова не ранее, чем через 5 мин.

4.4 Подготовка к обмену трафика

По получении подтверждения ЦИВ с указанием того, что вызываемая судовая станция может использовать предложенную рабочую частоту, береговая станция переходит на рабочую частоту или канал и подготавливается к приему трафика.

4.5 Подтверждение принятого вызова ЦИВ

Подтверждения должны, как правило, передаваться на частоте, спаренной с частотой принятого вызова. Если один и тот же вызов был принят в нескольких каналах вызова, для передачи подтверждения должен быть выбран наиболее подходящий канал.

Подтверждение вызова ЦИВ передается следующим образом:

– использовать передатчик, настроенный на соответствующую частоту;

– в соответствии с инструкциями производителя оборудования ЦИВ набрать или выбрать на пульте оборудования ЦИВ (см. Примечание 1 к п. 1.2 настоящего Приложения):

  – спецификатор формата (отдельная станция);

  – 9-значный опознаватель вызывающего судна;

  – категорию вызова (обычный);

  – если станция может ответить немедленно на рабочей частоте, предложенной судовой станцией, то та же самая информация о частоте, что была получена в вызове;

  – если рабочая частота не была предложена вызываемой судовой станцией, тогда подтверждение должно включать в себя предложение рабочей частоты/канала;

  – если станция не может ответить на предложенной рабочей частоте, но может ответить немедленно на другой частоте, то эта другая рабочая частота;

  – если станция не может ответить немедленно, то информация, соответствующая данному случаю;

– передать подтверждение (после проверки по мере возможности того, что на выбранной частоте не ведется никаких вызовов) после задержки не менее, чем на 5 с, но не позднее, чем через 4,5 мин.

После передачи подтверждения береговая станция переходит на рабочую частоту или канал и подготавливается к приему трафика.

5 Испытание оборудования передачи вызовов в случае бедствия и безопасности

Испытательные вызовы на ОВЧ, СЧ и ВЧ осуществляются в соответствии с таблицей 4.7 Рекомендации МСЭ-R M.493.

Подтверждение испытательного вызова ЦИВ

Береговая станция должна подтвердить испытательный вызов.

6 Особые условия и процедуры для связи с ЦИВ на ВЧ

Общие соображения

Процедуры для связи с ЦИВ на ВЧ с некоторыми добавлениями, описанными в пп. 6.1–6.3, ниже, идентичны соответствующим процедурам для связи с ЦИВ на СЧ/ОВЧ.

Для связи с ЦИВ на ВЧ должны быть учтены особые условия, описанные в пп. 6.1–6.3.

6.1 Бедствие

6.1.1 Прием и подтверждение сигналов тревоги в случае бедствия ЦИВ на ВЧ

Суда, терпящие бедствие, могут в некоторых случаях передавать сигналы бедствия ЦИВ в нескольких ВЧ полосах с небольшими интервалами между отдельными вызовами.

Береговая станция должна передать подтверждение ЦИВ во всех ВЧ каналах бедствия ЦИВ, в которых был принят сигнал тревоги в случае бедствия ЦИВ, для обеспечения по возможности того, чтобы подтверждение было принято судном, терпящим бедствие, и всеми судами, которые приняли сигнал тревоги в случае бедствия ЦИВ.

6.1.2 Обмен в случаях бедствия

Обмен в случаях бедствия должен, как правило, осуществляться в соответствующем канале обмена в случаях бедствия (радиотелефонии или УПБП) в той же полосе, где был принят сигнал тревоги в случае бедствия ЦИВ.

Для обмена в случаях бедствия по УПБП применяются следующие правила:

– всем сообщениям должны предшествовать не менее одного возврата каретки, сдвига строки, сдвиг на одну букву и сигнал бедствия MAYDAY;

– обычно следует использовать широковещательный режим с упреждающей коррекцией ошибок (FEC).

6.1.3 Ретрансляция вызова в случае бедствия ЦИВ на ВЧ

При выборе ВЧ полос(ы) для ретрансляции вызова в случае бедствия ЦИВ следует учитывать характеристики распространения ВЧ радиоволн.

По Конвенции ИМО требуется, чтобы суда, оборудованные ВЧ ЦИВ для случаев бедствия и обеспечения безопасности, вели непрерывное автоматическое дежурство в канале бедствия ЦИВ в диапазоне 8 МГц и по крайней мере в одном из остальных каналов бедствия ЦИВ на ВЧ.

Для того чтобы не допустить создания на борту судов неопределенности в отношении того, в какой полосе должно быть начато установление контакта и должен осуществляться обмен в случаях бедствия, ретрансляция вызова в случае бедствия ЦИВ на ВЧ должна в каждый момент осуществляться только в одной ВЧ полосе и последующая связь с отвечающими судами должна быть установлена до возможного повторения ретрансляции вызова в случае бедствия ЦИВ в другой ВЧ полосе.

6.2 Срочность

6.2.1 Оповещение о сообщениях срочности и передача сообщений срочности на ВЧ

Для сообщений срочности, передаваемых по УПБП, применяются следующие правила:

– сообщению срочности должны предшествовать не менее одного возврата каретки, сдвига строки, сдвиг на одну букву, сигнал срочности PAN PAN и опознаватель береговой станции;

– обычно следует использовать широковещательный режим с FEC.

Следует использовать режим ARQ только в случаях, если он считается предпочтительным в конкретной ситуации и при условии, что известен номер радиотелекса судна.

6.3 Безопасность

6.3.1 Оповещение о сообщениях безопасности и передача сообщений безопасности на ВЧ

Для сообщений безопасности, передаваемых по УПБП, применяются следующие правила:

– сообщению безопасности должны предшествовать не менее одного возврата каретки, сдвиг строки, сдвиг на одну букву, сигнал безопасности SECURITE и опознаватель береговой станции;

– обычно следует использовать радиовещательный режим с FEC.

Следует использовать режим ARQ только в случаях, если он считается предпочтительным в конкретной ситуации и при условии, что известен номер радиотелекса судна.

Приложение 5

Частоты, используемые для ЦИВ

1 Частоты для целей передач в случаях бедствия, срочности и безопасности с использованием ЦИВ являются следующими (Приложение 15 РР):

2 187,5	кГц
4 207,5	кГц
6 312	кГц
8 414,5	кГц
12 577	Гц
16 804,5	кГц
156,525	МГц (Примечание 1).

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Частота 156,525 МГц может также быть использована для целей ЦИВ, отличных от передач в случаях бедствия, срочности и безопасности.

2 Частоты, присваиваемые на международной основе судовым и береговым станциям для ЦИВ, для целей, отличных от передач в случаях бедствия, срочности и безопасности, следующие:

2.1 Судовые станции (см. Примечание 2)

458,5			кГц
2 177 (Примечание 3)	2 189,5		кГц
4 208	4 208,5	4 209	кГц
6 312,5	6 313	6 313,5	кГц
8 415	8 415,5	8 416	кГц
12 577,5	12 578	12 578,5	кГц
16 805	16 805,5	16 806	кГц
18 898,5	18 899	18 899,5	кГц
22 374,5	22 375	22 375,5	кГц
25 208,5	25 209	25 209,5	кГц
		156,525	МГц

2.2 Береговые станции (см. Примечание 2)

455,5			кГц
2 177			кГц
4 219,5	4 220	4 220,5	кГц
6 331	6 331,5	6 332	кГц
8 436,5	8 437	8 437,5	кГц
12 657	12 657,5	12 658	кГц
16 903	16 903,5	16 904	кГц
19 703,5	19 704	19 704,5	кГц
22 444	22 444,5	22 445	кГц
26 121	26 121,5	26 122	кГц
		156,525	МГц

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Следующие спаренные частоты (кГц) (для судовых/береговых станций) 4208/4219,5, 6312,5/6331, 8415/8436,5, 12 577,5/12 657, 16 805/16 903, 18 898,5/19 703,5, 22 374,5/22 444 и 25 208,5/26 121 являются международными частотами первого выбора для ЦИВ (см. примечания j) и 1) Части A Приложения 17 РР).

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Частота 2177 кГц может использоваться судовыми станциями только для вызова судно-судно.

3 В добавление к частотам, перечисленным в п. 2, выше, для ЦИВ могут быть использованы подходящие рабочие частоты в следующих полосах (см. Статью 5 Главы II РР):

415–526,5	кГц	(Районы 1 и 3)
415–525	кГц	(Район 2)
1 606,5–3400	кГц	(Районы 1 и 3)
1 605,5–3400	кГц	(Район 2) (в отношении полосы 1605–1625 кГц см. п. 5.89 РР)
4 000–27 500	кГц	
156–174	МГц	

РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R M.585-4*, **

Присвоение и использование опознавателей морской подвижной службы

(1982-1986-1990-2003-2007)

Сфера применения

В настоящей Рекомендации приведено руководство для администраций в отношении присвоения и сохранения опознавателей морской подвижной службы (MMSI). Описаны форматы для судовых станций, береговых станций, воздушных судов, участвующих в операциях по поиску и спасанию, средств навигации и судов, связанных с плавучей базой, а также некоторые условия, ограничивающие присвоения для судов, которые используют услуги спутниковой связи Глобальной морской системы для случаев бедствия и обеспечения безопасности (ГМСББ). Представлено руководство для будущих систем подвижной спутниковой связи и в целях повторного использования выведенных из эксплуатации номеров.

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая

a) необходимость в уникальном опознавателе судна, используемом в целях обеспечения безопасности и осуществления электросвязи;

b) что опознаватель морской подвижной службы (MMSI) должен быть уникальным номером;

c) необходимость использования такого опознавателя в автоматизированных системах радиосвязи;

d) что опознаватели, присвоенные судовым станциям, береговым станциям, воздушным судам, участвующим в операциях по поиску и спасанию, средствам навигации и судам, связанным с плавучей базой, и используемые для направления групповых вызовов, должны быть аналогичного типа;

e) что MMSI можно использовать для направления на судно телефонного вызова после его маршрутизации по коммутируемым сетям общего пользования на соответствующую береговую станцию;

f) что во многих странах коммутируемые сети общего пользования имеют ограничения по максимальному числу цифр, которые могут быть набраны или введены, чтобы указать вызываемую судовую станцию и береговую станцию маршрутизации, что не позволит преобразовать полный MMSI непосредственно в набираемый номер судна, соответствующий Рекомендации МСЭ-T E.164;

g) что какие бы ограничения не применялись, их должно быть как можно меньше в интересах развития автоматической связи берег-судно;

h) что системы подвижной спутниковой службы предоставляют морскому сообществу возможность использовать системы электросвязи международной общественной корреспонденции или взаимодействовать с ними на полностью автоматизированной основе, применяя схему нумерации, наименования и адресации, относящуюся к используемой службе;

j) что существующие в настоящее время системы подвижной спутниковой службы, работающие в Глобальной морской системе для случаев бедствия и обеспечения безопасности (ГМСББ), обладают такими характеристиками сигнализации и маршрутизации, при которых судам, использующим эти сети, требуется иметь MMSI с тремя конечными нулями;

k) что схема нумерации, точно определенная для будущих поколений систем подвижной спутниковой связи, используемых в ГМСББ, будет разработана с учетом потребностей службы

---

* Настоящая Рекомендация должна быть доведена до сведения МАМС, ИКАО, МГО и ИМО.

** *Примечание Секретариата*. – Включенными посредством ссылки считаются только Приложения 1–5 к настоящей Рекомендации.

международной общественной корреспонденции и, вероятно, не будет предоставлять возможности для включения любой части MMSI в набираемый номер судна,

признавая,

что в Статье 19 Регламента радиосвязи (РР) содержатся положения, касающиеся присвоения MMSI,

рекомендует,

1 чтобы судам, подчиняющимся Международной конвенции по охране человеческой жизни на море 1974 года, с поправками, и другим судам, оснащенным автоматизированными системами радиосвязи, включая автоматические системы опознавания (AIS), системы цифрового избирательного вызова (ЦИВ), и/или оборудованным устройствами оповещения Глобальной морской системы для случаев бедствия и обеспечения безопасности (ГМСББ), были присвоены опознаватели морской подвижной службы в соответствии с Приложениями 1, 2, 3, 4 или 5 к настоящей Рекомендации, в соответствующих случаях;

2 что судно, береговые станции и воздушное судно, участвующее в операциях по поиску и спасанию, на которых используется оборудование цифрового избирательного вызова в соответствии с Рекомендацией МСЭ-R M.493, должны использовать свои девятизначные цифровые опознаватели, передаваемые как десятизначный адрес/самоопознаватель, обычно, с добавлением 0 в конце опознавателя (см. также Рекомендацию МСЭ-R M.1080);

3 что судно, береговые станции и станции, не размещенные на борту морского судна, на которых используется оборудование AIS в соответствии с Рекомендацией МСЭ-R M.1371, должны использовать свои девятизначные цифровые опознаватели;

4 что в целях обеспечения совместимости с Глобальной морской системой для случаев бедствия и обеспечения безопасности номера, названия и адреса судовых земных станций, работающих в международных службах электросвязи, должны быстро предоставляться заинтересованными поставщиками услуг электросвязи всем уполномоченным объединениям;

5 что руководство, представленное в Приложении 6 к настоящей Рекомендации, должно применяться в отношении повторного использования MMSI, в частности опознавателей с тремя конечными нулями.

Приложение 1

Присвоение опознавателя судовой станции

1 Судам, работающим в морских радиослужбах и упомянутым в пункте 1 раздела *рекомендует*, должен быть присвоен уникальный девятизначный опознаватель судовых станций в формате $M_1I_2D_3X_4X_5X_6X_7X_8X_9$, где первые три цифры представляют собой цифры морского опознавания (MID), а X – это любое число от 0 до 9. Цифры морского опознавания MID обозначают географическую зону администрации, ответственной за опознаваемую таким образом судовую станцию.

2 Максимальное число знаков, передаваемых на какие-либо национальные телексные и/или телефонные сети в целях опознавания судовой станции, может быть ограничено.

3 Максимальное число цифр, которые могут быть переданы по национальным сетям многих стран с целью определения опознавателя судовой станции, равняется шести. В настоящем тексте и в соответствующих Рекомендациях МСЭ-R цифры, передаваемые по сети для представления опознавателя судовой станции, называются "номером судовой станции". Использование описываемых ниже методов должно позволить береговым станциям этих стран участвовать в автоматическом соединении вызовов судовым станциям.

Для получения требуемого девятизначного опознавателя судовой станции береговая станция автоматически добавляет к номеру судовой станции ряд конечных нулей в целях завершения телефонного вызова со стороны берега, например, передаваемого по коммутируемой сети общего пользования:

Номер судовой станции	*Опознаватель судовой станции*
$M_1I_2D_3X_4X_5X_6$	$M_1I_2D_3X_4X_5X_60_70_80_9$

4 В соответствии с упомянутым выше и соответствующими Рекомендациями МСЭ-Т был создан план нумерации для систем Inmarsat стандартов B, C и M, который также требует, чтобы MMSI с тремя конечными нулями были присвоены судам, оборудованным судовыми земными станциями стандартов B, C и M.

5 Указанные выше ограничения необязательно применяются к системам Inmarsat стандарта C, поскольку они не являются терминалами, на которые можно позвонить из коммутируемой телефонной сети общего пользования, а являются только терминалами передачи данных.

6 Что касается систем Inmarsat стандартов B и M и до тех пор пока вышеупомянутые ограничения будут применяться, судам, которые, как предполагается, будут обоснованно затронуты вышеупомянутыми ограничениями, должны присваиваться только опознаватели судовых станций с $X_7X_8X_9 = 000$.

7 Опознаватели группового вызова судовых станций для одновременного вызова нескольких судов формируются следующим образом:

$$0_1M_2I_3D_4X_5X_6X_7X_8X_9,$$

где первое число – это ноль, а X – любое число от 0 до 9. Цифры (MID) представляют только территорию или географическую зону администрации, присваивающей опознаватель группового вызова судовых станций, и поэтому не препятствуют передаче групповых вызовов флотилиям, состоящим из судов более чем одной национальной принадлежности.

8 По мере развития глобальных систем подвижной спутниковой связи земные станции судов могут быть включены в международные службы электросвязи общественной корреспонденции. Судовым земным станциям, имеющим такую функциональную возможность, могут быть присвоены международные номера электросвязи, которые прямо не соответствуют MMSI судовой станции. Те, кто имеет право присваивать номера, названия и адреса, связанные с такими судовыми земными станциями, должны хранить запись, предоставляющую перекрестную ссылку на связь с MMSI, например в соответствующей базе данных. Для целей ГМСББ подробные данные об этой связи должны предоставляться уполномоченным органам, в том числе, таким как центры координации спасательных операций (RCC)[1]. Эта информация должна предоставляться автоматически круглые сутки в течение всего года.

Приложение 2

Присвоение опознавания береговой станции

1 Береговым станциям и другим станциям на суше, которые работают в морских радиослужбах и упомянуты в пункте 2 раздела *рекомендует*, должен быть присвоен уникальный девятиразрядный опознаватель береговой станции в формате $0_10_2M_3I_4D_5X_6X_7X_8X_9$, где цифры 3, 4 и 5 представляют MID, а X – это число от 0 до 9. Цифры MID отражают территорию или географическую зону расположения береговой станции или береговой земной станции.

2 Поскольку число береговых станций во многих странах растет, та или иная администрация может пожелать присвоить MMSI вышеупомянутого формата радиостанциям гаваней, пилотным

[1] В Резолюции ИМО A.888(21) предлагается автоматически маршрутизировать в RCC приоритетные сообщения о бедствиях в этих системах.

станциям и другим станциям, работающим в морских радиослужбах. С тем чтобы использовать формат 00MIDXXXX, рассматриваемые станции должны быть расположены на суше или на острове.

3 Администрация может использовать шестую цифру для дальнейшей дифференциации определенных конкретных использований этого класса MMSI, как показано в примере применения ниже:

a) 00MID1XXX Береговые радиостанции

b) 00MID2XXX Радиостанции гаваней

c) 00MID3XXX Пилотные станции и др.

4 Данная схема формата создает блоки из 999 номеров для каждой категории станции, однако этот метод не является обязательным и должен использоваться только в качестве руководства. Существует много других методов, если заинтересованная администрация желает расширить данную схему.

5 Опознаватели группового вызова береговых станций для одновременного вызова нескольких береговых станций формируются в виде поднабора опознавателей береговых станций следующим образом:

$$0_1 0_2 M_3 I_4 D_5 X_6 X_7 X_8 X_9,$$

где первые два числа – это нули, а X – любое число от 0 до 9. Цифры MID представляют только территорию или географическую область администрации, присваивающей опознаватель группового вызова береговых станций. Опознаватель может быть присвоен станциям одной администрации, которые расположены только в одном географическом регионе, как указано в соответствующих Рекомендациях МСЭ-Т.

6 Сочетание $0_1 0_2 M_3 I_4 D_5 0_6 0_7 0_8 0_9$ должно быть зарезервировано за групповым опознавателем береговых станций и предназначаться для станций 00MIDXXXX в рамках конкретной администрации. В дальнейшем администрация может расширить это использование с помощью дополнительных опознавателей групповых вызовов, например 00MID1111 и др.

7 Для целей ГМСББ подробные данные об этих присвоениях MMSI должны предоставляться уполномоченным органам, в том числе, таким как центры координации спасательных операций (RCC). Такая информация должна автоматически предоставляться круглые сутки в течение всего года.

8 Сочетание $0_1 0_2 9_3 9_4 9_5 0_6 0_7 0_8 0_9$ зарезервировано за опознавателем всех береговых станций и должно предназначаться для ОВЧ станций 00XXXXXXX. Оно не применяется к СЧ или ВЧ береговым станциям.

Приложение 3

Присвоение опознавателя воздушному судну

1 Если необходимо, чтобы воздушное судно использовало опознаватели морской подвижной службы для осуществления связи в целях поиска и спасания со станциями морской подвижной службы, ответственная администрация должна присвоить воздушному судну уникальный девятизначный опознаватель в формате $1_1 1_2 1_3 M_4 I_5 D_6 X_7 X_8 X_9$, где цифры 4, 5 и 6 представляют MID, а X – любое число от 0 до 9. MID представляет только территорию или географическую зону администрации, присваивающей опознаватель воздушному судну.

2 Представленный выше формат рассчитан на 999 воздушных судов на один код MID. Если заинтересованная администрация располагает более чем 999 воздушными судами поиска и спасания (SAR), то может быть использован дополнительный код страны (MID) при условии, что он уже был присвоен МСЭ.

3 Администрация может использовать седьмую цифру для дифференциации определенных конкретных использований данного класса MMSI, как показано в примере приложений ниже:

a) 111MID1XX воздушное судно с неподвижным крылом

b) 111MID5XX вертолеты

4 Такая схема формата создает блоки из 99 номеров для каждой категории станций, однако представленный здесь метод не является обязательным.

5 Сочетание $1_1 1_2 1_3 M_4 I_5 D_6 0_7 0_8 0_9$ должно быть зарезервировано за опознавателем группы воздушных судов и предназначено для всех станций 111MIDXXX в рамках одной администрации. В дальнейшем администрация может расширить его с помощью дополнительных опознавателей групповых вызовов, например 111MID111 и др.

6 В целях поиска и спасания подробные данные об этих присвоениях MMSI должны предоставляться уполномоченным органам, в том числе таким, как центры координации спасательных операций (RCC). Такая информация должна автоматически предоставляться круглые сутки в течение всего года.

7 Опознаватель MMSI, присвоенный воздушному судну поиска и спасания SAR, должен быть внесен в базу данных MARS МСЭ (см. п. 20.16).

Приложение 4

Присвоение опознавания средствам навигации (AtoN) AIS

1 Если необходимо, чтобы станция средства навигации на море использовала средства автоматического опознавания, ответственная администрация должна присвоить уникальный девятизначный номер в формате $9_1 9_2 M_3 I_4 D_5 X_6 X_7 X_8 X_9$, где цифры 3, 4 и 5 представляют MID, а X – любое число от 0 до 9. MID представляет только территорию или географическую зону администрации, присваивающей опознаватель вызова навигационному средству.

2 Представленный выше формат применяется к плавающим в воде автоматически управляемым AtoN автоматической системы опознавания (AIS) и виртуальным AtoN AIS, принадлежащим системам средств навигации; однако системам средств навигации, установленным на берегу на большой земле или на острове, должен быть присвоен опознавательный номер в формате, показанном в Приложении 2.

3 Представленная выше схема формата будет рассчитана на 10000 AtoN на один код MID. Если заинтересованная администрация располагает более чем 10000 AtoN, то можно использовать дополнительный код страны (MID) (если он уже присвоен МСЭ), предоставляющий дополнительные 10000 опознавателей.

4 Администрация может использовать шестую цифру для дифференциации определенных конкретных применений MMSI, как показано в примере применений ниже:

a) 99MID1XXX физические AtoN AIS

b) 99MID6XXX виртуальные AtoN AIS

5 Данная схема формата создает блоки из 999 номеров для каждой категории станций, однако представленный здесь метод не является обязательным и должен использоваться только в качестве руководства.

6 В дополнение к использованию шестой цифры для дифференциации конкретных средств навигации, как пояснено выше, на национальном уровне по усмотрению заинтересованной администрации может быть использована седьмая цифра для определения зон, в которых расположены AtoN AIS, или типов AtoN AIS.

7 Подробные данные об этих присвоениях MMSI должны быть предоставлены, в том числе, Международной ассоциации маячных служб и служб навигационного обеспечения (МАМС) и соответствующих национальным органам.

8 Присвоенные средствам навигации MMSI должны быть также внесены в базу данных MARS МСЭ (см. п. 20.16 РР).

Приложение 5

Присвоение опознавания судам, связанным с плавучей базой

1 Устройствам, используемым на судах, связанных с плавучей базой, необходимо уникальное опознавание. Этим устройствам, работающим в морской подвижной службе, должен быть присвоен уникальный девятизначный номер в формате $9_1 8_2 M_3 I_4 D_5 X_6 X_7 X_8 X_9$, где цифры 3, 4 и 5 представляют цифры MID, а X – это любое число от 0 до 9. MID представляет только территорию или географическую зону администрации, присваивающей опознаватель вызова судну, связанному с плавучей базой.

2 Данный формат нумерации действителен только для бортовых устройств судов, связанных с плавучей базой. На судне может находиться несколько устройств, для которых необходимы MMSI. Эти устройства могут быть расположены на спасательных лодках, спасательных плотах, дежурных спасательных шлюпках или других судах, связанных с плавучей базой.

3 Уникальный MMSI должен быть присвоен каждому устройству на борту судна, связанного с плавучей базой, и будет отдельно зарегистрирован и связан с MMSI плавучей базы.

4 Представленная выше схема формата будет рассчитана на 10 000 устройств данного типа на один код MID. Если заинтересованная администрация располагает более чем 10 000 устройств, то можно использовать дополнительный код страны (MID) (если он уже присвоен МСЭ), предоставляющий дополнительные 10 000 опознавателей.

5 Присвоенные этим устройствам MMSI должны быть также внесены в базу данных MARS МСЭ (см. п. 20.16 РР).

Приложение 6

Руководство по сохранению и управлению MMSI

1 Администрации должны использовать следующие меры для управления ограниченным ресурсом нумерации MMSI, в частности для повторного использования MMSI с тремя конечными нулями, с тем чтобы не допустить исчерпания кодов MID и соответствующих серий MMSI:

a) внедрять на национальном уровне эффективные процедуры присвоения и регистрации MMSI с учетом требований Резолюции 340 (ВКР-97);

b) регулярно предоставлять Бюро обновленную информацию о присвоенных номерах, в соответствии с п. 20.16,

c) обеспечивать, чтобы период между истечением лицензии на судовую станцию, связанной с номером присвоения, и датой повторного присвоения этого номера был достаточным для внесения изменений в соответствующие служебные публикации МСЭ, например Списки V и VIIa, с учетом стандартных интервалов между очередными публикуемыми изданиями;

d) обеспечивать, чтобы при смене на судах флага регистрации одной администрации на флаг другой администрации было осуществлено повторное присвоение всех присвоенных средств опознавания станции судна, включая MMSI, в соответствующих случаях, и чтобы Бюро было уведомлено об изменениях в максимально короткие сроки (см. п. 20.16 РР).

2 Важно, чтобы присвоение с недействительным номером не использовалось в течение ряда лет до того, как оно станет заново применяться, в целях недопущения путаницы в отношении

источника сообщений о бедствии или в отношении сторон, ответственных за выставление и согласование счетов за морскую радиосвязь.

3 Задача состоит в обеспечении того, чтобы истек пятилетний период или период между двумя очередными изданиями Списка VIIa, в зависимости от того, какой из них больше, перед тем, как повторно использовать недействительный MMSI и вносить его в национальную и международную базу данных, в соответствии с Резолюцией 340 (ВКР-97) и п. 20.16 РР.

4 Администрации могли бы также применять вышеупомянутые процедуры к присвоенным MMSI с двумя, одним конечными нулями или без них в интересах долговременного сохранения ресурсов MMSI и MID. Однако эти форматы номеров обычно некритичны к присвоению какой-либо администрации дополнительных цифр MID (см. Раздел VI Статьи 19 РР).

РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R M.625-3*

БУКВОПЕЧАТАЮЩЕЕ ТЕЛЕГРАФНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ С АВТОМАТИЧЕСКИМ ОПОЗНАВАНИЕМ В МОРСКОЙ ПОДВИЖНОЙ СЛУЖБЕ**

(Вопрос МСЭ-R 5/8)

(1986-1990-1992-1995)

Резюме

В Приложении 1 к данной Рекомендации представлены характеристики буквопечатающего телеграфного оборудования, использующего метод ARQ с 7-элементным кодированием для связи в избирательном режиме, метод FEC с 7-элементным кодированием для вещательного режима и автоматического опознавания, используемого для нового разрабатываемого оборудования с целью обеспечения совместимости с существующим оборудованием, соответствующим Рекомендации МСЭ-R M.476.

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

a) что имеется потребность в связи между судовыми станциями или судовыми и береговыми станциями, которые оборудованы стартстопными аппаратами, использующими Международный телеграфный алфавит № 2 МСЭ-T по радиотелеграфным каналам;

b) что буквопечатающее телеграфное оборудование в морской подвижной службе применяется для:

– телексной и/или телеграфной связи между судовой станцией и абонентом (международной) телексной сети;

– телеграфной связи между судовой и береговой станциями или между двумя судовыми станциями;

– телеграфной связи между судовой станцией и удаленной станцией (судовладельцем) через береговую станцию;

– телеграфной связи в вещательном режиме, исходящей от береговой станции или от судовой станции к одной или нескольким судовым станциям;

c) что вещательный режим не может использовать преимущества метода автоматического запроса и повторения (ARQ) из-за отсутствия обратной связи;

d) что для вещательного режима должен применяться метод упреждающей коррекции ошибок (FEC);

e) что период синхронизации и фазирования должен быть возможно короче;

f) что большинство судовых станций обычно не всегда допускают одновременное использование радиопередатчика и радиоприемника;

g) что буквопечатающая телеграфная система, применяющая методы обнаружения и исправления ошибок согласно Рекомендации МСЭ-R M.476, уже находится в эксплуатации;

h) что все более широкое использование буквопечатающего телеграфного оборудования подчеркнуло важность однозначного опознавания обеих станций при установлении или восстановлении связи;

j) что однозначное опознавание может обеспечиваться путем обмена сигналами самоопознавания между устройствами ARQ на уровне 7-элементного кода;

k) что Приложение 43 к Регламенту радиосвязи (РР), Рекомендация МСЭ-R M.585 и Рекомендации МСЭ-T E.210 и F.120 предусматривают всеобъемлющую систему присвоения опознавателей станциям морской подвижной службы;

---

* Данная Рекомендация должна быть доведена до сведения Международной морской организации (ИМО) и Сектора стандартизации электросвязи (МСЭ-T).

** Новое разрабатываемое оборудование должно удовлетворять настоящей Рекомендации, которая обеспечивает совместимость с существующим оборудованием, изготовленным в соответствии с Рекомендацией МСЭ-R M.476.

Примечание Секретариата. – В процессе изменения структуры Регламента радиосвязи, проводившегося на ВКР-95, Приложение 43, которое упоминается в данной Рекомендации, было исключено, и его содержание было перенесено в другие части Регламента радиосвязи.

l) что в интересах обеспечения однозначности опознавателей, которые присваиваются каждой судовой станции для оповещения о бедствии и обеспечения безопасности и для других видов связи, возможности адреса должны допускать использование опознавателей морской подвижной службы согласно положениям Приложения 43 к РР;

m) что оборудование, изготовленное в соответствии с Рекомендацией МСЭ-R M.476, не имеет возможности использовать опознаватели морской подвижной службы, упомянутые в § k);

n) что имеется потребность в обеспечении максимальной совместимости с оборудованием, изготовленным в соответствии с Рекомендацией МСЭ-R M.476; однако однозначное опознавание обеих станций не может быть достигнуто, когда связь устанавливается с оборудованием, изготовленным в соответствии с Рекомендацией МСЭ-R M.476,

рекомендует,

1 чтобы в буквопечатающих телеграфных каналах морской подвижной службы использовался метод ARQ с 7-элементным кодированием;

2 чтобы для буквопечатающей телеграфной службы в вещательном режиме использовался метод упреждающей коррекции ошибок с 7-элементным кодированием и с применением временного разнесения;

3 чтобы оборудование, разработанное согласно § 1 и 2, использовало автоматическое опознавание и обладало характеристиками, приведенными в Приложении 1.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

СОДЕРЖАНИЕ

		Стр.
1	Общие положения (режим A (ARQ) и режим B (FEC))	4
2	Таблицы преобразований	4
2.1	Общие положения	4
2.2	Информационные сигналы трафика	4
2.3	Служебные информационные сигналы	4
2.4	Номера и сигналы опознавания и контрольных сумм	6
2.5	Получение сигнала контрольной суммы	6
3	Характеристики, режим A (ARQ)	7
3.1	Общие положения	7
3.2	Функции ведущей и ведомой станций	7
3.3	Станция, передающая информацию (ISS)	7
3.4	Станция, принимающая информацию (IRS)	7
3.5	Процедура фазирования	8
3.6	Автоматическое опознавание	9
3.7	Обмен информацией	11
3.8	Процедура рефазирования	12
3.9	Сводный перечень служебных блоков и служебных информационных сигналов	14
4	Характеристики, режим B (FEC)	14
4.1	Общие положения	14
4.2	Передающая станция (CBSS и SBSS)	14
4.3	Приемная станция (CBRS и SBRS)	15
4.4	Процедура фазирования	15
4.5	Процедура избирательного вызова (избирательный режим B)	15
4.6	Обмен информацией	15

Стр.

Добавление 1 – Диаграммы ЯСО (режим А) 27

Добавление 2 – Процедура фазирования с автоматическим опознаванием в случае 7-сигнального опознавателя вызова (вызывающая станция) 31

Добавление 3 – Процедура рефазирования с автоматическим опознаванием в случае 7-сигнального опознавателя вызова (вызывающая станция) 34

Добавление 4 – Процедура фазирования без автоматического опознавания в случае 4-сигнального опознавателя вызова (вызывающая станция) 37

Добавление 5 – Процедура рефазирования без автоматического опознавания в случае 4-сигнального опознавателя вызова (вызывающая станция) 38

Добавление 6 – Процедура фазирования с автоматическим опознаванием в случае 7-сигнального опознавателя вызова (вызываемая станция) 39

Добавление 7 – Процедура рефазирования с автоматическим опознаванием в случае 7-сигнального опознавателя вызова (вызываемая станция) 42

Добавление 8 – Процедура фазирования без автоматического опознавания в случае 4-сигнального опознавателя вызова (вызываемая станция) 45

Добавление 9 – Процедура рефазирования с автоматическим опознаванием в случае 4-сигнального опознавателя вызова (вызываемая станция) 46

Добавление 10 – Передача трафика в случаях 4-сигнального опознавателя вызова и 7-сигнального опознавателя вызова (станция в состоянии ISS) 47

Добавление 11 – Прохождение трафика в случае 4-сигнального опознавателя вызова и в случае 7-сигнального опознавателя вызова (станция в состоянии IRS) 50

Добавление 12 – Обзорные диаграммы состояний 52

Лист 1 – Процедура фазирования с автоматическим опознаванием в случае 7-сигнального опознавателя вызова (вызывающая станция) и прохождение трафика, когда станция находится в состоянии ISS 52

Лист 2 – Процедура рефазирования с автоматическим опознаванием в случае 7-сигнального опознавателя вызова (вызывающая станция) и прохождение трафика, когда станция находится в состоянии ISS 53

Лист 3 – Процедура фазирования без автоматического опознавания в случае 4-сигнального опознавателя вызова (вызывающая станция) и прохождение трафика, когда станция находится в состоянии ISS 54

Лист 4 – Процедура рефазирования без автоматического опознавания в случае 4-сигнального опознавателя вызова (вызывающая станция) и прохождение трафика, когда станция находится в состоянии ISS 55

Лист 5 – Процедура фазирования с автоматическим опознаванием в случае 7-сигнального опознавателя вызова (вызываемая станция) и прохождение трафика, когда станция находится в состоянии IRS..... 56

Лист 6 – Процедура рефазирования с автоматическим опознаванием в случае 7-сигнального опознавателя вызова (вызываемая станция) и прохождение трафика, когда станция находится в состоянии IRS..... 57

Лист 7 – Процедура фазирования без автоматического опознавания в случае 4-сигнального опознавателя вызова (вызываемая станция) и прохождение трафика, когда станция находится в состоянии IRS..... 58

Лист 8 – Процедура рефазирования без автоматического опознавания в случае 4-сигнального опознавателя вызова (вызываемая станция) и прохождение трафика, когда станция находится в состоянии IRS..... 59

1 Общие положения (режим A (ARQ) и режим B (FEC))

1.1 Эта система как в режиме A (ARQ), так и в режиме B (FEC), является одноканальной синхронной системой, использующей 7-элементный код, обнаруживающий ошибки, с постоянным весом, описанный в § 2.2 и 2.3.

1.2 Скорость частотной манипуляции радиолиний составляет 100 Бод. Задающий генератор, управляющий скоростью модуляции в аппаратуре, должен иметь стабильность 30×10^{-6} или лучше.

1.3 Используются излучения класса F1B или J2B, при частотном сдвиге в радиолинии, составляющем 170 Гц. Если частотный сдвиг создается путем подведения тональных сигналов ко входу однополосного передатчика, то центральная частота звукового спектра, подводимого к передатчику, должна равняться 1700 Гц.

1.4 Отклонение радиочастоты передатчика и приемника должно соответствовать Рекомендации МСЭ-R SM.1137. Желательно, чтобы приемник использовал минимальную практически допустимую ширину полосы (см. также Отчет МСЭ-R M.585).

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Желательно, чтобы ширина полосы приемника на уровне 6 дБ была в пределах 270–340 Гц.

1.5 При прямом соединении с международной телексной сетью сигналы на входе и выходе линии должны соответствовать 5-элементному стартстопному Международному телеграфному алфавиту № 2 со скоростью модуляции 50 Бод.

1.6 Оборудование, разработанное в соответствии с настоящей Рекомендацией, будет, вероятно, содержать быстродействующие цифровые микросхемы. Должны быть приняты специальные меры во избежание помех для другого оборудования, а также для снижения восприимчивости к помехам от другой аппаратуры или электрических линий на борту судна (см. также Рекомендацию МСЭ-R M.218).

1.7 При работе в режиме A (ARQ) вызываемая станция выдерживает постоянный интервал времени между концом принятого сигнала и началом передаваемого сигнала (t_E на рисунке 1). При больших расстояниях распространения необходимо, чтобы этот t_E был возможно короче. Однако при небольших расстояниях может быть желательно введение более длинного интервала времени, например, 20–40 мс для облегчения работы приемника вызывающей станции. Этот интервал времени может вводиться на вызываемой станции либо в аппаратуре ARQ, либо в радиоаппаратуре.

2 Таблицы преобразований

2.1 Общие положения

В системе используются несколько типов "сигналов", а именно:

– информационные сигналы трафика,

– служебные информационные сигналы (сигналы управления, холостые сигналы и сигналы повторения),

– сигналы опознавания,

– сигналы контрольных сумм.

2.2 Информационные сигналы трафика

Эти сигналы используются во время связи для передачи информации сообщений от станции, передающей информацию, к одной или нескольким станциям, принимающим информацию. В таблице 1 приводится список информационных сигналов трафика, которые могут использоваться.

2.3 Служебные информационные сигналы

Эти сигналы используются для управления процедурами в радиоканале; они не входят в состав передаваемых сообщений. Служебные информационные сигналы обычно не печатаются и не выводятся на экран. В таблице 2 приводится список служебных информационных сигналов, которые могут использоваться.

ТАБЛИЦА 1

№ комбинации	Информационные сигналы трафика		Код Международного телеграфного алфавита № 2 [1]	Переданный 7-элементный сигнал [2]
	Буквенный регистр	Цифровой регистр	Позиции битов [3] 1 2 3 4 5	Позиции битов [3] 1 2 3 4 5 6 7
1	A	–	ZZAAA	BBBYYYB
2	B	?	ZAAZZ	YBYYBBB
3	C	:	AZZZA	BYBBBYY
4	D	☒ [4]	ZAAZA	BBYYBYB
5	E	3	ZAAAA	YBBYBYB
6	F	[5]	ZAZZA	BBYBBYY
7	G	[5]	AZAZZ	BYBYBBY
8	H	[5]	AAZAZ	BYYBYBB
9	I	8	AZZAA	BYBBYYB
10	J	(Звуковой сигнал)	ZZAZA	BBBYBYY
11	K	(	ZZZZA	YBBBBYY
12	L	)	AZAAZ	BYBYYBB
13	M	.	AAZZZ	BYYBBBY
14	N	,	AAZZA	BYYBBYB
15	O	9	AAAZZ	BYYYBBB
16	P	0	AZZAZ	BYBBYBY
17	Q	1	ZZZAZ	YBBBYBY
18	R	4	AZAZA	BYBYBYB
19	S	,	ZAZAA	BBYBYYB
20	T	5	AAAAZ	YYBYBBB
21	U	7	ZZZAA	YBBBYYB
22	V	=	AZZZZ	YYBBBBY
23	W	2	ZZAAZ	BBBYYBY
24	X	/	ZAZZZ	YBYBBBY
25	Y	6	ZAZAZ	BBYBYBY
26	Z	+	ZAAAZ	BBYYYBB
27	←	(Возврат каретки)	AAAZA	YYYBBBB
28	≡	(Перевод строки)	AZAAA	YYBBYBB
29	↓	(Буквенный регистр)	ZZZZZ	YBYBBYB
30	↑	(Цифровой регистр)	ZZAZZ	YBBYBBY
31	△	(Пробел)	AAZAA	YYBBBYB
32	▭	Нет информации	AAAAA	YBYBYBB

(1) A представляет стартовую полярность, Z представляет стоповую полярность (см. также Рекомендацию МСЭ-R M.490).

(2) B представляет верхнюю излучаемую частоту, а Y – нижнюю (см. также Рекомендацию МСЭ-R M.490).

(3) Бит в битовой позиции 1 передается первым; B = 0, Y = 1.

(4) Показанный знак представляет собой схематическое изображение мальтийского креста ✠, которое также может быть использовано, если позволяет аппаратура (Рекомендация МСЭ-T F.1, § C9).

(5) В настоящее время не присвоен (см. Рекомендацию МСЭ-T F.1, § C8). Однако прием таких сигналов не должен вызывать запрос повторения.

ТАБЛИЦА 2

Режим A (ARQ)	Передаваемый сигнал	Режим B (FEC)
Контрольный сигнал 1 (CS1)	BYBYYBB	
Контрольный сигнал 2 (CS2)	YBYBYBB	
Контрольный сигнал 3 (CS3)	BYYBBYB	
Контрольный сигнал 4 (CS4)	BYBYBBY	
Контрольный сигнал 5 (CS5)	BYYBYBB	
Холостой сигнал β	BBYYBBY	Холостой сигнал β
Холостой сигнал α	BBBBYYY	Фазирующий сигнал 1, холостой сигнал α
Сигнал повторения (RQ)	YBBYYBB	Фазирующий сигнал 2

2.4 Номера и сигналы опознавания и контрольных сумм

Номера и сигналы опознавания и контрольных сумм используются в процедуре автоматического опознавания для того, чтобы обеспечивать четкое и однозначное взаимное опознавание заинтересованных станций во время установления или восстановления радиоканала. В таблице 3a показано соотношение между передаваемыми сигналами опознавания и их эквивалентными номерами; в таблице 3b показано преобразование номеров контрольных сумм в передаваемые сигналы контрольных сумм.

ТАБЛИЦА 3a

Сигнал опознавания (IS)	Эквивалентное число (N)
A	19
B	11
C	6
D	18
E	13
F	8
I	15
K	3
M	4
O	14
P	5
Q	2
R	16
S	9
T	10
U	12
V	0
X	1
Y	7
Z	17

ТАБЛИЦА 3b

Номер контрольной суммы (CN)	Сигнал контрольной суммы (CK)
0	V
1	X
2	Q
3	K
4	M
5	P
6	C
7	Y
8	F
9	S
10	T
11	B
12	U
13	E
14	O
15	I
16	R
17	Z
18	D
19	A

2.5 Получение сигнала контрольной суммы

Сигналы опознавания IS1, IS2, IS3, IS4, IS5, IS6 и IS7 преобразуются в эквивалентные им числа N1, N2, N3, N4, N5, N6 и N7, соответственно, согласно таблице 3a. Три числа N1, N2 и N3 складываются, их сумма преобразуется в одно число контрольной суммы CN1, используя сложение по модулю 20. Это действие повторяется с числами N3, N4 и N5, в результате чего получается число контрольной суммы CN2, а для чисел N5, N6 и N7 – число контрольной суммы CN3, как показано ниже:

$$N1 \oplus N2 \oplus N3 = CN1$$

$$N3 \oplus N4 \oplus N5 = CN2$$

$$N5 \oplus N6 \oplus N7 = CN3,$$

где $\oplus$ обозначает сложение по модулю 20.

Последнее преобразование заключается в переводе чисел контрольных сумм CN1, CN2 и CN3, соответственно, в "сигнал контрольной суммы 1", "сигнал контрольной суммы 2" и "сигнал контрольной суммы 3" согласно таблице 3b.

Пример:

Станция 364775427 имеет семь сигналов опознавания: P E A R D B Y (см. Рекомендацию МСЭ-R M.491).

Получение контрольной суммы будет выглядеть так:

P E A R D B Y $\rightarrow$ 5 13 19 16 18 11 7

5 $\oplus$ 13 $\oplus$ 19 = 17 (37-20)

19 $\oplus$ 16 $\oplus$ 18 = 13 (53-20-20)

18 $\oplus$ 11 $\oplus$ 7 = 16 (36-20)

17 13 16 $\rightarrow$ Z E R,

где $\oplus$ обозначает сложение по модулю 20.

Результат:

СК1 становится "Z" (комбинация № 26, см. таблицу 1)

СК2 становится "E" (комбинация № 5, см. таблицу 1)

СК3 становится "R" (комбинация № 18, см. таблицу 1)

3 Характеристики, режим A (ARQ)

3.1 Общие положения

Система работает в синхронном режиме, передавая блоки по три сигнала от станции, передающей информацию (ISS), к станции, принимающей информацию (IRS). Контрольный сигнал передается от IRS к ISS после приема каждого блока, указывая на то, что блок принят правильно или что требуется его повторная передача. Эти станции могут взаимно менять свои функции.

3.2 Функции ведущей и ведомой станций

3.2.1 Станция, которая начинает установление радиоканала (вызывающая станция), становится "ведущей", а станция, которую вызывают, будет "ведомой". Эта ситуация остается неизменной на все время, в течение которого поддерживается установленный радиоканал, независимо от того, какая из станций является в данный момент станцией, передающей информацию (ISS), или станцией, принимающей информацию (IRS).

3.2.2 Задающий генератор ведущей станции управляет синхронизацией всего канала (см. диаграмму синхронизации канала, рисунок 1). Этот задающий генератор должен иметь стабильность 30×10^{-6} или лучше.

3.2.3 Основной цикл синхронизации составляет 450 мс и состоит для каждой станции из интервала передачи и последующей паузы, во время которой осуществляется прием.

3.2.4 Синхронизация передачи на ведущей станции управляется задающим генератором ведущей станции.

3.2.5 Задающий генератор, управляющий синхронизацией ведомой станции, подстраивается по фазе к сигналам, которые принимаются от ведущей станции, т. е. интервал времени между концом принимаемого сигнала и началом передаваемого сигнала (t_E на рисунке 1) будет постоянным (см. также § 1.7).

3.2.6 Синхронизация приема на ведущей станции подстраивается по фазе к сигналам, которые принимаются от ведомой станции.

3.3 Станция, передающая информацию (ISS)

3.3.1 ISS группирует информацию, которая подлежит передаче, в блоки, состоящие из трех сигналов (3×7 сигнальных элементов).

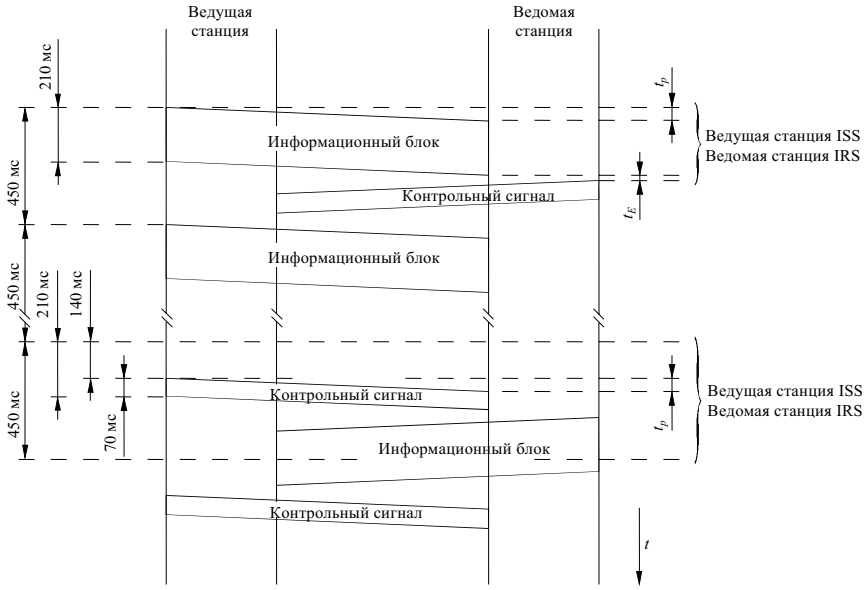
3.3.2 ISS передает блок в течение 210 мс (3×70 мс), после чего наступает пауза в передаче на 240 мс.

3.4 Станция, принимающая информацию (IRS)

3.4.1 После приема каждого блока IRS передает один сигнал длительностью 70 мс (7 сигнальных элементов), после чего наступает пауза в передаче на 380 мс.

РИСУНОК 1

Основная диаграмма синхронизации



t_p: время распространения (в одну сторону)
t_E: аппаратурная задержка (см. также § 1.7)

D01

3.5 Процедура фазирования

3.5.1 Когда канал не установлен, обе станции находятся в состоянии "готовность". В этом состоянии ни одной из станций не присваивается состояние ведущей или ведомой, ISS или IRS.

3.5.2 "Сигнал вызова" содержит, смотря по обстоятельствам, четыре или семь сигналов опознавания. Сигналы опознавания перечислены в таблице 3a. Структура таких "сигналов вызова" должна соответствовать Рекомендации МСЭ-R M.491.

3.5.2.1 Аппаратура должна обладать способностью выполнять процедуры как с 4-сигнальным, так и с 7-сигнальным опознавателем и автоматически выбирать соответствующую процедуру либо согласно структуре принятого от вызывающей станции "сигнала вызова", либо согласно числу цифр (4, 5 или 9), которые введены в аппаратуру вызывающей станции для опознавания вызываемой станции.

3.5.3 "Сигнал вызова" содержит (Примечание 1):

– в "вызывном блоке 1": на позициях первого, второго и третьего знаков, соответственно: первый сигнал опознавания, служебный информационный сигнал "сигнал повторения" и второй сигнал опознавания вызываемой станции;

– в "вызывном блоке 2": на позициях первого, второго и третьего знаков, соответственно:

  – в случае 4-сигнального опознавателя: третий и четвертый сигналы опознавания вызываемой станции и "сигнал повторения"; либо

  – в случае 7-сигнального опознавателя: "сигнал повторения" и третий и четвертый сигналы опознавания вызываемой станции;

– в случае 7-сигнального опознавателя вызова в "вызывном блоке 3": последние три сигнала опознавания вызываемой станции.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Станции, использующей сигнал вызова, состоящей из двух блоков, должен быть присвоен номер в соответствии с пп. 2088, 2134 и с 2143 по 2146 РР.

Станция, способная использовать сигнал вызова, состоящий из трех блоков при связи со станциями, также способными использовать сигнал вызова, состоящий из трех блоков, должна использовать цифры морского опознавания, требуемые согласно Приложению 43 РР.

3.5.4 Станция, по требованию которой устанавливается связь, становится ведущей и передает "сигнал вызова" до тех пор, пока она не примет соответствующий контрольный сигнал; однако, если связь не установлена в течение 128 циклов (128 × 450 мс), то станция переходит в состояние "готовность" и ждет не менее 128 циклов, прежде чем послать тот же "сигнал вызова" снова.

3.5.5 Вызываемая станция становится ведомой и переходит из состояния "готовность" в состояние IRS:

– в случае 4-сигнального опознавателя вызова, сопровождаемого последовательно принятыми сигналами "вызывного блока 1" и "вызывного блока 2", после чего она передает "контрольный сигнал 1" до тех пор, пока не будет принят первый информационный блок;

– в случае 7-сигнального опознавателя вызова, сопровождаемого следующим один за другим приемом трех блоков вызова, после чего она передает "контрольный сигнал 4" до тех пор, пока не будет принят "блок опознавания 1".

3.5.6 Получив два последовательных идентичных сигнала "контрольный сигнал 1" или "контрольный сигнал 2", вызывающая станция переходит в состояние ISS и сразу приступает к передаче информации трафика (см. § 3.7) без автоматического опознавания.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Оборудование, изготовленное в соответствии с Рекомендацией МСЭ-R M.476, передает "контрольный сигнал 1" или "контрольный сигнал 2" после приема соответствующего "сигнала вызова".

3.5.7 Получив "контрольный сигнал 3" во время процедуры фазирования, вызывающая станция немедленно переходит в состояние "готовность" и ожидает в течение 128 циклов, прежде чем снова начать передачу того же "сигнала вызова".

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Оборудование, изготовленное в соответствии с Рекомендацией МСЭ-R M.476, может передать "контрольный сигнал 3" после приема соответствующего "сигнала вызова", если вызываемая станция находится в стадии рефазирования и была в момент прерывания в состоянии ISS.

3.5.8 Получив "контрольный сигнал 5" во время процедуры фазирования, вызывающая станция начинает процедуру "окончания связи" в соответствии с § 3.7.14 и ожидает по крайней мере в течение 128 циклов, прежде чем снова начать передачу того же "сигнала вызова". В течение этого периода ожидания станция находится в состоянии "готовность".

3.6 Автоматическое опознавание

Применяется лишь в случае 7-сигнального опознавателя вызова.

3.6.1 Получив "контрольный сигнал 4", вызывающая станция переходит в состояние ISS и начинает процедуру опознавания. Во время цикла опознавания производится обмен информацией об опознавателях обеих станций: ISS передает свои блоки опознавания, а IRS возвращает сигналы контрольных сумм, полученные из ее опознавателя согласно § 2.5. Получив каждый сигнал контрольной суммы, вызывающая станция сравнивает этот сигнал с соответствующим сигналом контрольной суммы, полученным на месте из сигналов опознавания, переданных в блоках вызова. Если они идентичны, то вызывающая станция переходит к последующей процедуре, в противном случае выполняется процедура из § 3.6.12.

3.6.2 ISS передает "блок опознавания 1", содержащий ее первый сигнал опознавания, "холостой сигнал α" и второй сигнал опознавания на позициях первого, второго и третьего знаков, соответственно.

3.6.3 Получив "блок опознавания 1", вызываемая станция передает "сигнал контрольной суммы 1", полученный из ее опознавателя.

3.6.4 Получив "сигнал контрольной суммы 1", вызывающая станция передает "блок опознавания 2", содержащий "холостой сигнал α", ее третий и четвертый сигналы опознавания на позициях первого, второго и третьего знаков, соответственно.

3.6.5 Получив "блок опознавания 2", вызываемая станция передает "сигнал контрольной суммы 2", полученный из ее опознавателя.

3.6.6 Получив "сигнал контрольной суммы 2", вызывающая станция передает "блок опознавания 3", содержащий ее пятый, шестой и седьмой сигналы опознавания на позициях первого, второго и третьего знаков, соответственно.

3.6.7 Получив "блок опознавания 3", вызываемая станция передает "сигнал контрольной суммы 3", полученный из ее опознавателя.

3.6.8 Получив последний сигнал контрольной суммы, вызывающая станция передает "блок окончания опознавания", содержащий три "сигнала повторения".

3.6.9 Получив "блок окончания опознавания", вызываемая станция передает:

– "контрольный сигнал 1", начиная таким образом передачу трафика согласно § 3.7; либо

– "контрольный сигнал 3", если требуется, чтобы вызываемая станция начала передачу трафика в состоянии ISS (согласно § 3.7.11).

3.6.10 Получив "контрольный сигнал 1", вызывающая станция завершает цикл опознавания и начинает обмен трафиком, передавая "информационный блок 1" согласно § 3.7.

3.6.11 Получив "контрольный сигнал 3", вызывающая станция завершает цикл опознавания и начинает обмен трафиком с процедуры перемены направления связи согласно § 3.7.11.

3.6.12 Если какой-либо принятый сигнал контрольной суммы не совпадает с сигналом контрольной суммы, полученным на месте, то вызывающая станция повторно передает предыдущий опознавательный блок. Получив этот опознавательный блок, вызываемая станция передает соответствующий сигнал контрольной суммы еще раз.

Получив этот сигнал контрольной суммы, вызывающая станция сравнивает его снова. Если они опять не совпадают, а принятый сигнал "контрольной суммы" является таким же, как и предшествующий, то вызывающая станция начинает процедуру "окончания связи" согласно § 3.7.14; в противном случае вызывающая станция передает предшествующий блок опознавания снова. Любой блок опознавания должен передаваться повторно не более четырех раз из-за приема ошибочных сигналов контрольной суммы, после чего, если нужный сигнал контрольной суммы все еще не принят, вызывающая станция переходит в состояние "готовность".

3.6.13 Если из-за искаженного приема вызывающая станция не принимает:

– "контрольный сигнал 4", то она продолжает передачу "сигнала вызова";

– "сигнал контрольной суммы 1", то она передает повторно "блок опознавания 1";

– "сигнал контрольной суммы 2", то она передает повторно "блок опознавания 2";

– "сигнал контрольной суммы 3", то она передает повторно "блок опознавания 3";

– "контрольный сигнал 1" или "контрольный сигнал 3", то она передает повторно "блок окончания опознавания",

с учетом ограничения времени, указанного в § 3.6.18.

3.6.14 Если из-за искаженного приема вызываемая станция не принимает какой-либо блок во время цикла опознавания, то она передает "сигнал повторения" с учетом ограничения времени, указанного в § 3.6.18.

3.6.15 Если во время цикла опознавания вызывающая станция принимает "сигнал повторения", то она передает повторно предшествующий блок.

3.6.16 Если при повторении блока опознавания вызывающей станцией сигналы опознавания, принятые вызываемой станцией не совпадают, то вызываемая станция передает "сигнал повторения" до тех пор, пока не будут приняты два идентичных блока, следующих друг за другом, после чего передается соответствующий сигнал контрольной суммы с учетом ограничения времени, указанного в § 3.6.18.

3.6.17 Если во время цикла опознавания вызываемая станция принимает "блок окончания связи" (содержащий три "холостых сигнала α"), то она передает "контрольный сигнал 1" и переходит в состояние "готовность".

3.6.18 Если происходит непрерывное искажение сигналов во время цикла опознавания, то обе станции после 32 циклов подряд идущих повторений переходят в состояние "готовность".

3.6.19 Каждая станция должна сохранять опознаватель другой станции в течение соединения (см. § 3.7.1), и эта информация должна быть доступна на месте, например, с помощью дисплея или отдельной выходной цепи для внешнего использования. Однако эта информация об опознавателе не должна попадать в выходную линию к сети.

3.7 Обмен информацией

3.7.1 Во всех случаях после начала обмена и до тех пор, пока станция не перейдет в состояние "готовность", она должна сохранять следующую информацию:

– в каком состоянии (ведущей или ведомой) она находится;

– опознаватель другой станции (когда это применимо);

– в каком состоянии (ISS или IRS) она находится;

– в каком состоянии (буквенного или цифрового регистра) происходит обмен информацией.

3.7.2 ISS передает информацию блоками по три сигнала в каждом. Если необходимо, то для дополнения или заполнения блоков при отсутствии информации используются "холостые сигналы β".

3.7.3 ISS сохраняет в памяти переданный информационный блок до тех пор, пока не будет принят соответствующий контрольный сигнал, подтверждающий правильный прием на IRS.

3.7.4 Для внутреннего пользования IRS нумерует принятые информационные блоки попеременно как "информационный блок 1" и "информационный блок 2" в зависимости от первого переданного контрольного сигнала. Нумерация прерывается при приеме:

– информационного блока, в котором один или более сигналов искажены; либо

– информационного блока, содержащего по крайней мере один "сигнал повторения".

3.7.5 IRS передает "контрольный сигнал 1" при приеме:

– неискаженного "информационного блока 2"; либо

– искаженного "информационного блока 1"; либо

– "информационного блока 1", содержащего хотя бы один "сигнал повторения".

3.7.6 IRS передает "контрольный сигнал 2" при приеме:

– неискаженного "информационного блока 1"; либо

– искаженного "информационного блока 2"; либо

– "информационного блока 2", содержащего хотя бы один "сигнал повторения".

3.7.7 Для внутреннего пользования ISS нумерует последовательные информационные блоки попеременно как "информационный блок 1" и "информационный блок 2". Первый блок должен быть пронумерован как "информационный блок 1" или "информационный блок 2" в соответствии с получением "контрольного сигнала 1" или "контрольного сигнала 2". Нумерация прерывается при приеме:

– запроса повторения; либо

– искаженного контрольного сигнала; либо

– "контрольного сигнала 3".

3.7.8 Получив "контрольный сигнал 1", ISS передает "информационный блок 1".

3.7.9 Получив "контрольный сигнал 2", ISS передает "информационный блок 2".

3.7.10 Получив искаженный контрольный сигнал, ISS передает блок, содержащий три "сигнала повторения".

3.7.11 Процедура смены направления

3.7.11.1 Если требуется, чтобы ISS начала смену направления потока информации, то эта станция передает последовательность сигналов "↑" (комбинация № 30), "+" (комбинация № 26), "?" (комбинация № 2), за которой, при необходимости, может следовать один или более "холостых сигналов β" для завершения информационного блока.

3.7.11.2 Получив эту последовательность сигналов ("+", "?" (комбинация № 26 и комбинация № 2)) вместе с потоком информации на цифровом регистре, IRS передает "контрольный сигнал 3" до тех пор, пока не будет принят информационный блок, содержащий сигналы "холостой сигнал β", "холостой сигнал α", "холостой сигнал β".

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Наличие "холостого сигнала β" между сигналами "+" и "?" не должно препятствовать ответу IRS.

3.7.11.3 Если требуется, чтобы IRS начала смену направления обмена, то она передает "контрольный сигнал 3".

3.7.11.4 Получив "контрольный сигнал 3", ISS передает информационный блок, содержащий "холостой сигнал β", "холостой сигнал α" и "холостой сигнал β", на позициях первого, второго и третьего знаков, соответственно.

3.7.11.5 Получив информационный блок, содержащий служебные информационные сигналы "холостой сигнал β", "холостой сигнал α" и "холостой сигнал β", IRS переходит в ISS и передает:

– информационный блок, содержащий три "сигнала повторения", если это ведомая станция; либо

– один "сигнал повторения", если это ведущая станция,

пока не будет принят "контрольный сигнал 1" или "контрольный сигнал 2" с учетом ограничения времени, указанного в § 3.7.12.1.

3.7.11.6 ISS переходит в IRS после приема:

– информационного блока, содержащего три "сигнала повторения", если это ведущая станция; либо

– один "сигнал повторения", если это ведомая станция,

и передает "контрольный сигнал 1" или "контрольный сигнал 2" в соответствии с получением предшествующего "контрольного сигнала 2" или "контрольного сигнала 1", соответственно, после чего начинается передача в надлежащем направлении.

3.7.12 Процедура прерывания связи

3.7.12.1 Если происходит непрерывное искажение при приеме информационных блоков или контрольных сигналов, обе станции после 32 циклов подряд идущих повторений переходят в состояние "рефазирование" согласно § 3.8.

3.7.13 Процедура автоответа

3.7.13.1 Если требуется, чтобы ISS запросила опознавание оконечного аппарата, то эта станция передает сигналы "↑" (комбинация № 30) и "☒" (комбинация № 4), за которыми следуют, при необходимости, один или более "холостых сигналов β" для завершения информационного блока.

3.7.13.2 Получив информационный блок, содержащий информационный сигнал обмена "☒" (комбинация № 4), при обмене на цифровом регистре, IRS:

– изменяет направление обмена согласно § 3.7.11;

– передает информационные сигналы обмена, полученные от автоответчика телетайпа;

– передает, после завершения кода автоответа или при отсутствии кода автоответа, два информационных блока, состоящих из трех "холостых сигналов β";

– изменяет направление обмена согласно § 3.7.11 и переходит в IRS.

3.7.14 Процедура окончания связи

3.7.14.1 Если требуется, чтобы ISS завершила установленное соединение, то она передает "блок окончания связи", содержащий три "холостых сигнала α", до тех пор пока не будет принят соответствующий "контрольный сигнал 1" или "контрольный сигнал 2"; однако число передач "блока окончания связи" ограничивается четырьмя, после чего ISS переходит в состояние "готовность".

3.7.14.2 Получив "блок окончания связи", IRS передает соответствующий контрольный сигнал, указывающий на правильный прием этого блока, и переходит в состояние "готовность".

3.7.14.3 Получив контрольный сигнал, который подтверждает неискаженный прием "блока окончания связи", ISS переходит в состояние "готовность".

3.7.14.4 Если требуется, чтобы IRS завершила установленное соединение, то она должна сначала перейти в состояние ISS согласно § 3.7.11, а затем завершить связь.

3.8 Процедура рефазирования

3.8.1 Если при обмене на приеме непрерывно искажаются информационные блоки или контрольные сигналы, то обе станции после 32 циклов подряд идущих повторений переходят в состояние "рефазирование". Рефазирование – это автоматическое повторное установление прежнего канала сразу после прерывания этого канала из-за непрерывных повторений (см. § 3.7.12).

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Некоторые береговые станции не обеспечивают рефазирование. Поэтому должна предусматриваться возможность исключения процедуры рефазирования.

3.8.2 После перехода в состояние "рефазирование" ведущая станция сразу начинает процедуру рефазирования. Эта процедура такая же, как и процедура фазирования; однако в случае 7-сигнального опознавателя вызова вместо "контрольного сигнала 4" рефазирующая ведомая станция передаст "контрольный сигнал 5" после приема соответствующего "сигнала вызова", переданного рефазирующей ведущей станцией.

3.8.3 Если "контрольный сигнал 5" принимается ведущей станцией, то происходит автоматическое опознавание так, как это изложено в § 3.6. Однако после приема "блока окончания опознавания", содержащего три "сигнала повторения":

3.8.3.1 Если в момент прерывания ведомая станция находилась в состоянии IRS, то она передает:

– "контрольный сигнал 1", если последним перед прерыванием правильно принятым блоком был "информационный блок 2"; либо

– "контрольный сигнал 2", если последним перед прерыванием правильно принятым блоком был "информационный блок 1".

3.8.3.2 Если в момент прерывания ведомая станция находилась в состоянии ISS, то она передает "контрольный сигнал 3" для начала перехода в состояние IRS. После окончания смены направления, т. е. после правильного приема ведущей станцией блока, содержащего три "сигнала повторения", ведущая станция передает:

– "контрольный сигнал 1", если последним перед прерыванием правильно принятым блоком был "информационный блок 2"; либо

– "контрольный сигнал 2", если последним перед прерыванием правильно принятым блоком был "информационный блок 1".

3.8.4 Получив "контрольный сигнал 4" во время процедуры рефазирования, ведущая станция передает один "блок окончания связи", содержащий три "холостых сигнала α", после чего она продолжает попытку рефазирования.

3.8.5 Получив каждый блок опознавания, ведомая станция сравнивает принятые сигналы опознавания с ранее введенным в память опознавателем ведущей станции и:

– если сигналы совпадают, то ведомая станция продолжает работу процедурой передачи соответствующего сигнала контрольной суммы;

– если сигналы не совпадают, то ведомая станция начинает процедуру "окончания связи" согласно § 3.7.14 и остается в состоянии "рефазирование".

3.8.6 Получив блок, содержащий три "холостых сигнала α", ведомая станция передает один "контрольный сигнал 1" и остается в состоянии "рефазирование".

3.8.7 В случае 4-сигнального опознавателя вызова ведущая станция в состоянии рефазирования:

– получив два последовательных сигнала "контрольный сигнал 1" или "контрольный сигнал 2", сразу возобновляет передачу информации, если ведомая станция была в состоянии IRS, либо начинает процедуру смены направления согласно § 3.7.11.1, если ведомая станция была в состоянии ISS;

– получив два последовательных "контрольных сигнала 3", сразу приступает к процедуре смены направления согласно § 3.7.11.4, если ведомая станция была в состоянии ISS.

3.8.8 В случае 4-сигнального опознавателя вызова ведомая станция, получив соответствующий "сигнал вызова", передает:

– если во время прерывания ведомая станция была в состоянии IRS:

  – "контрольный сигнал 1", если она перед появлением прерывания правильно приняла "информационный блок 2"; либо

  – "контрольный сигнал 2", если она перед появлением прерывания правильно приняла "информационный блок 1";

– если во время прерывания ведомая станция была в состоянии ISS, "контрольный сигнал 3" для начала перехода в состояние ISS.

3.8.9 Если рефазирование не завершается за интервал прерывания связи, состоящий из 32 циклов, то обе станции переходят в состояние "готовность" и никаких попыток рефазирования больше не предпринимается.

3.9 Сводный перечень служебных блоков и служебных информационных сигналов

3.9.1 Служебные блоки

$X_1 – RQ – X_2$: "Блок вызова 1", содержащий 1-й и 2-й сигналы опознавания.

$X_3 – X_4 – RQ$: "Блок вызова 2" при 4-сигнальном опознавателе вызова, содержащий 3-й и 4-й сигналы опознавания.

$RQ – X_3 – X_4$: "Блок вызова 2" при 7-сигнальном опознавателе вызова, содержащий 3-й и 4-й сигналы опознавания.

$X_5 – X_6 – X_7$: "Блок вызова 3" при 7-сигнальном опознавателе вызова, содержащий 5-й, 6-й и 7-й сигналы опознавания.

$Y_1 – \alpha – Y_2$: "Блок опознавания 1", содержащий 1-й и 2-й сигналы самоопознавания и запрос 1-го сигнала контрольной суммы.

$\alpha – Y_3 – Y_4$: "Блок опознавания 2", содержащий 3-й и 4-й сигналы самоопознавания и запрос 2-го сигнала контрольной суммы.

$Y_5 – Y_6 – Y_7$: "Блок опознавания 3", содержащий 5-й, 6-й и 7-й сигналы самоопознавания и запрос 3-го сигнала контрольной суммы.

RQ – RQ – RQ: Если появляется в процедуре автоматического опознавания, то указывает на окончание этой процедуры и является запросом соответствующего контрольного сигнала.

При обмене информацией указывает на запрос повторения последнего контрольного сигнала или является ответом на $\beta – \alpha – \beta$ при процедуре смены направления.

$\beta – \alpha – \beta$: Блок смены направления передачи трафика.

$\alpha – \alpha – \alpha$: Блок начала процедуры окончания связи.

3.9.2 Служебные информационные сигналы

CS1: Запрос "информационного блока 1" или указание о том, что "сигнал вызова" принят правильно во время фазирования/рефазирования (только в случае 4-сигнального опознавателя вызова).

CS2: Запрос "информационного блока 2".

CS3: IRS запрашивает смену направления передачи трафика.

CS4: "Сигнал вызова" правильно принят во время фазирования.

CS5: "Сигнал вызова" правильно принят во время рефазирования.

RQ: Запрос повторной передачи последнего блока опознавания или информационного блока, либо ответ на $\beta – \alpha – \beta$ в процедуре смены направления.

4 Характеристики, режим B (FEC)

4.1 Общие положения

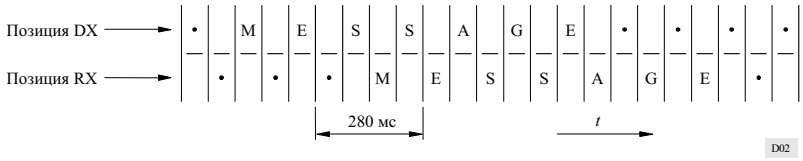
Система работает в синхронном режиме, передавая непрерывный поток сигналов от станции, передающей в циркулярном режиме B (CBSS), к нескольким станциям, принимающим в циркулярном режиме B (CBRS), или от станции, передающей в избирательном режиме B (SBSS), к одной или большему числу избранных станций, принимающих в избирательном режиме B (SBRS).

4.2 Передающая станция (CBSS и SBSS)

Передающая станция как в циркулярном, так и в избирательном режиме B передает каждый сигнал дважды: за первой передачей (DX) конкретного сигнала следует передача четырех других сигналов, после чего повторно передается (RX) первый сигнал, позволяя вести прием с временным разнесением (см. рисунок 2) с интервалом времени 280 мс (4×70 мс).

РИСУНОК 2

Передача с временным разнесением



4.3 Приемная станция (CBRS и SBRS)

Приемная станция как в циркулярном, так и в избирательном режиме B проверяет оба сигнала (DX и RX) и использует неискаженный сигнал. Если оба сигнала не искажены, но различны, то оба сигнала должны рассматриваться как искаженные.

4.4 Процедура фазирования

4.4.1 Когда канал не установлен, обе станции находятся в состоянии "готовность"; ни одной из станций не присваивается состояние передающей или приемной.

4.4.2 Станция, которой необходимо передавать информацию, становится передающей станцией и поочередно передает "фазирующий сигнал 2" и "фазирующий сигнал 1", причем "фазирующий сигнал 2" передается на позиции DX, а "фазирующий сигнал 1" – на позиции RX. Должно быть передано не менее 16 таких сигнальных пар.

4.4.3 Получив последовательность сигналов "фазирующий сигнал 1" – "фазирующий сигнал 2" или последовательность сигналов "фазирующий сигнал 2" – "фазирующий сигнал 1", в которой "фазирующий сигнал 2" определяет позицию DX, а "фазирующий сигнал 1" определяет позицию RX, и как минимум еще два последующих фазирующих сигнала на соответствующих позициях, станция переходит в состояние CBRS и выдает непрерывную стоповую полярность на линейный выход к оконечному аппарату до приема информационного сигнала трафика "←" (комбинация № 27) или "≡" (комбинация № 28).

4.5 Процедура избирательного вызова (избирательный режим B)

4.5.1 Передав требуемое количество фазирующих сигналов, SBSS передает "сигнал вызова", состоящий из шести передач последовательности, каждая из которых состоит из сигналов опознавания избранной станции и передаваемого затем "холостого сигнала β". Эта передача осуществляется с временным разнесением согласно § 4.2.

4.5.2 SBSS передает "сигнал вызова" и все последующие информационные сигналы с соотношением 3B/4Y, т. е. инвертированно по сравнению с информационными сигналами из таблиц 1 и 2 и с сигналами опознавания из таблицы 3a.

4.5.3 "Сигнал вызова" содержит, смотря по обстоятельствам, четыре или семь сигналов опознавания. Сигналы опознавания перечислены в таблице 3a. Структура таких "сигналов вызова" должна соответствовать Рекомендации МСЭ-R M.491.

4.5.4 CBRS после неискаженного приема одной полной сигнальной последовательности, содержащей ее инвертированные сигналы опознавания, переходит в состояние SBRS и продолжает выдавать стоповую полярность на линейный выход оконечного аппарата до приема информационного сигнала "←" (комбинация № 27) или "≡" (комбинация № 28).

4.5.5 Станция в состоянии SBRS принимает последующие информационные сигналы, получаемые с соотношением 3B/4Y, а все другие станции переходят в состояние "готовность".

4.6 Обмен информацией

4.6.1 Непосредственно перед передачей первых сигналов информации передающая станция передает информационные сигналы "←" (комбинация № 27) или "≡" (комбинация № 28), а затем начинает передачу информации.

4.6.2 CBSS во время прерывания потока информации передает "фазирующий сигнал 1" и "фазирующий сигнал 2" на позициях RX и DX, соответственно. Как минимум одна последовательность из четырех следующих подряд пар фазирующих сигналов должна появляться в каждых 100 сигналах, передаваемых на позиции DX во время обмена информацией.

4.6.3 SBSS при перерывах в потоке информации передает "холостые сигналы β".

4.6.4 Получив любую из комбинаций информационного сигнала "←" (комбинация № 27) или "≡" (комбинация № 28), приемная станция начинает печатать принятые информационные сигналы.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Термин "печать" используется в § 4.6.4 и 4.6.5 для обозначения передачи сигналов информации на выходное устройство.

4.6.5 Приемная станция проверяет оба сигнала, принятых на позициях DX и RX, и печатает:

– неискаженный сигнал DX или RX; либо

– пробел "Δ" (комбинацию № 31) или, в качестве альтернативы, "знак ошибки" (который подлежит определению пользователем), если оба сигнала DX и RX искажены, либо не искажены, но различны.

4.6.6 Приемная станция переходит в состояние "готовность", если за заданный интервал времени процент сигналов, принятых с искажениями, достигнет заранее согласованного значения.

4.6.7 Окончание передачи

4.6.7.1 Станция, передающая в режиме B (CBSS или SBSS), должна завершить передачу сразу после последних переданных информационных сигналов путем передачи как минимум в течение 2 с последовательных "холостых сигналов α", после чего станция переходит в состояние "готовность".

4.6.7.2 Приемная станция переходит в состояние "готовность" не менее чем через 210 мс после приема не менее двух последовательных "холостых сигналов α" на позиции DX.

РИСУНОК 3

Процедура рефазирования с автоматическим опознаванием в случае 7-сигнального опознавателя вызова (режим A)

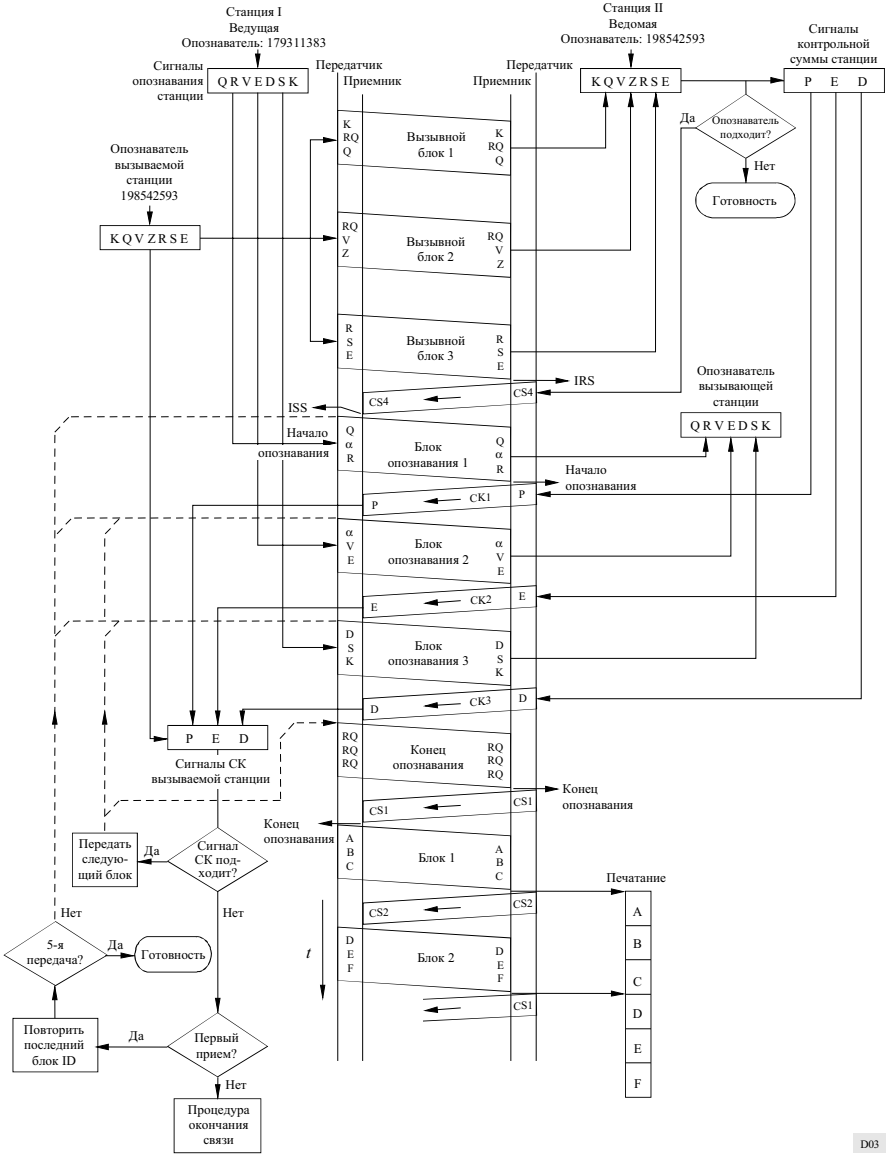


РИСУНОК 4

Процедура рефазирования с автоматическим опознаванием в случае 7-сигнального опознавателя вызова (станция II была ISS)

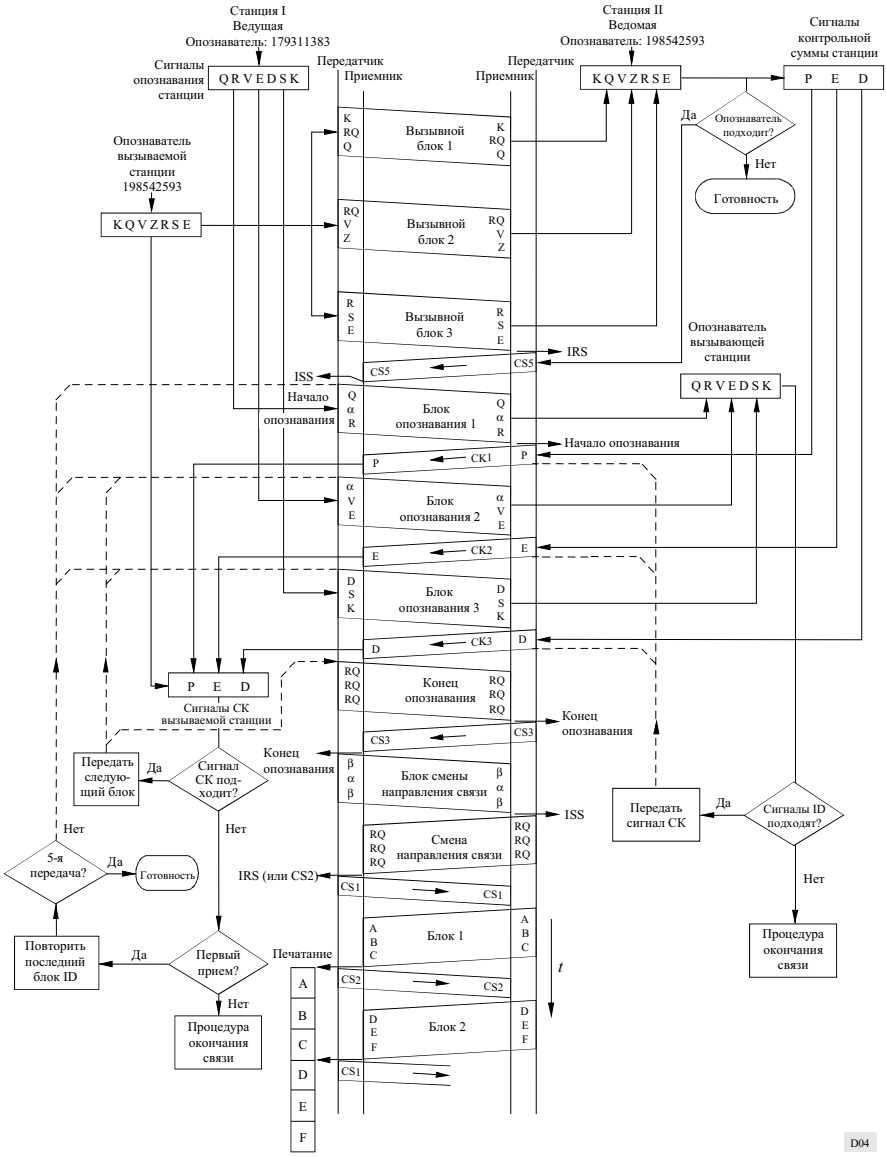


РИСУНОК 5

Обмен информацией с процедурой смены направления и с окончанием связи

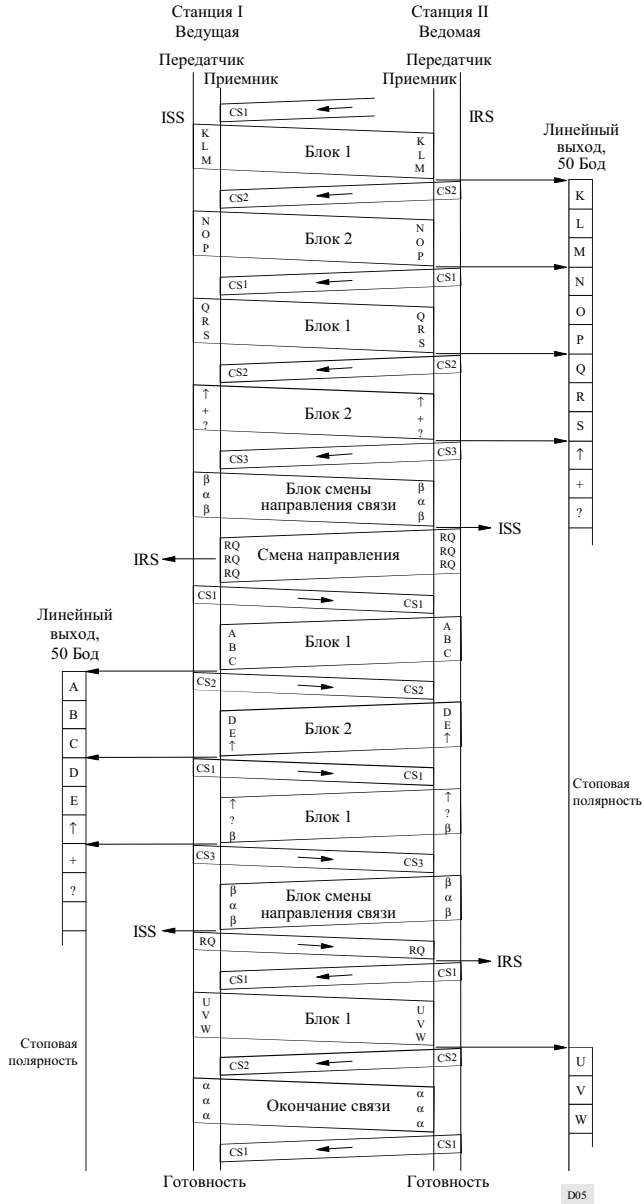


РИСУНОК 6

Процедура фазирования с автоматическим опознаванием при искаженном приеме в случае 7-сигнального опознавателя вызова

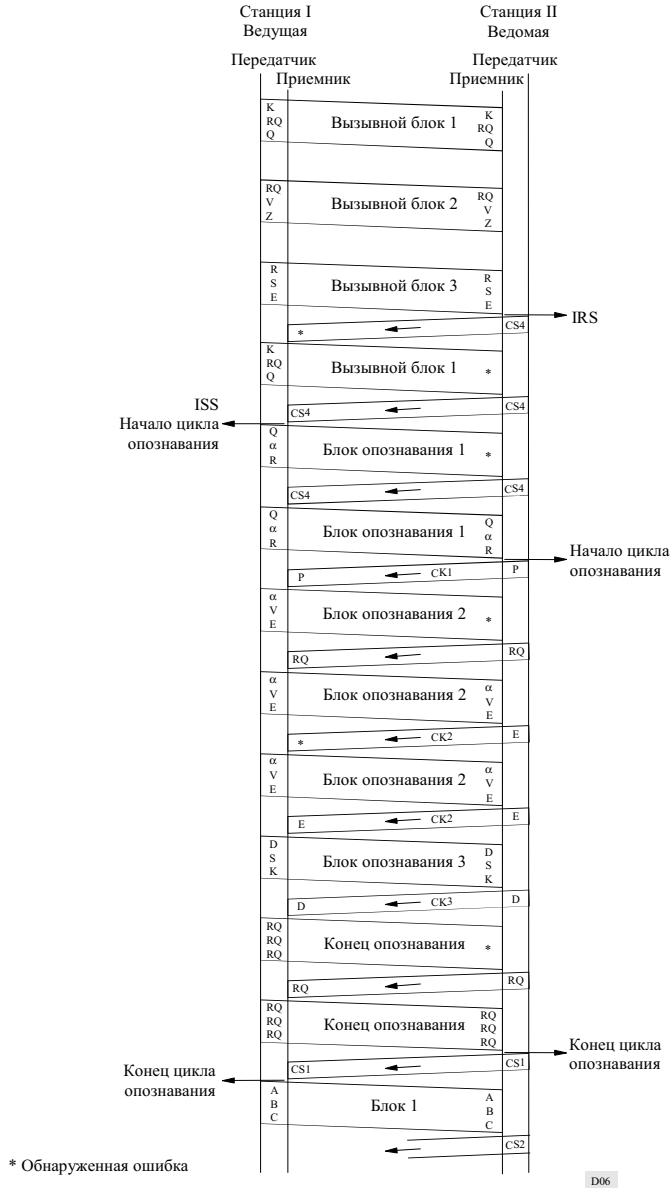


РИСУНОК 7

Обмен информацией при искаженном приеме

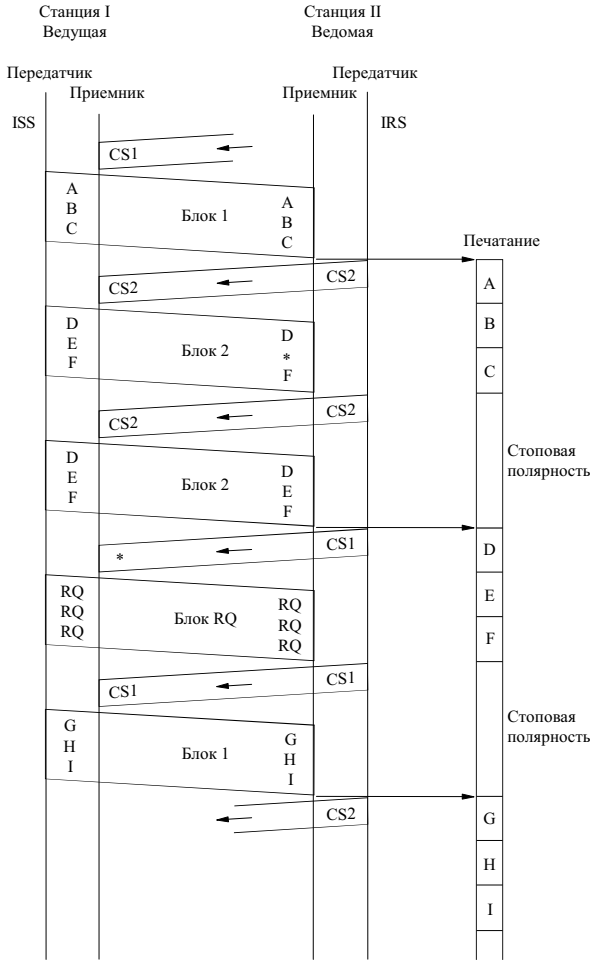
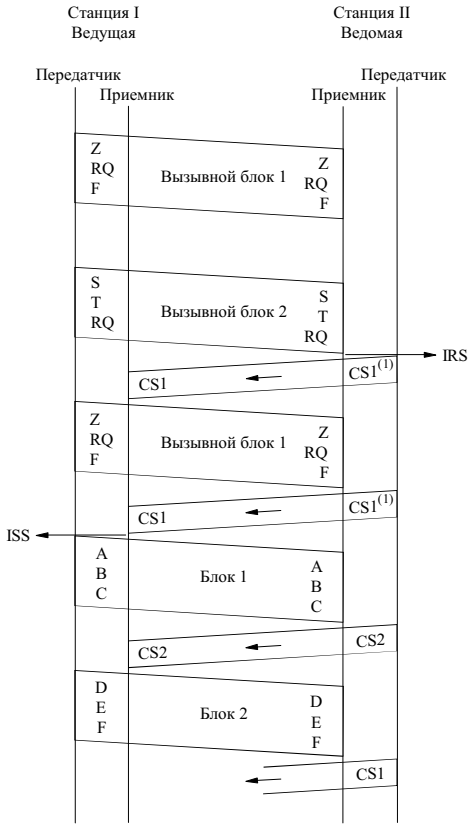


РИСУНОК 8

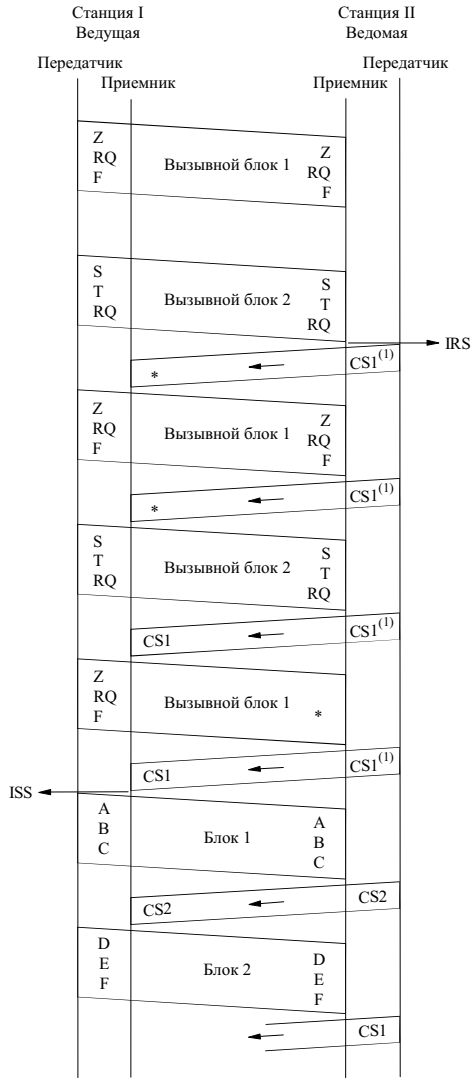
Процедура фазирования в случае 4-сигнального опознавателя вызова



(1) В некоторых устройствах, изготовленных согласно Рекомендации МСЭ-R M.476, это может быть CS2.

РИСУНОК 9

Процедура фазирования при искаженном приеме в случае 4-сигнального опознавателя вызова



* Обнаруженная ошибка

(1) В некоторых устройствах, изготовленных согласно Рекомендации МСЭ-R M.476, это может быть CS2.

D09

РИСУНОК 10

Работа в циркулярном режиме B

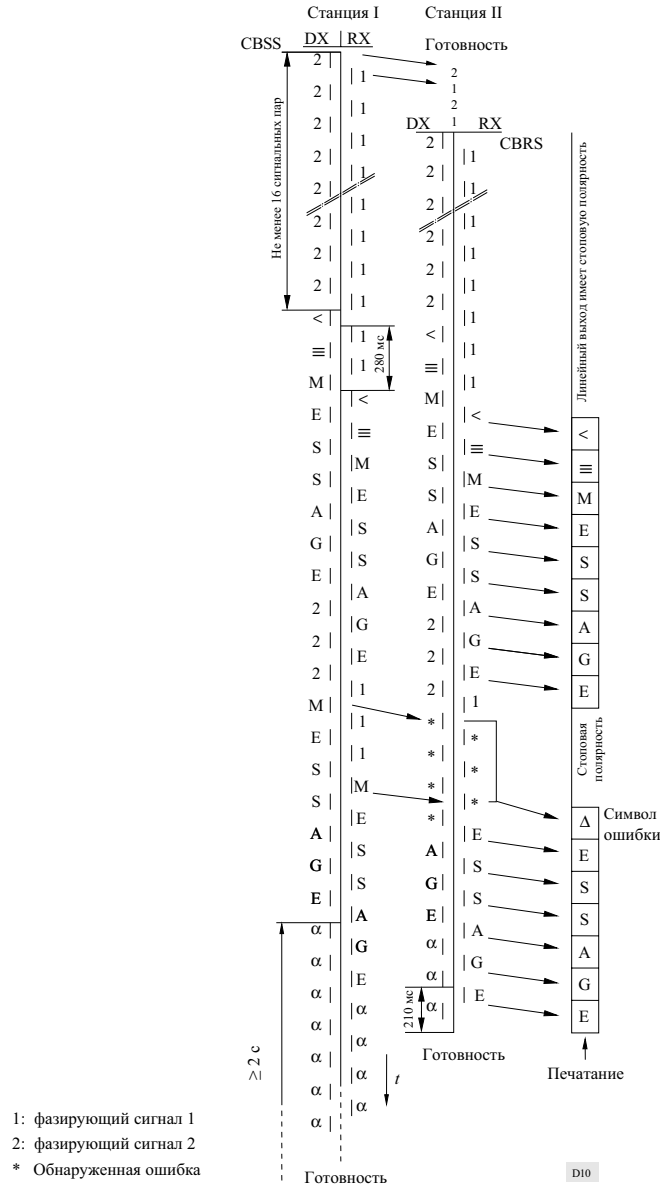
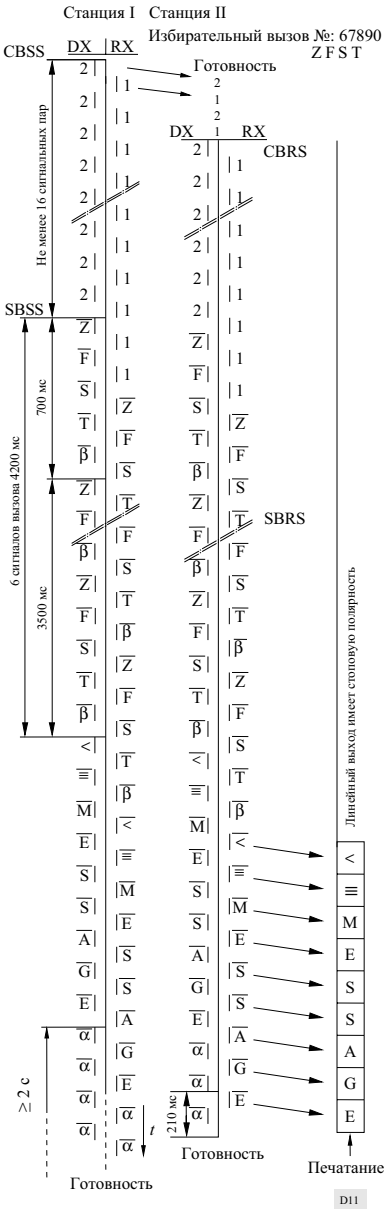


РИСУНОК 11

Работа в избирательном режиме B в случае 4-сигнального опознавателя вызова



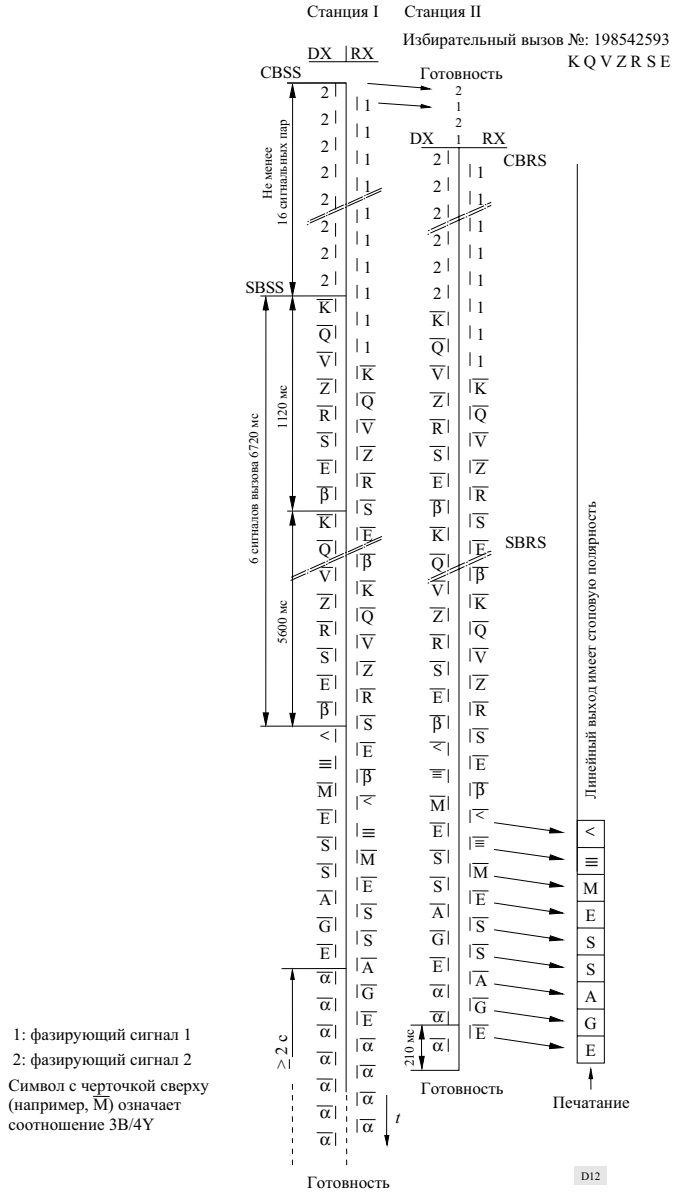
1: фазирующий сигнал 1

2: фазирующий сигнал 2

Символ с черточкой сверху (например, $\overline{M}$) означает соотношение 3B/4Y

РИСУНОК 12

Работа в избирательной режиме B в случае 7-сигнального опознавателя вызова



ДОБАВЛЕНИЯ К ПРИЛОЖЕНИЮ 1

ДОБАВЛЕНИЕ 1

Диаграммы ЯСО (режим А)

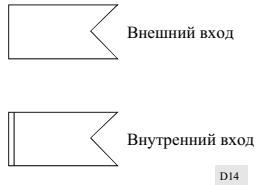
1 Общие положения

В Рекомендации МСЭ-Т Z.100 описывается язык спецификаций и описания системы (ЯСО).

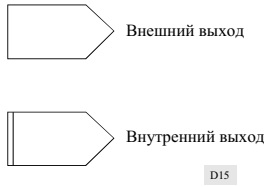
Использованы следующие графические символы*:



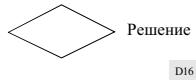
– "Состояние" – это условие, при котором действие процесса приостанавливается в ожидании входа.



– "Вход" – это входной сигнал, который распознается процессом.



– "Выход" – это действие, создающее сигнал, который, в свою очередь действует как входной сигнал где-нибудь в другом месте.



---

* *Примечание Секретариата*:

"Соединитель" представлен следующим графическим символом:

$$\textcircled{n}_{x\text{-}y\,(z)}\,,$$

где

n: номер соединителя
x: номер листа
y: номер Добавления (опускается, если встречается в одном и том же Добавлении)
z: сколько раз встречается

– "Решение" – это действие, задающее вопрос, ответ на который может быть получен в тот же момент, и выбирающее один из нескольких путей продолжения последовательности действия.



– "Задача" – это любое действие, которое не является ни решением, ни выходом.

2 Процедура фазирования с автоматическим опознаванием в случае 7-сигнального опознавателя вызова (вызывающая станция)

2.1 Диаграммы ЯСО приводятся в Добавлении 2.

2.2 На диаграммах используются следующие супервизорные счетчики:

Счетчик	Прерывание	Состояние	Лист
n_0	128 циклов	02, 03, 04	1
n_1	128 циклов	00	1
n_2	32 цикла	05, 06, 07, 08	2, 3

3 Процедура рефазирования с автоматическим опознаванием в случае 4-сигнального опознавателя вызова (вызывающая станция)

3.1 Диаграммы ЯСО приводятся в Добавлении 3.

3.2 На диаграммах используются следующие супервизорные счетчики:

Счетчик	Прерывание	Состояние	Лист
n_5	32 цикла	00, 02, 03, 04	1
		05, 06, 07, 08	2, 3
n_1	128 циклов		1
n_2	32 цикла	05, 06, 07, 08	2, 3

4 Процедура фазирования без автоматического опознавания в случае 4-сигнального опознавателя вызова (вызывающая станция)

4.1 Диаграммы ЯСО приводятся в Добавлении 4.

4.2 На диаграммах используются следующие супервизорные счетчики:

Счетчик	Прерывание	Состояние	Лист
n_0	128 циклов	02, 03	1
n_1	128 циклов	00	1

5 Процедура рефазирования без автоматического опознавания в случае 4-сигнального опознавателя вызова (вызывающая станция)

5.1 Диаграммы ЯСО приводятся в Добавлении 5.

5.2 На диаграммах используются следующие супервизорные счетчики:

Счетчик	Прерывание	Состояние	Лист
n_5	32 цикла	00, 02, 03	1
n_1	128 циклов		1

6 Процедура фазирования с автоматическим опознаванием в случае 7-сигнального опознавателя вызова (вызываемая станция)

6.1 Диаграммы ЯСО приводятся в Добавлении 6.

6.2 На диаграммах используются следующие супервизорные счетчики:

Счетчик	Прерывание	Состояние	Лист
n_2	32 цикла	05, 06, 07, 08	2, 3

7 Процедура рефазирования с автоматическим опознаванием в случае 7-сигнального опознавателя вызова (вызываемая станция)

7.1 Диаграммы ЯСО приводятся в Добавлении 7.

7.2 На диаграммах используются следующие супервизорные счетчики:

Счетчик	Прерывание	Состояние	Лист
n_5	32 цикла	00, 01, 02, 03, 04	1
		05, 06, 07, 08	2, 3
n_2	32 цикла	05, 06, 07, 08	2, 3

8 Процедура фазирования без автоматического опознавания в случае 4-сигнального опознавателя вызова (вызываемая станция)

8.1 Диаграммы ЯСО приводятся в Добавлении 8.

9 Процедура рефазирования без автоматического опознавания в случае 4-сигнального опознавателя вызова (вызываемая станция)

9.1 Диаграммы ЯСО приводятся в Добавлении 9.

9.2 На диаграммах используются следующие супервизорные счетчики:

Счетчик	Прерывание	Состояние	Лист
n_5	32 цикла	00, 01, 03	1

10 Прохождение обмена в случае 4-сигнального опознавателя вызова и в случае 7-сигнального опознавателя вызова (станция находится в состоянии ISS)

10.1 Диаграммы ЯСО приводятся в Добавлении 10.

10.2 На диаграммах используются следующие супервизорные счетчики:

Счетчик	Прерывание	Состояние	Лист
n_3	32 цикла	09, 10, 13	1, 3
n_4	4 цикла	11, 12	2
n_1	128 циклов	12	2
n_5	32 цикла	11, 12, 13, 14	2, 3

11 Прохождение обмена в случае 4-сигнального опознавателя вызова и в случае 7-сигнального опознавателя вызова (станция находится в состоянии IRS)

11.1 Диаграммы ЯСО приводятся в Добавлении 11.

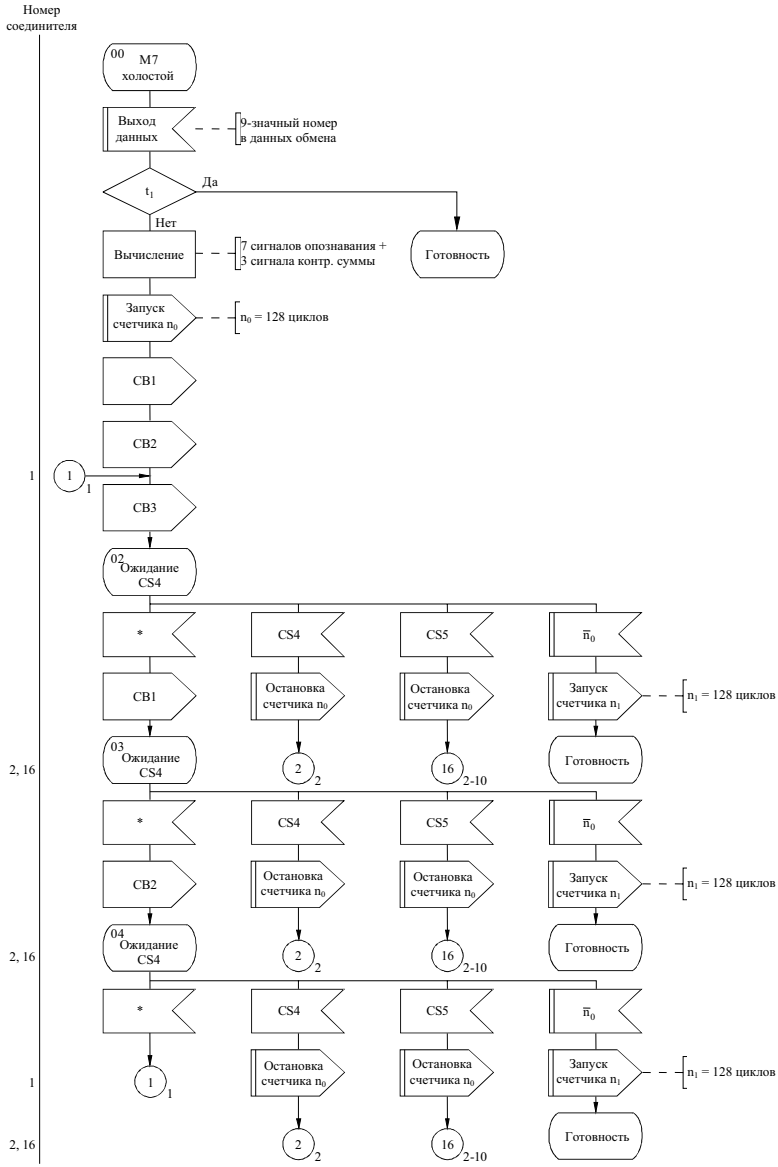
11.2 На диаграммах используются следующие супервизорные счетчики:

Счетчик	Прерывание	Состояние	Лист
n_3	32 цикла	09, 10, 11	1, 2
n_5	32 цикла	09, 10, 11, 12	1, 2

ДОБАВЛЕНИЕ 2

Процедура фазирования с автоматическим опознаванием в случае 7-сигнального опознавателя вызова (вызывающая станция)

Лист 1 (из 3)



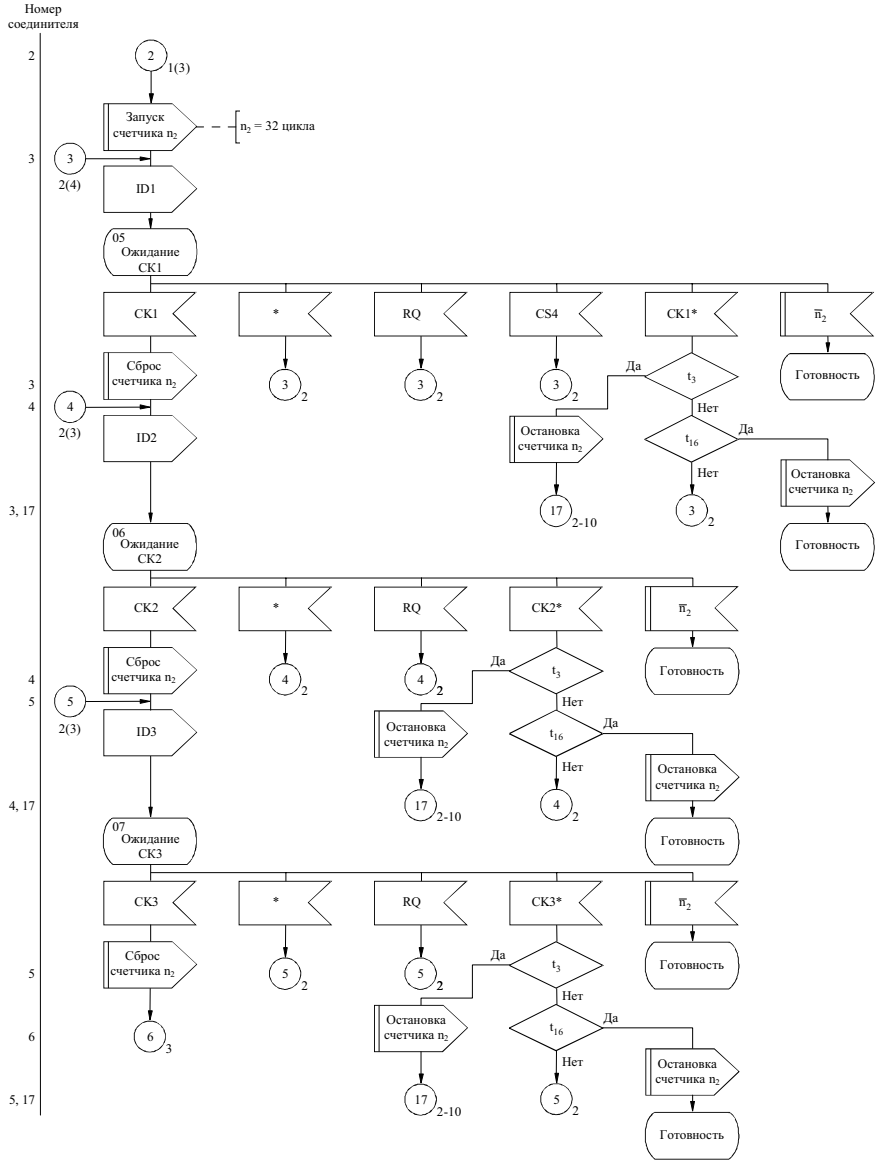
t_1: опознаватель вызова тот же, что и раньше, и $n_1 > 0$?

* Обнаружена ошибка, недействительный сигнал или вообще отсутствие сигнала

D18

ДОБАВЛЕНИЕ 2

Лист 2 (из 3)



t_{16} : четвертый прием неправильного сигнала контрольной суммы?

t_3 : тот же неправильный сигнал контрольной суммы, что и циклом раньше?

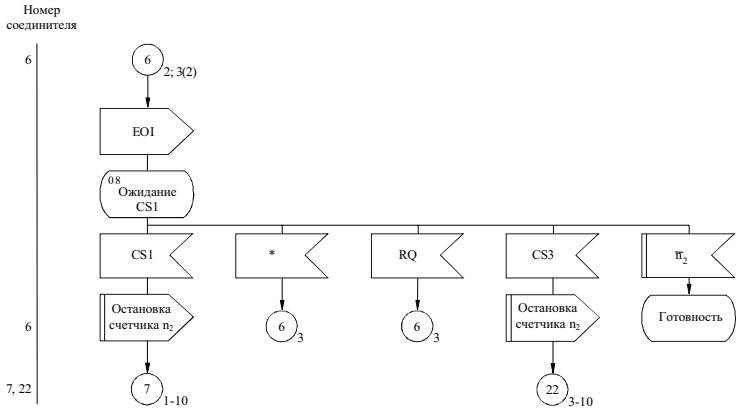
СКn* : неправильный сигнал контрольной суммы

* Обнаружена ошибка, недействительный сигнал или вообще отсутствие сигнала

D19

ДОБАВЛЕНИЕ 2

Лист 3 (из 3)

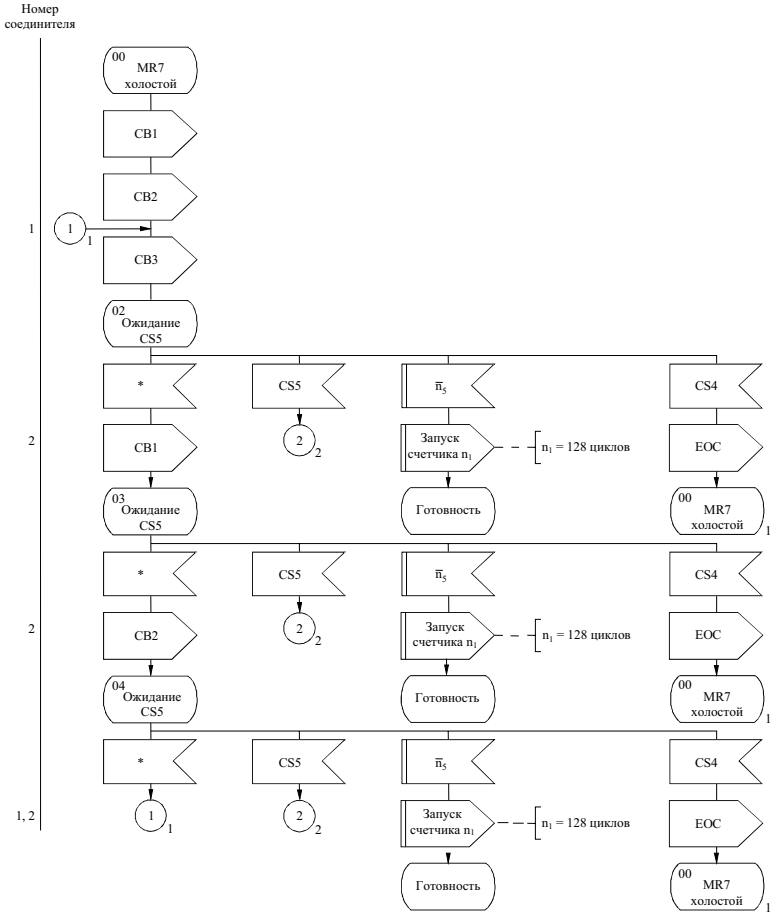


* Обнаружена ошибка, недействительный сигнал или вообще отсутствие сигнала D20

ДОБАВЛЕНИЕ 3

Процедура рефазирования с автоматическим опознаванием в случае 7-сигнального опознавателя вызова (вызывающая станция)

Лист 1 (из 3)

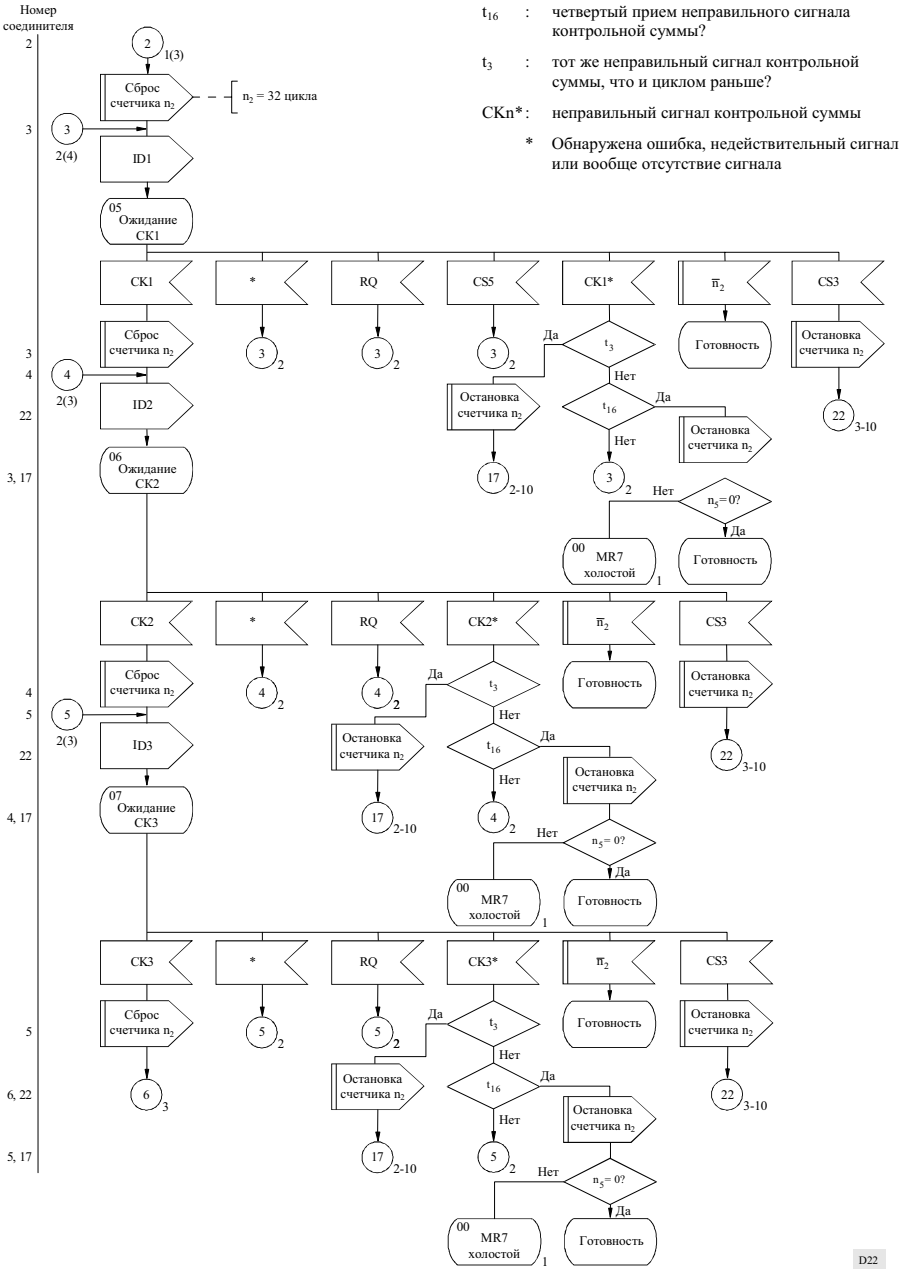


* Обнаружена ошибка, недействительный сигнал или вообще отсутствие сигнала

D21

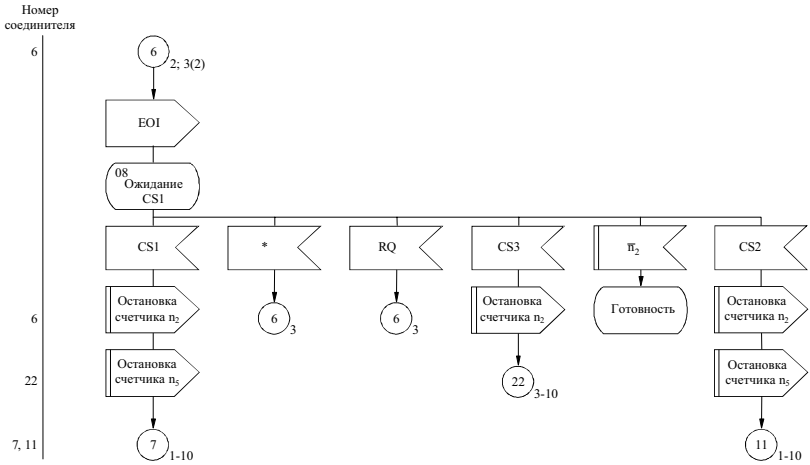
ДОБАВЛЕНИЕ 3

Лист 2 (из 3)



ДОБАВЛЕНИЕ 3

Лист 3 (из 3)

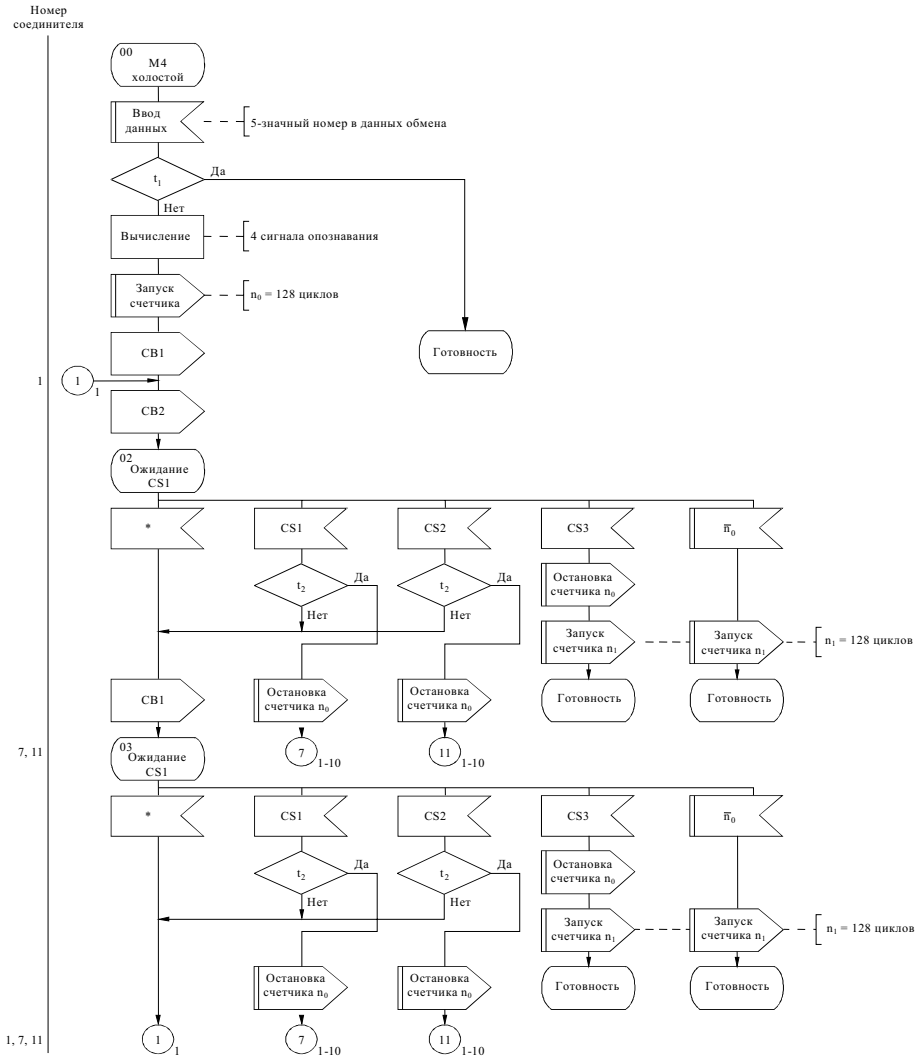


* Обнаружена ошибка, недействительный сигнал или вообще отсутствие сигнала

ДОБАВЛЕНИЕ 4

Процедура фазирования без автоматического опознавания в случае 4-сигнального опознавателя вызова (вызывающая станция)

Лист 1 (из 1)



t_1 : опознаватель вызова тот же, что и раньше, и $n_1 > 0$?

t_2 : контрольный сигнал тот же, что и циклом раньше?

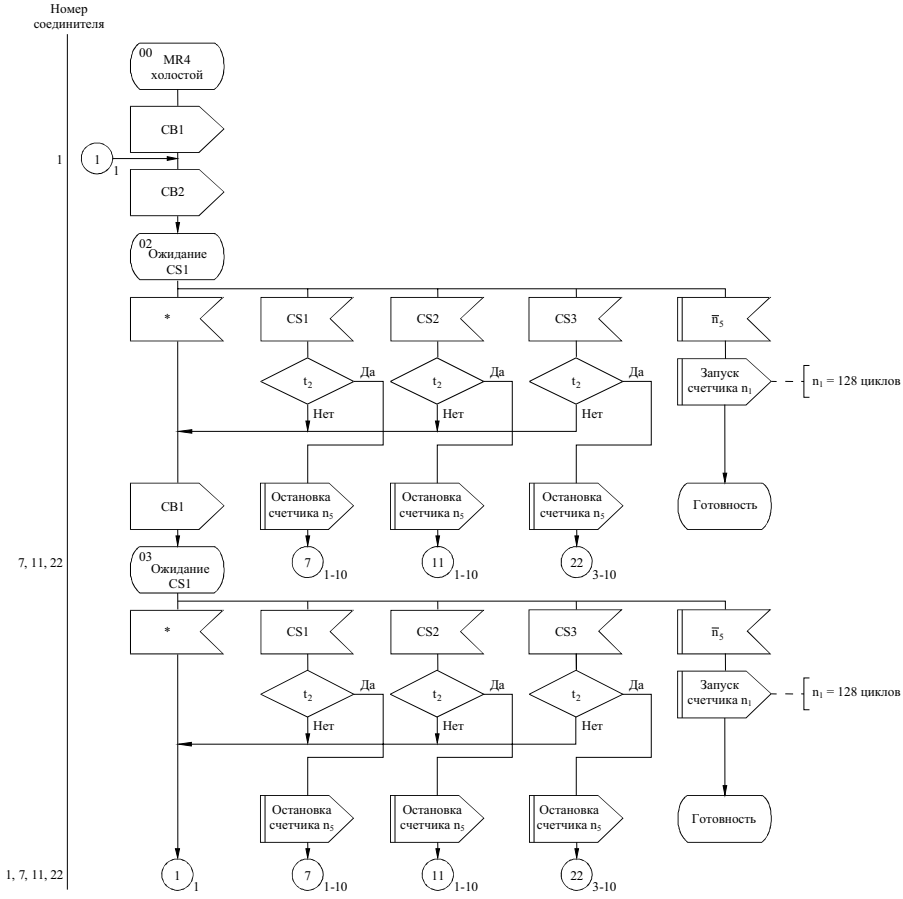
* Обнаружена ошибка, недействительный сигнал или вообще отсутствие сигнала

D24

ДОБАВЛЕНИЕ 5

Процедура рефазирования без автоматического опознавания в случае 4-сигнального опознавателя вызова (вызывающая станция)

Лист 1 (из 1)



t_2 : контрольный сигнал тот же, что и циклом раньше?

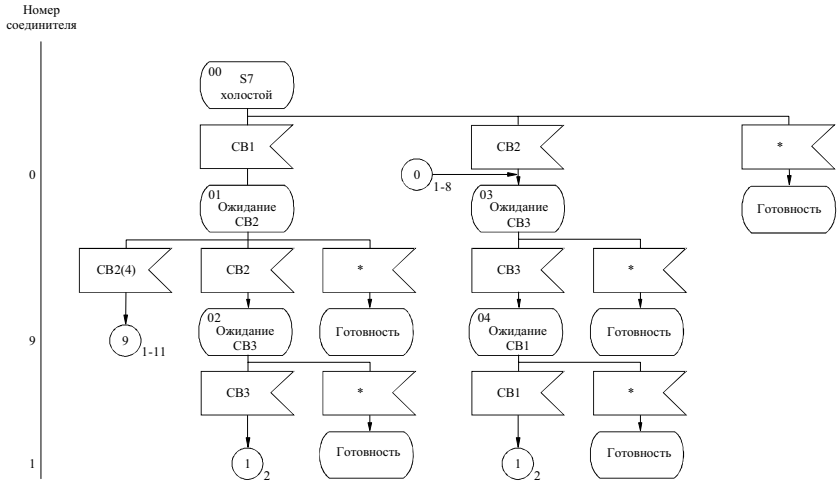
* Обнаружена ошибка, недействительный сигнал или вообще отсутствие сигнала

D25

ДОБАВЛЕНИЕ 6

Процедура фазирования с автоматическим опознаванием в случае 7-сигнального опознавателя вызова (вызываемая станция)

Лист 1 (из 3)

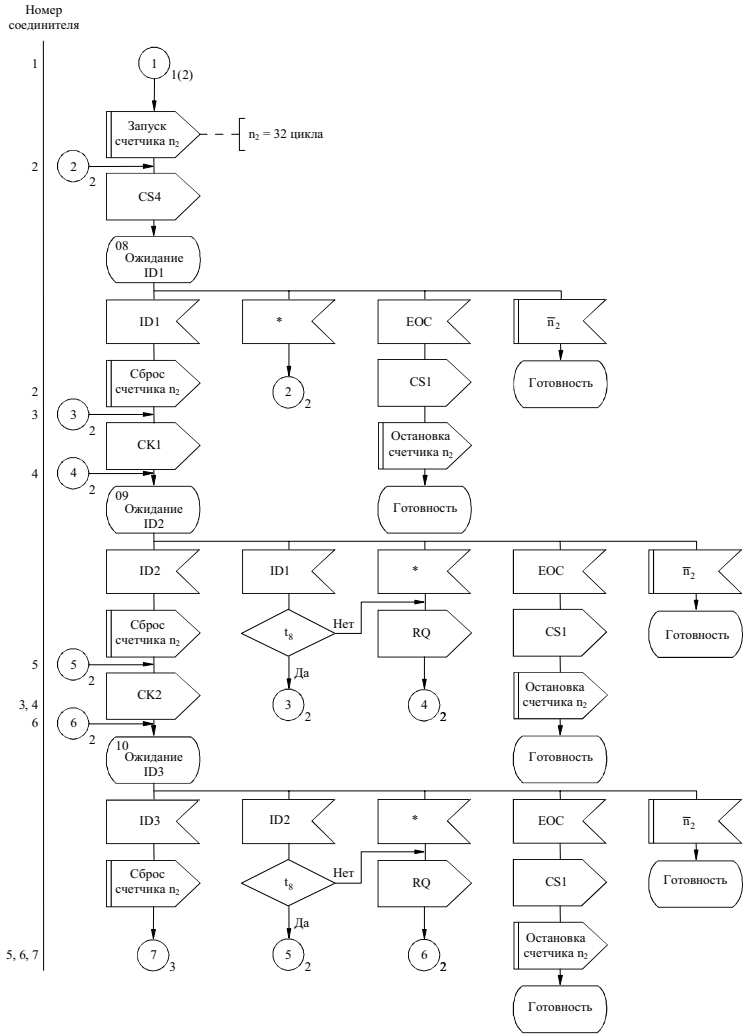


* Обнаружена ошибка, недействительный сигнал или вообще отсутствие сигнала

D26

ДОБАВЛЕНИЕ 6

Лист 2 (из 3)



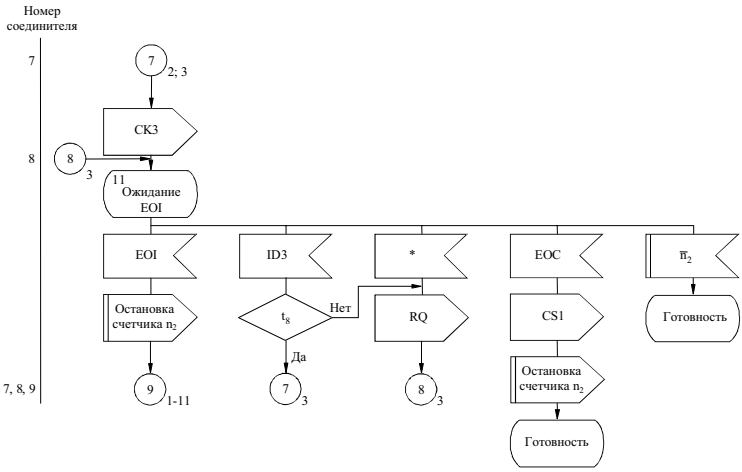
t_3 : блок опознавания тот же, что и циклом раньше?

* Обнаружена ошибка, недействительный сигнал или вообще отсутствие сигнала

D27

ДОБАВЛЕНИЕ 6

Лист 3 (из 3)



t_3 : блок опознавания тот же, что и циклом раньше?

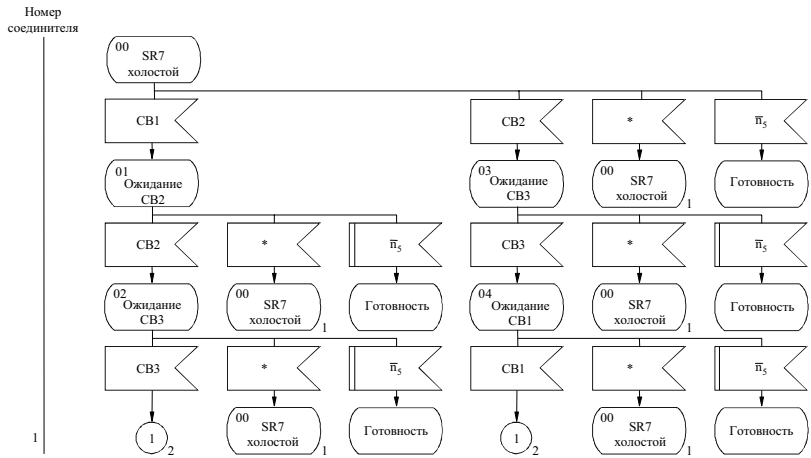
* Обнаружена ошибка, недействительный сигнал или вообще отсутствие сигнала

D28

ДОБАВЛЕНИЕ 7

Процедура рефазирования с автоматическим опознаванием в случае 7-сигнального опознавателя вызова (вызываемая станция)

Лист 1 (из 3)

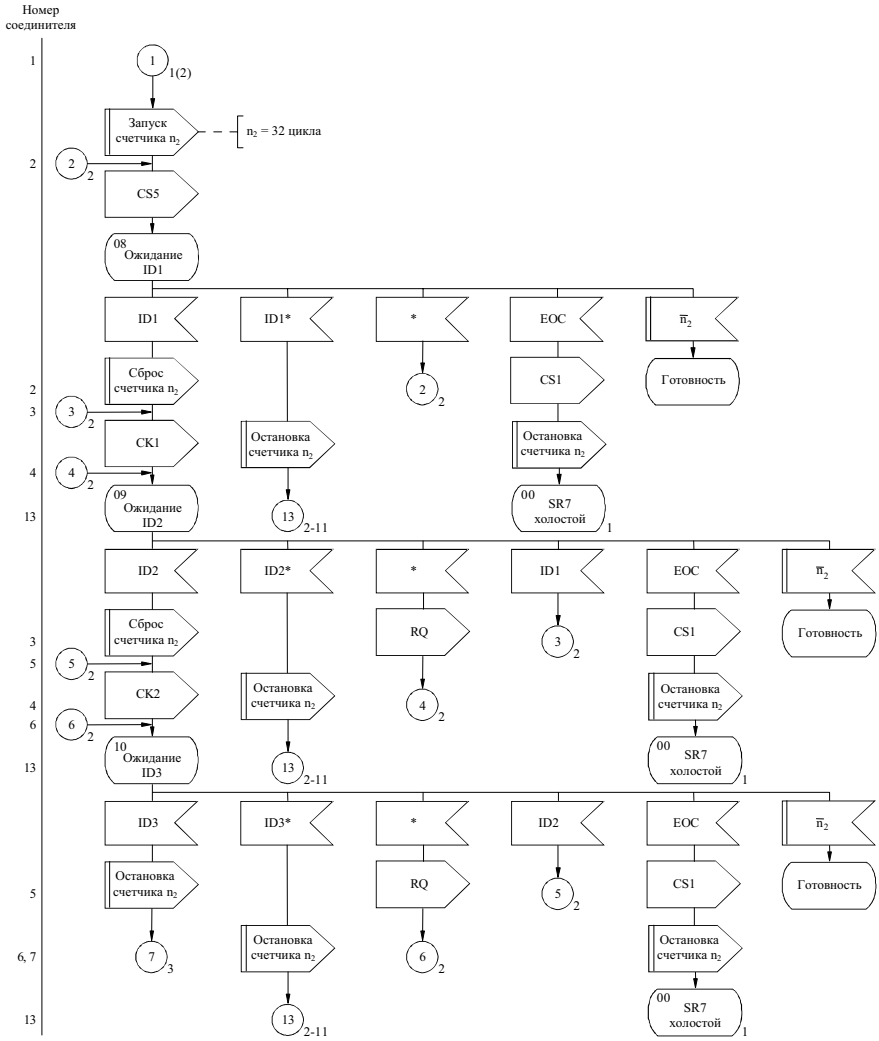


* Обнаружена ошибка, недействительный сигнал или вообще отсутствие сигнала

D29

ДОБАВЛЕНИЕ 7

Лист 2 (из 3)



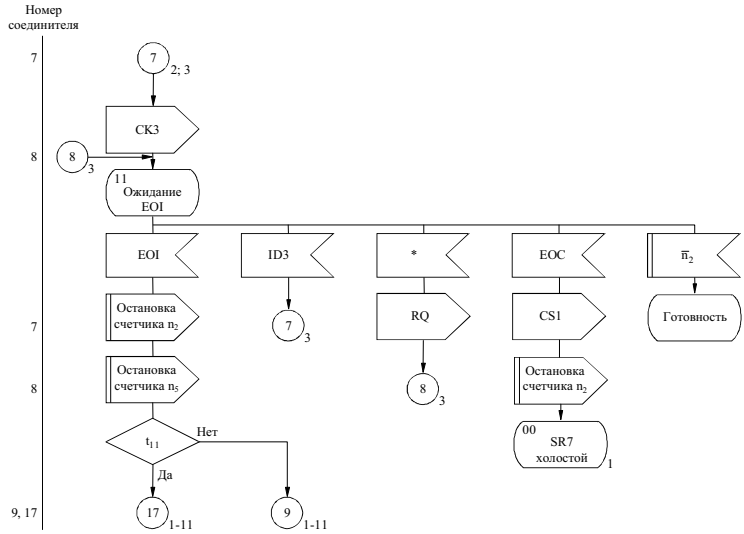
IDn*: неправильный(ые) сигнал(ы) опознавания

* Обнаружена ошибка, недействительный сигнал или вообще отсутствие сигнала

D30

ДОБАВЛЕНИЕ 7

Лист 3 (из 3)



t_{11} : последним принятым блоком в момент прерывания был блок 2?

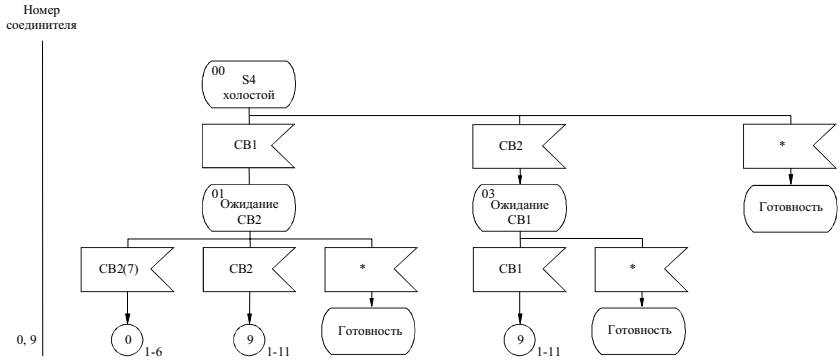
* Обнаружена ошибка, недействительный сигнал или вообще отсутствие сигнала

D31

ДОБАВЛЕНИЕ 8

Процедура фазирования без автоматического опознавания в случае 4-сигнального опознавателя вызова (вызываемая станция)

Лист 1 (из 1)



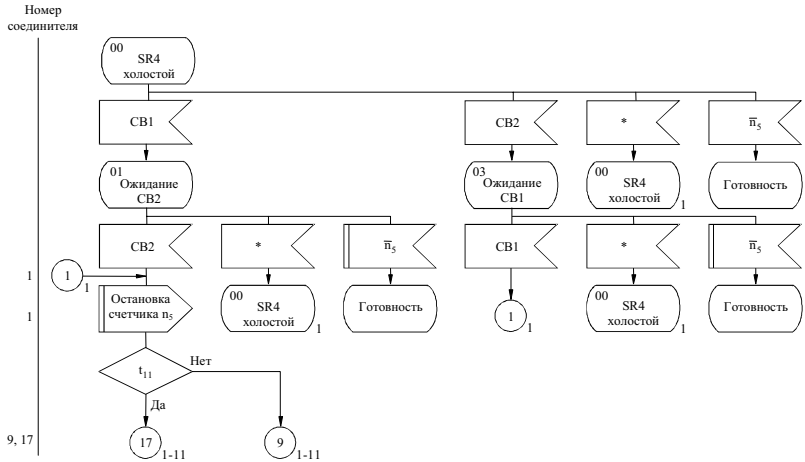
* Обнаружена ошибка, недействительный сигнал или вообще отсутствие сигнала

D32

ДОБАВЛЕНИЕ 9

Процедура рефазирования с автоматическим опознаванием в случае 4-сигнального опознавателя вызова (вызываемая станция)

Лист 1 (из 1)



t_{11} : последним принятым блоком в момент прерывания был блок 2?

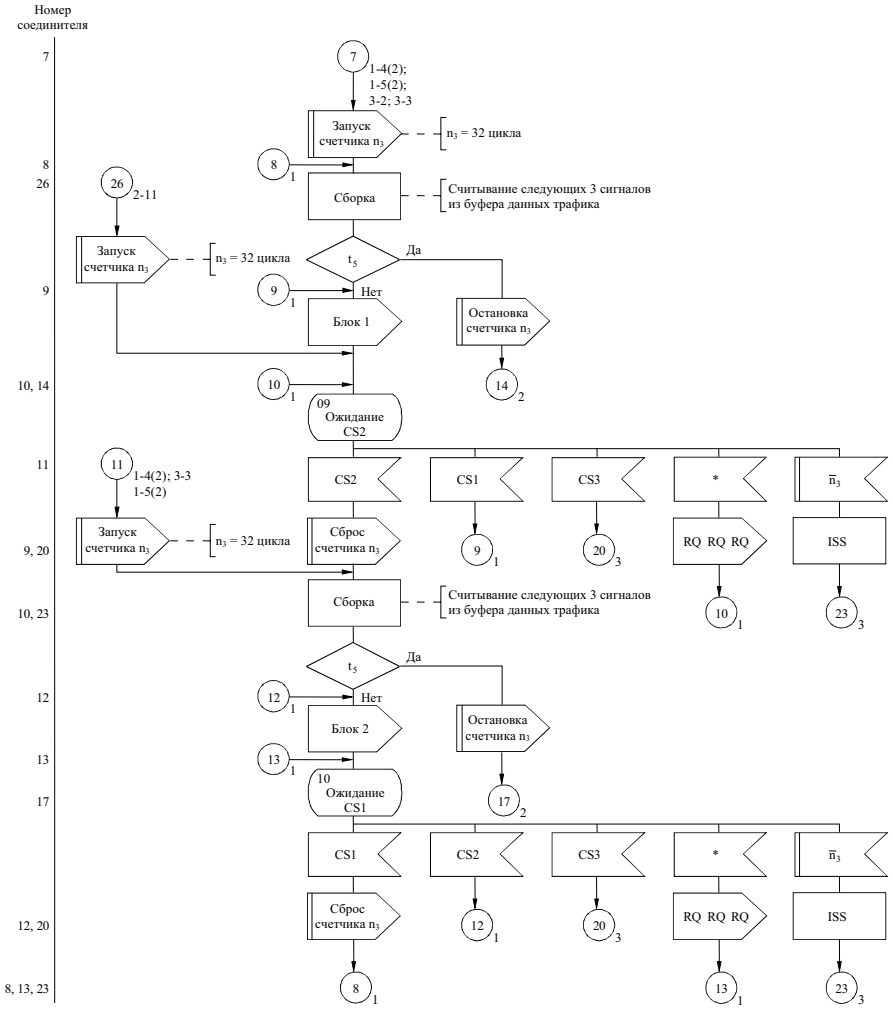
* Обнаружена ошибка, недействительный сигнал или вообще отсутствие сигнала

D33

ДОБАВЛЕНИЕ 10

Передача трафика в случаях 4-сигнального опознавателя вызова и 7-сигнального опознавателя вызова (станция в состоянии ISS)

Лист 1 (из 3)



t_5 : в блоке данных содержится сообщение "конец связи"?

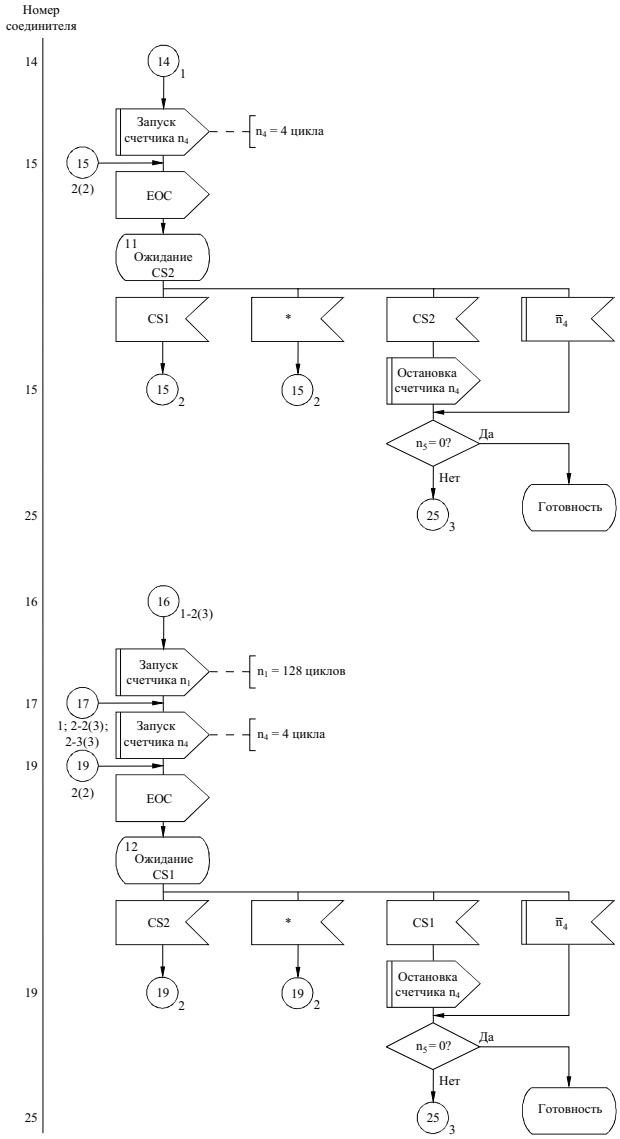
ISS : объявление: в момент прерывания станция находилась в состоянии ISS

* Обнаружена ошибка, недействительный сигнал или вообще отсутствие сигнала

D34

ДОБАВЛЕНИЕ 10

Лист 2 (из 3)

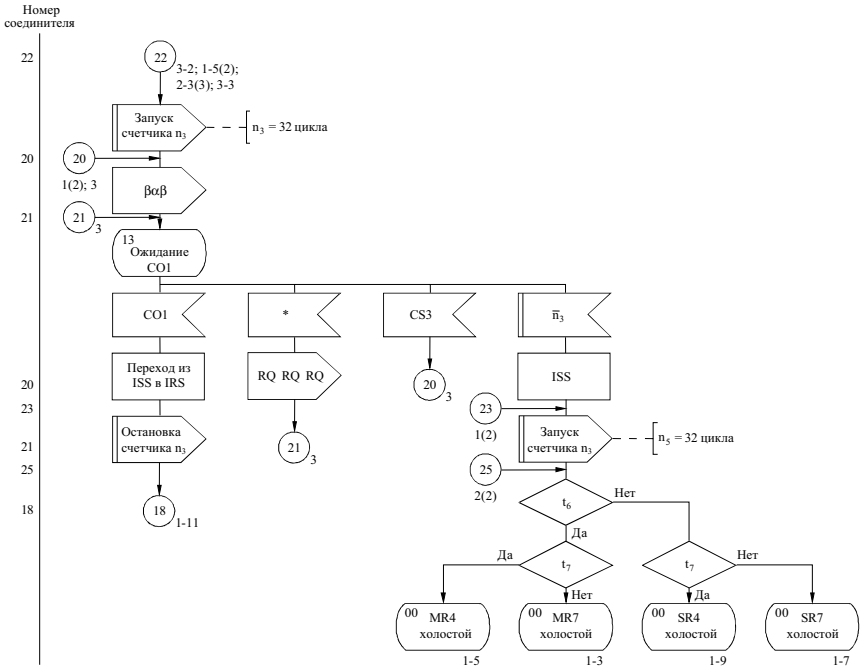


* Обнаружена ошибка, недействительный сигнал или вообще отсутствие сигнала

D35

ДОБАВЛЕНИЕ 10

Лист 3 (из 3)



t_6 : станция является ведущей?

t_7 : станция работает с 4-сигнальным опознавателем вызова?

ISS : объявление: в момент прерывания станция находилась в состоянии ISS

CO1 : если ISS является:

– ведущей, то "RQ RQ RQ"

– ведомой, то "RQ"

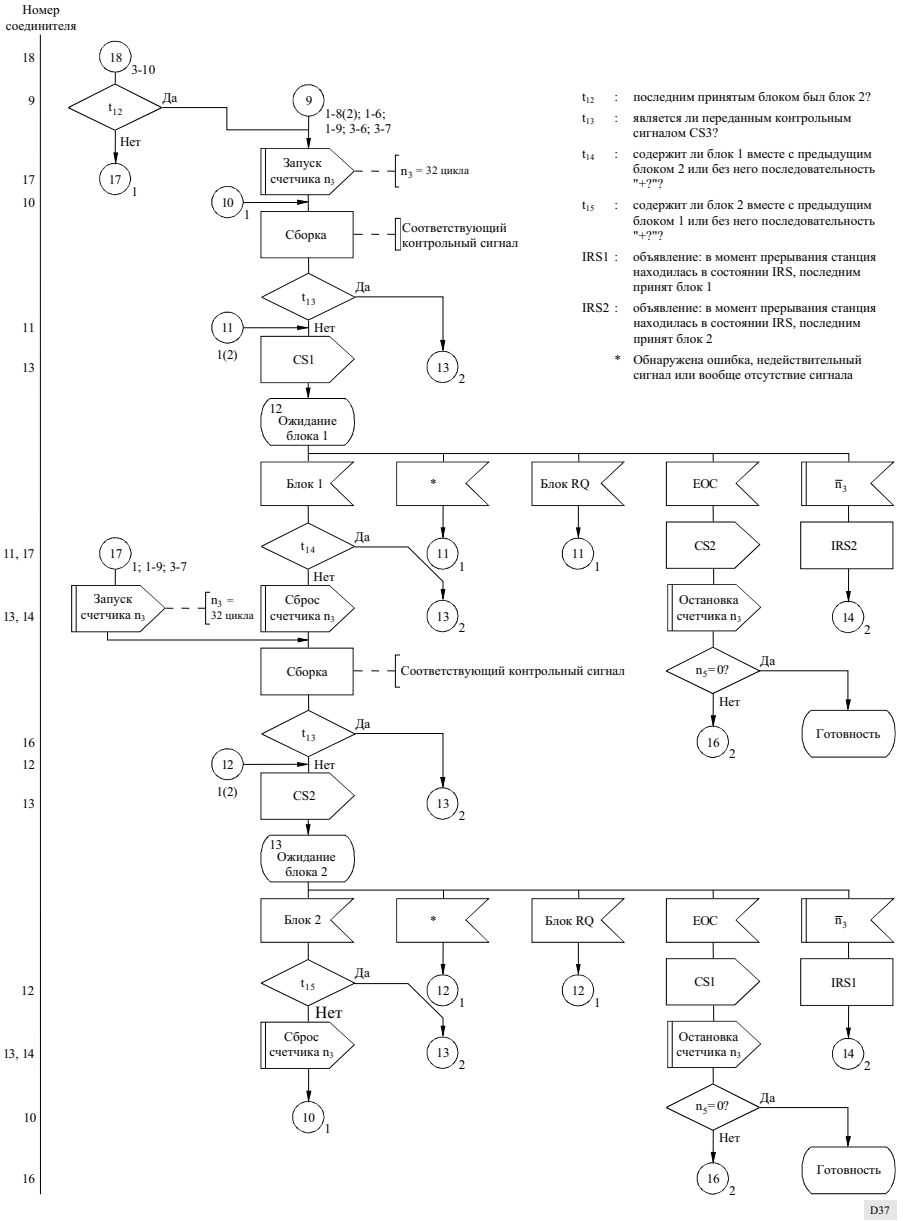
* Обнаружена ошибка, недействительный сигнал или вообще отсутствие сигнала

D36

ДОБАВЛЕНИЕ 11

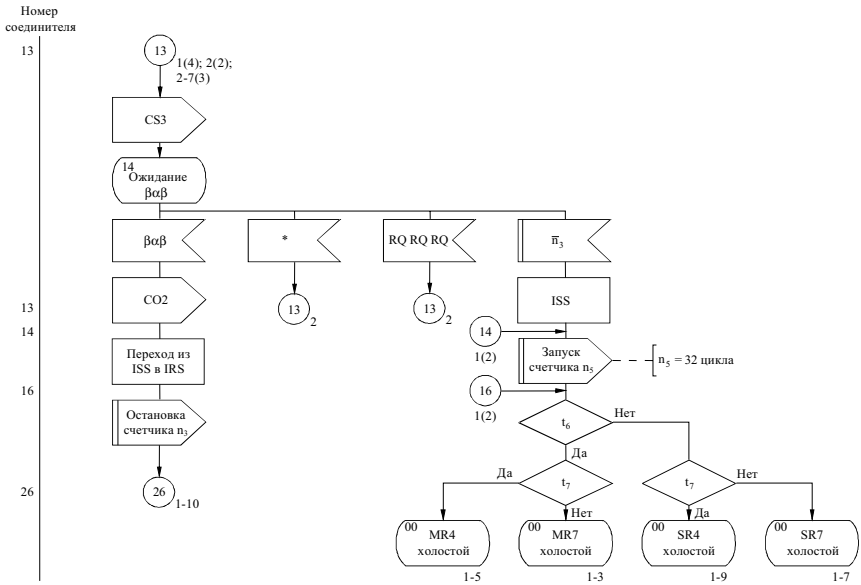
Прохождение трафика в случае 4-сигнального опознавателя вызова и в случае 7-сигнального опознавателя вызова (станция в состоянии IRS)

Лист 1 (из 2)



ДОБАВЛЕНИЕ 11

Лист 2 (из 2)



t_6 : станция является ведущей?

t_7 : станция работает с 4-сигнальным опознавателем вызова?

CO2: если IRS является:
– ведущей, то "RQ"
– ведомой, то "RQ RQ RQ"

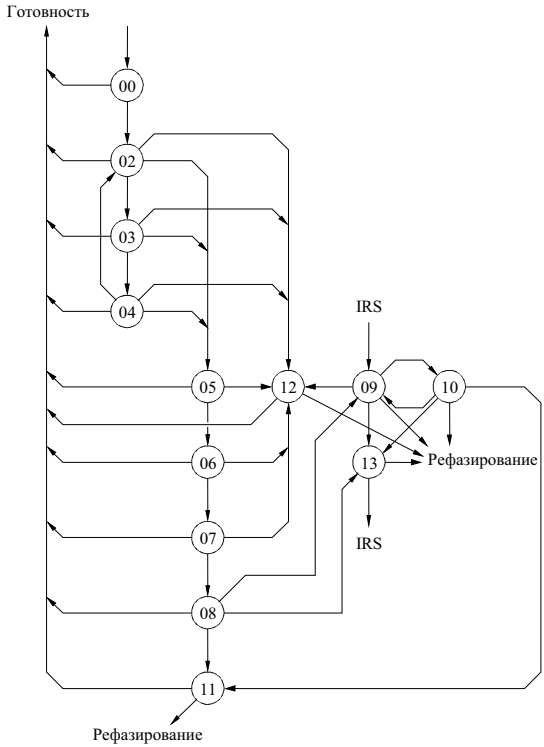
* Обнаружена ошибка, недействительный сигнал или вообще отсутствие сигнала

D38

ДОБАВЛЕНИЕ 12

Процедура фазирования с автоматическим опознаванием в случае 7-сигнального опознавателя вызова (вызывающая станция) и прохождение трафика, когда станция находится в состоянии ISS (обзорная диаграмма состояний)

Лист 1 (из 8)



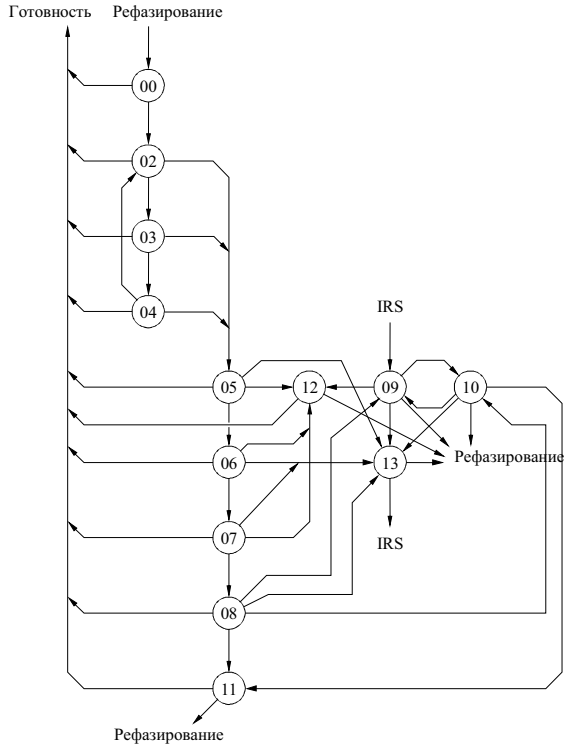
Номер состояния	Описание состояния	Лист	Текущие счетчики	Счетчики управляющей программы (супервизора)
00	M7 холостой	1-2	n_1	n_0 = 128 циклов
02	Ожидание CS4	1-2	n_0	n_1 = 128 циклов
03	Ожидание CS4	1-2	n_0	n_2 = 32 цикла
04	Ожидание CS4	1-2	n_0	n_3 = 32 цикла
05	Ожидание CK1	2-2	n_2	n_4 = 4 цикла
06	Ожидание CK2	2-2	n_2	
07	Ожидание CK3	2-2	n_2	
08	Ожидание CS1	3-2	n_2	
09	Ожидание CS2	1-10	n_3	
10	Ожидание CS1	1-10	n_3	
11	Ожидание CS2	2-10	n_4	
12	Ожидание CS1	2-10	n_1, n_4	
13	Ожидание сигнала смены направления	3-10	n_3	

D39

ДОБАВЛЕНИЕ 12

Процедура рефазирования с автоматическим опознаванием в случае 7-сигнального опознавателя вызова (вызывающая станция) и прохождение трафика, когда станция находится в состоянии ISS (обзорная диаграмма состояний)

Лист 2 (из 8)



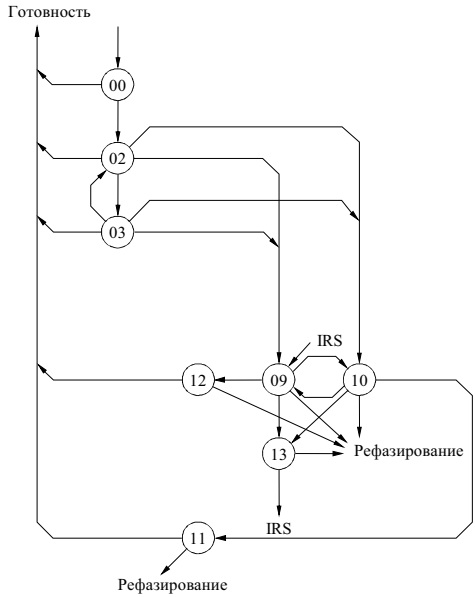
Номер состояния	Описание состояния	Лист	Текущие счетчики	Счетчики управляющей программы
00	MR7 холостой	1-3	n_5	n_1 = 128 циклов
02	Ожидание CS5	1-3	n_5	n_2 = 32 цикла
03	Ожидание CS5	1-3	n_5	n_3 = 32 цикла
04	Ожидание CS5	1-3	n_5	n_4 = 4 цикла
05	Ожидание CK1	2-3	n_2, n_5	n_5 = 32 цикла
06	Ожидание CK2	2-3	n_2, n_5	
07	Ожидание CK3	2-3	n_2, n_5	
08	Ожидание CS1	3-3	n_2, n_5	
09	Ожидание CS2	1-10	n_3, n_5	
10	Ожидание CS1	1-10	n_3, n_5	
11	Ожидание CS2	2-10	n_4, n_5	
12	Ожидание CS1	2-10	n_1, n_4, n_5	
13	Ожидание сигнала смены направления	3-10	n_3, n_5	

D40

ДОБАВЛЕНИЕ 12

Процедура фазирования без автоматического опознавания в случае 4-сигнального опознавателя вызова (вызывающая станция) и прохождение трафика, когда станция находится в состоянии ISS (обзорная диаграмма состояний)

Лист 3 (из 8)



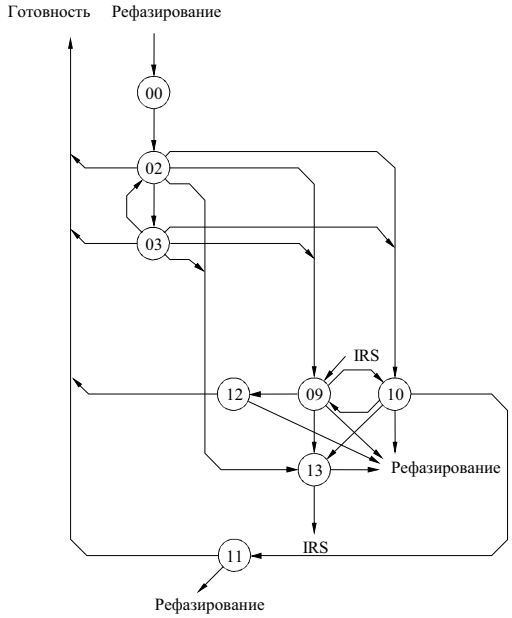
Номер состояния	Описание состояния	Лист	Текущие счетчики	Счетчики управляющей программы
00	M4 холостой	1-4	n_1	n_0 = 128 циклов
02	Ожидание CS1	1-4	n_0	n_1 = 128 циклов
03	Ожидание CS1	1-4	n_0	n_3 = 32 цикла
09	Ожидание CS2	1-10	n_3	n_4 = 4 цикла
10	Ожидание CS1	1-10	n_3	
11	Ожидание CS2	2-10	n_4	
12	Ожидание CS1	2-10	n_1, n_4	
13	Ожидание сигнала смены направления	3-10	n_3	

D41

ДОБАВЛЕНИЕ 12

Процедура рефазирования без автоматического опознавания в случае 4-сигнального опознавателя вызова (вызывающая станция) и прохождение трафика, когда станция находится в состоянии ISS (обзорная диаграмма состояний)

Лист 4 (из 8)



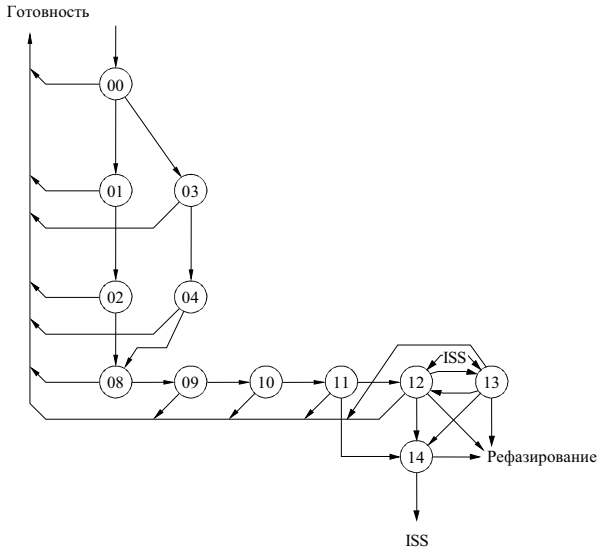
Номер состояния	Описание состояния	Лист	Текущие счетчики	Счетчики управляющей программы
00	M4 холостой	1-5	n_5	n_1 = 128 циклов
02	Ожидание CS1	1-5	n_5	n_3 = 32 цикла
03	Ожидание CS1	1-5	n_5	n_4 = 4 цикла
09	Ожидание CS2	1-10	n_3	n_5 = 32 цикла
10	Ожидание CS1	1-10	n_3	
11	Ожидание CS2	2-10	n_4	
12	Ожидание CS1	2-10	n_1, n_4	
13	Ожидание сигнала смены направления	3-10	n_3	

D42

ДОБАВЛЕНИЕ 12

Процедура фазирования с автоматическим опознаванием в случае 7-сигнального опознавателя вызова (вызываемая станция) и прохождение трафика, когда станция находится в состоянии IRS (обзорная диаграмма состояний)

Лист 5 (из 8)



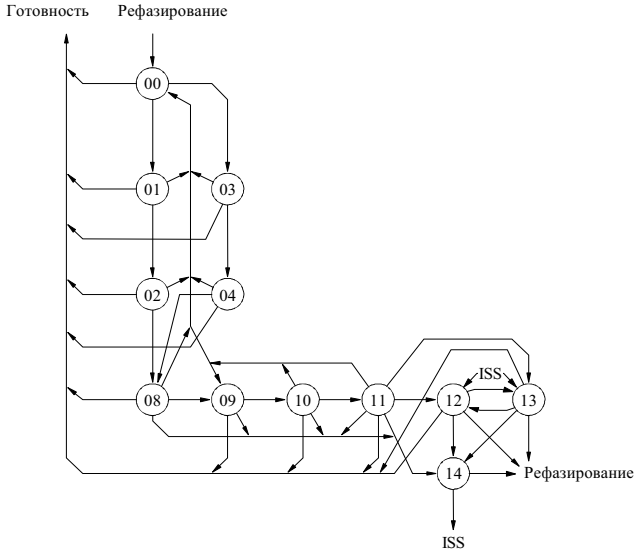
Номер состояния	Описание состояния	Лист	Текущие счетчики	Счетчики управляющей программы
00	S7 холостой	1-6		n_2 = 32 цикла
01	Ожидание CB2	1-6		n_3 = 32 цикла
02	Ожидание CB3	1-6		
03	Ожидание CB3	1-6		
04	Ожидание CB1	1-6		
08	Ожидание ID1	2-6	n_2	
09	Ожидание ID2	2-6	n_2	
10	Ожидание ID3	2-6	n_2	
11	Ожидание EOI	3-6	n_2	
12	Ожидание блока 1	1-11	n_3	
13	Ожидание блока 2	1-11	n_3	
14	Ожидание βαβ	2-11	n_3	

D43

ДОБАВЛЕНИЕ 12

Процедура рефазирования с автоматическим опознаванием в случае 7-сигнального опознавателя вызова (вызываемая станция) и прохождения трафика, когда станции находится в состоянии IRS (обзорная диаграмма состояний)

Лист 6 (из 8)



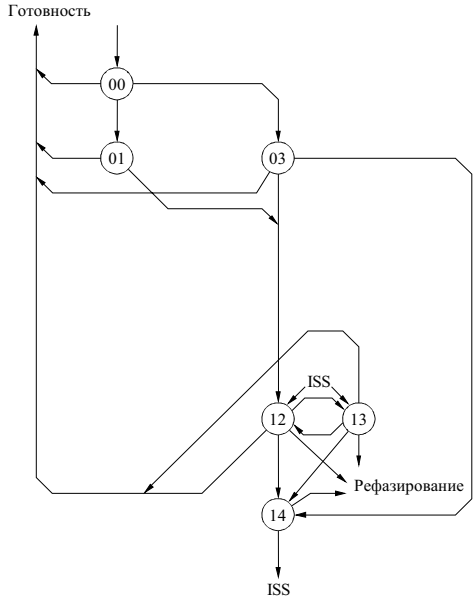
Номер состояния	Описание состояния	Лист	Текущие счетчики	Счетчики управляющей программы
00	SR7 холостой	1-7	n_5	n_2 = 32 цикла
01	Ожидание CB2	1-7	n_5	n_3 = 32 цикла
02	Ожидание CB3	1-7	n_5	n_5 = 32 цикла
03	Ожидание CB3	1-7	n_5	
04	Ожидание CB1	1-7	n_5	
08	Ожидание ID1	2-7	n_2, n_5	
09	Ожидание ID2	2-7	n_2, n_5	
10	Ожидание ID3	2-7	n_2, n_5	
11	Ожидание EOI	3-7	n_2, n_5	
12	Ожидание блока 1	1-11	n_3, n_5	
13	Ожидание блока 2	1-11	n_3, n_5	
14	Ожидание βαβ	2-11	n_3, n_5	

D44

ДОБАВЛЕНИЕ 12

Процедура фазирования без автоматического опознавания в случае 4-сигнального опознавателя вызова (вызываемая станция) и прохождение трафика, когда станция находится в состоянии IRS (обзорная диаграмма состояний)

Лист 7 (из 8)



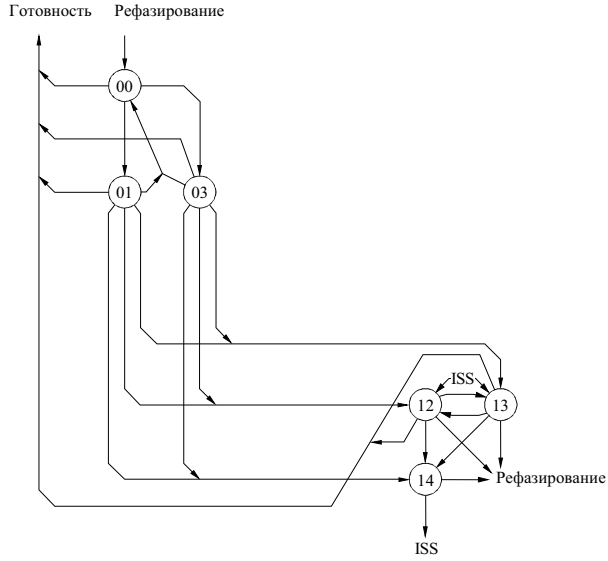
Номер состояния	Описание состояния	Лист	Текущие счетчики	Счетчики управляющей программы
00	S4 холостой	1-8		n_3 = 32 цикла
01	Ожидание CB2	1-8		
03	Ожидание CB1	1-8		
12	Ожидание блока 1	1-11	n_3	
13	Ожидание блока 2	1-11	n_3	
14	Ожидание βαβ	2-11	n_3	

D45

ДОБАВЛЕНИЕ 12

Процедура рефазирования без автоматического опознавания в случае 4-сигнального опознавателя вызова (вызываемая станция) и прохождение трафика, когда станция находится в состоянии IRS (обзорная диаграмма состояний)

Лист 8 (из 8)



Номер состояния	Описание состояния	Лист	Текущие счетчики	Счетчики управляющей программы
00	SR4 холостой	1-9	n_5	n_2 = 32 цикла
01	Ожидание CB2	1-9	n_5	n_3 = 32 цикла
03	Ожидание CB1	1-9	n_5	n_5 = 32 цикла
12	Ожидание блока 1	1-11	n_3, n_5	
13	Ожидание блока 2	1-11	n_3, n_5	
14	Ожидание βαβ	2-11	n_3, n_5	

D46

РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R M.633-3*

Характеристики передачи системы спутниковых радиомаяков – указателей места бедствия (спутниковых EPIRB), работающей через спутниковую систему в полосе частот 406 МГц

(Вопрос МСЭ-R 90/8)

(1986-1990-2000-2004)

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

a) что спутниковые EPIRB могут использоваться для оповещения о бедствии на воде, на суше и в воздухе;

b) что спутниковые EPIRB с общими характеристиками могут применяться в различной эксплуатационной среде;

c) что спутниковые EPIRB являются одним из основных средств подачи сигналов тревоги в Глобальной морской системе для случаев бедствия и обеспечения безопасности (ГМСББ) Международной морской организации (ИМО);

d) что все суда, к которым применяется Статья IV Международной конвенции по охране человеческой жизни на море (СОЛАС) 1974 года (с поправками, внесенными в 1988 году), должны будут в соответствии с Правилом IV/7.1.6 с 1 августа 1993 года иметь спутниковые EPIRB;

e) что Правилом IV/7.1.6 СОЛАС предусматривается наличие спутникового EPIRB, работающего в полосе 406 МГц;

f) гарантированную эксплуатационную готовность действующих на орбите спутников типа Cospas-Sarsat до 2008 года и планируемую эксплуатационную готовность после этого срока;

g) имеющуюся и проектируемую эксплуатационную готовность наземной системы Cospas-Sarsat,

рекомендует,

1 чтобы характеристики передачи и форматы данных для спутникового EPIRB, работающего через спутниковую систему в полосе 406 МГц, соответствовали Документу C/S T.001 Cospas-Sarsat (Выпуск 3, Пересмотр 5, октябрь 2003 года, под названием "Технические требования к аварийным маякам Cospas-Sarsat в полосе 406 МГц").

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Документ C/S T.001 (Выпуск 3, Пересмотр 5, октябрь 2003 года) был представлен в Секретариат Бюро радиосвязи; копию этого документа можно получить бесплатно в Секретариате Cospas-Sarsat (эл. почта: cospas_sarsat@imso.org).

_____

* Настоящую Рекомендацию следует довести до сведения Международной морской организации (ИМО), Международной организации гражданской авиации (ИКАО), Международной организации подвижной спутниковой связи (ИМСО) и Секретариата Cospas-Sarsat.

РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R S.672-4*

Диаграмма направленности спутниковой антенны, применяемая в качестве нормативной при проектировании фиксированной спутниковой службы, использующей геостанционарные спутники

(1990-1992-1993-1995-1997)

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

a) что применение антенн космических станций с наилучшими возможными диаграммами направленности позволит наиболее эффективно использовать радиочастотный спектр и геостационарную орбиту;

b) что на действующих космических станциях применяются антенны как с одним облучателем и лучом эллиптического (или круглого) сечения, так и со многими облучателями и лучом специальной формы;

c) что несмотря на достигнутый прогресс в проектировании антенн космических станций, тем не менее, прежде всего можно будет принять эталонную диаграмму направленности, предназначенную для использования в процессе координации, требуется дополнительная информация;

d) что принятие эталонной диаграммы направленности антенн космических станций будет способствовать изготовлению и применению антенн, позволяющих эффективно использовать орбитальный ресурс;

e) что для целей координации характеристики излучения антенн космических станций необходимо определять только в направлениях потенциальных помех;

f) что математические выражения, предназначенные для широкого применения, должны быть максимально простыми, но не должны терять при этом возможности эффективного предсказания;

g) что, тем не менее, эти математические выражения должны учитывать характеристики практических антенных систем и позволять вносить поправки, обусловленные новыми достижениями в технологии;

h) что трудности измерения приводят к неточности моделирования антенн космических аппаратов в области больших углов от оси главного направления излучения;

j) что, поскольку размеры запускаемых аппаратов ограничены, ограничиваются и значения D/λ антенн космических станций, особенно на более низких частотах, например в полосах 6/4 ГГц;

k) что такие параметры диаграммы направленности антенны космической станции, как опорная точка, зона покрытия, эквивалентное пиковое усиление, которые можно использовать для определения эталонной диаграммы направленности антенны космической станции, содержатся в Приложении 1;

l) что для вычисления контуров покрытия разработано две компьютерные программы (см. Приложение 2),

---

* В 2001 году 4-я Исследовательская комиссия по радиосвязи внесла в данную Рекомендацию редакционные изменения в соответствии с Резолюцией МСЭ-R 44 (АР-2000).

рекомендует,

1 чтобы для антенн космических аппаратов фиксированной спутниковой службы (ФСС), имеющих один облучатель и луч эллиптического или круглого сечения, в качестве нормы при проектировании использовалась следующая диаграмма направленности вне зоны покрытия:

$$G(\psi) = G_m - 3\,(\psi/\psi_b)^{\alpha} \quad \text{дБи} \quad \text{для} \quad \psi_b \le \psi \le a\,\psi_b \tag{1}$$

$$G(\psi) = G_m + L_N + 20\log z \quad \text{дБи} \quad \text{для} \quad a\,\psi_b < \psi \le 0{,}5b\,\psi_b \tag{2a}$$

$$G(\psi) = G_m + L_N \quad \text{дБи} \quad \text{для} \quad 0{,}5b\,\psi_b < \psi \le b\,\psi_b \tag{2b}$$

$$G(\psi) = X - 25\log\psi \quad \text{дБи} \quad \text{для} \quad b\,\psi_b < \psi \le Y \tag{3}$$

$$G(\psi) = L_F \quad \text{дБи} \quad \text{для} \quad Y < \psi \le 90^\circ \tag{4a}$$

$$G(\psi) = L_B \quad \text{дБи} \quad \text{для} \quad 90^\circ < \psi \le 180^\circ, \tag{4b}$$

где:

$$X = G_m + L_N + 25\log(b\,\psi_b) \qquad \text{и} \qquad Y = b\,\psi_b\,10^{0{,}04(G_m + L_N - L_F)}$$

$G(\psi)$: коэффициент усиления под углом ψ от направления главного луча (дБи)

G_m: максимальный коэффициент усиления в главном лепестке (дБи)

ψ_b: половина ширины луча по уровню 3 дБ в рассматриваемой плоскости (на 3 дБ меньше G_m) (градусы)

L_N: требуемый уровень ближнего бокового лепестка в дБ относительно максимального усиления

$L_F = 0$ дБи уровень заднего лепестка (дБи)

z: (большая ось/малая ось) луча

L_B: $15 + L_N + 0{,}25\,G_m + 5\log z$ дБи или 0 дБи в зависимости от того, какая из величин больше.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Диаграммы, применимые к эллиптическим лучам, требуют экспериментальной проверки. Значения *a* в таблице 1 являются предварительными.

ТАБЛИЦА 1

L_N (дБ)	a	b	α
–20	$2{,}58\sqrt{(1-\log z)}$	6,32	2
–25	$2{,}58\sqrt{(1-0{,}8\log z)}$	6,32	2
–30	–	6,32	–

Численные значения a, b и α для уровней боковых лепестков $L_N = -20$ дБ и –25 дБ указаны в таблице 1. Значения a и α для $L_N = -30$ дБ требуют дальнейшего изучения. Администрациям предлагается предоставить информацию, необходимую для определения значений a и α для $L_N = -30$ дБ;

2 чтобы диаграмма направленности антенн космических аппаратов фиксированной спутниковой службы с несколькими облучателями и лучом специальной формы, используемой в качестве нормативной при проектировании, описывалась одной из следующих формул, в зависимости от класса антенны и диапазона значений отношений обзора.

Определение класса антенн

– Определение антенн класса A:

Антенны класса A – это антенны, у которых точка прицеливания находится внутри зоны покрытия.

– Определение антенн класса B:

Антенны класса B – это антенны, у которых точка прицеливания одного или нескольких лучей находится вне зоны покрытия.

Определение отношения обзора

Существуют два определения для отношения обзора:

Отношение обзора δ в § 2.1 определяется как угловое расстояние между центром зоны покрытия (определенном как центр минимальной эллиптической зоны) и точкой на краю зоны покрытия, разделенное на ширину единичного (элементарного) луча.

Отношение обзора *S*, используемое в § 2.2 и 2.3, определяется как угловое расстояние между опорным направлением антенны и точкой на краю зоны покрытия, разделенное на ширину элементарного (компонентного) луча.

В первоначальном определении, для которого раздел *рекомендует* применим к конкретной антенне класса A, должно применяться отношение обзора δ;

2.1 чтобы для антенн класса A, имеющих значения отношения обзора $\delta \le 3{,}5$:

$$G_{\text{дБи}}(\Delta\psi) = \begin{cases} G_{ep} + 0{,}256 - 13{,}065\left(\dfrac{\Delta\psi}{Q\psi_0} + 0{,}5\right)^2 & \text{для} \quad 0 \le \dfrac{\Delta\psi}{\psi_0} \le 0{,}8904Q \\ G_{ep} - 25 & \text{для} \quad 0{,}8904Q < \dfrac{\Delta\psi}{\psi_0} \le 1{,}9244Q \\ G_{ep} - 25 + 20\log\left(\dfrac{1{,}9244Q\psi_0}{\Delta\psi}\right) & \text{для} \quad 1{,}9244Q < \dfrac{\Delta\psi}{\psi_0} \le 18/\psi_0, \end{cases}$$

где:

$\Delta\psi$: угол в градусах от выпуклого контура покрытия до точки вне зоны покрытия в направлении, перпендикулярном сторонам контура

G_{ep}: эквивалентное пиковое усиление (дБи)

$= G_e + 3{,}0$

ψ_0: диаметр элементарного луча по уровню половинной мощности (градусы)

$= 72\ (\lambda/D)$

λ: длина волны (м)

D: физический диаметр рефлектора (м)

$$Q = 10^{\left(\frac{0{,}000075(\delta - 1/2)^2}{[(F/D_p)^2 + 0{,}02)]^2}\right)}$$

δ: отношение обзора, определенное в § 2

F/D_p: отношение фокусного расстояния рефлектора F к диаметру параболы D_p

$D_p = 2(d + h)$

d: диаметр спроектированной апертуры параболоида со сдвигом

h: высота сдвига границы отражателя;

2.2 чтобы для антенн класса A, имеющих значения отношения обзора $S \geq 5$:

$$G_{\text{дБи}}(\Delta\psi) = \begin{cases} G_e - B\left[\left(1 + \dfrac{\Delta\psi}{\psi_b}\right)^2 - 1\right] & \text{для} \quad 0° \leq \Delta\psi \leq C\psi_b \\ G_e - 22 & \text{для} \quad C\psi_b < \Delta\psi \leq (C + 4{,}5)\psi_b \\ G_e - 22 + 20 \log_{10}\left[\dfrac{(C + 4{,}5)\psi_b}{\Delta\psi}\right] & \text{для} \quad (C + 4{,}5)\psi_b < \Delta\psi \leq 18°, \end{cases}$$

где:

$\Delta\psi$: угол (градусы) от выпуклого контура покрытия в направлении, перпендикулярном сторонам контура

G_e: усиление на краю зоны покрытия (дБи)

$B = B_0 - (S - 1{,}25)\,\Delta B$ для $S \geq 5$

$B_0 = 2{,}05 + 0{,}5\,(F/D - 1) + 0{,}0025\,D/\lambda$

$\Delta B = 1{,}65\,(D/\lambda)^{-0{,}55}$

ψ_b: радиус элементарного луча

$= 36\,\lambda/D$

λ: длина волны (м)

D: физический диаметр рефлектора (м)

$$C = \sqrt{1 + \frac{22}{B}} - 1$$

S: отношение обзора, определенное в § 2

F/D: отношение фокусного расстояния к физическому диаметру антенны;

2.3 чтобы для антенн класса B, использующих только значения отношения обзора S (для $S \geq 0$):

$$G_{\text{дБи}}(\Delta\psi) = \begin{cases} G_e - B\left[\left(1 + \dfrac{\Delta\psi}{\psi_b}\right)^2 - 1\right] & \text{для} \quad 0° \leq \Delta\psi \leq C\psi_b \\ G_e - 17 + 18{,}7012 \log_{10}\left(\cos\left[\dfrac{\Delta\psi - C\psi_b}{\psi_b}\right]\right) & \text{для} \quad C\psi_b < \Delta\psi \leq (C+1)\psi_b \\ G_e - 22 & \text{для} \quad (C+1)\psi_b < \Delta\psi \leq (C + 4{,}5)\psi_b \\ G_e - 22 + 20 \log_{10}\left[\dfrac{(C+4{,}5)\psi_b}{\Delta\psi}\right] & \text{для} \quad (C+4{,}5)\psi_b < \Delta\psi \leq 18°, \end{cases}$$

где:

$\Delta\psi$: угол (градусы) от выпуклого контура покрытия в направлении, перпендикулярном сторонам контура

G_e: усиление на краю зоны покрытия (дБи)

$B = B_0 - (S - 1{,}25)\,\Delta B$ для $S \geq 0$

$B_0 = 2{,}05 + 0{,}5\,(F/D - 1) + 0{,}0025\,D/\lambda$

$\Delta B = 1{,}65\,(D/\lambda)^{-0{,}55}$

ψ_b: радиус элементарного луча

$= 36\ \lambda/D$

λ: длина волны (м)

D: физический диаметр рефлектора (м)

$$C = \sqrt{1 + \frac{17}{B}} - 1$$

S: отношение обзора, определенное в § 2

F/D: отношение фокусного расстояния к физическому диаметру антенны;

2.4 чтобы для антенн класса A, имеющих значения отношения обзора между $\delta > 3{,}5$ и $S < 5$, нормативные характеристики проектирования продолжали исследоваться. В частности, требуется изучить возможность распространения на эту область выражений, приведенных в § 2.1 и 2.2. Определения отношений обзора δ и S и их применения даны в § 2;

2.5 чтобы следующие примечания рассматривались как часть § 2.1 и 2.2:

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Зона покрытия должна определяться как контур, построенный по точкам выпуклого многоугольника, окружающего зону обслуживания, с использованием методики, приведенной в Приложении 2.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Для отдельных участков, где контур с уровнем –3 дБ располагается за пределами сформированного контура покрытия, характеристика направленности, используемая в качестве нормативной при проектировании, должна начинаться от контура по уровню –3 дБ.

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Настоящая Рекомендация должна применяться только в направлении системы, чувствительной к помехам. Это означает, что нет необходимости применять ее в направлениях, где нет потенциальной возможности создания помех другим сетям (например, за краями земной поверхности, ненаселенные зоны океана), в 10% отдельных участков нормативная характеристика может быть превышена.

ПРИМЕЧАНИЕ 4. – Настоящая Рекомендация не применяется к двухполосным антеннам. Антенны, в которых применяется рефлектор, который в целях расширения луча вносит фазовую ошибку, также принадлежат к этой категории, и для них требуются дальнейшие исследования.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Диаграммы направленности спутниковых антенн фиксированной спутниковой службы

1 Эталонные диаграммы направленности спутниковых антенн

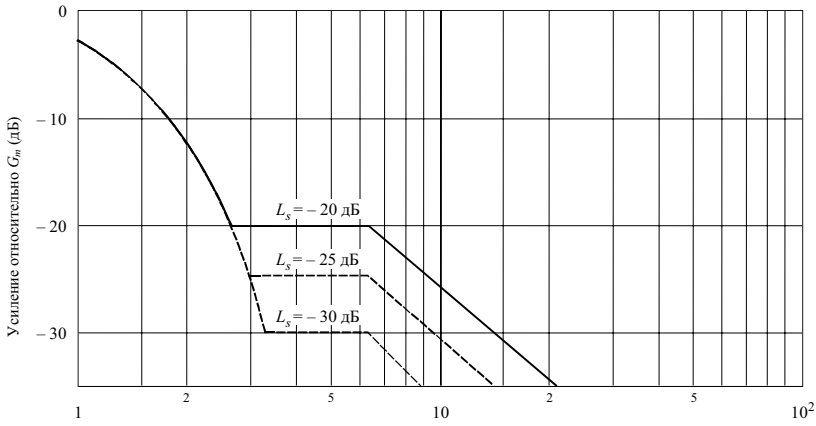
1.1 Антенны с круговыми лучами и одним облучателем

Наиболее важными участками диаграммы направленности спутниковой антенны являются области главного лепестка и задних лепестков. Таким образом, возможные диаграммы, начинающиеся от контура главного лепестка с уровнем –3 дБ, подразделяются на четыре участка. Они показаны на рисунке 1.

Однако трудности возникают при попытке применить утвержденную диаграмму к лучу, имеющему не круговую форму. Следовательно, администрациям рекомендуется представить измеренные диаграммы направленности для антенн, имеющих лучи, отличные от круговых.

РИСУНОК 1

Функции огибающей диаграммы направленности



$$G(\psi) = G_m - 3\,(\psi/\psi_0)^2 \quad \text{дБи} \quad \text{для} \quad \psi_0 \le \psi \le a\,\psi_0 \qquad \text{(I)}$$

$$G(\psi) = G_m + L_s \quad \text{дБи} \quad \text{для} \quad a\,\psi_0 < \psi \le b\,\psi_0 \qquad \text{(II)}$$

$$G(\psi) = G_m + L_s + 20 - 25 \log (\psi/\psi_0) \quad \text{дБи} \quad \text{для} \quad b\,\psi_0 < \psi \le \psi_1 \qquad \text{(III)}$$

$$G(\psi) = 0 \quad \text{дБи} \quad \text{для} \quad \psi_1 < \psi, \qquad \text{(IV)}$$

где:

$G(\psi)$: усиление под углом (ψ) от оси (дБи)

G_m: максимальное усиление в главном лепестке (дБи)

ψ_0: половина ширины луча по уровню 3 дБ в рассматриваемой плоскости (на 3 дБ ниже G_m) (градусы)

ψ_1: значение (ψ), когда G_m в уравнении (III) равно 0 дБи

L_s: требуемый уровень вблизи лепестка (дБ) относительно пикового усиления

a, b: численные значения указаны ниже

L_s	a	b
–20	2,58	6,32
–25	2,88	6,32
–30	3,16	6,32

0672-01

1.2 Антенны с эллиптическими лучами и одним облучателем

Зависимости на рисунке 1 определяют максимальное значение огибающей для первых боковых лепестков, равное –20 дБ относительно пикового усиления, и такая диаграмма применима к относительно простым антеннам. Однако, в интересах лучшего использования емкости орбиты, может быть желательно уменьшить этот уровень до –30 дБ и использовать более сложные антенны. Диаграмма направленности, принятая Всемирной административной радиоконференцией по планированию радиовещательной спутниковой службы, Женева, 1977 г. (ВАРК РВ-77), для радиовещательных спутниковых антенн, отвечает этому требованию, и сегодня такую диаграмму уже можно получить реально и, следовательно, в таком случае она и

должна применяться. Может быть желательно провести дополнительные исследования для подтверждения возможности достижения в обычной практике таких пониженных уровней боковых лепестков, особенно в полосах 6/4 ГГц.

1.3 Антенны с несколькими облучателями и лучами специальной формы

Аналогичная диаграмма направленности, применимая к лучам специальной формы, должна опираться на анализ нескольких лучей специальной формы и теоретические исследования. Должны быть определены дополнительные параметры, такие как диаметр элементарного луча и уровень первого бокового лепестка. Кроме того, в состав определения диаграммы направленности антенны входит кросс-секция и средства для измерения углов.

При создании такого эталона очень внимательного рассмотрения заслуживает избирательность, которая должна достигаться относительно границ зон покрытия всех типов антенн, включая наиболее сложные антенны с лучами специальной формы, как функция углового расстояния между зонами покрытия, видимого с орбиты. Диаграмма направленности антенны специальной формы является единственной в своем роде и, как правило, определяется следующими эксплуатационными и техническими факторами:

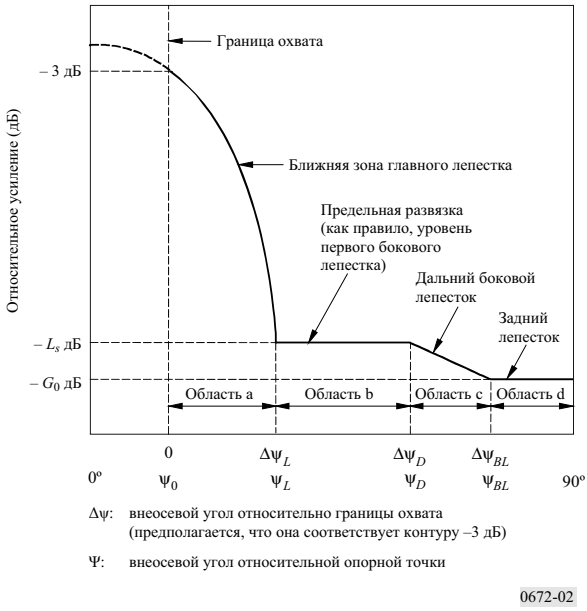
– форма зоны покрытия;
– долгота спутника;
– максимальная апертура антенны;
– конструкция облучателя и форма его луча;
– нормализованный диаметр апертуры рефлектора (D/λ);
– отношение фокусного расстояния к диаметру апертуры (F/D);
– количество станций, использующих повторяющиеся частоты и независимые лучи;
– количество используемых облучателей;
– значения ширины полосы частот;
– требования по ортогональности поляризации;
– область, в которой обеспечивается общее угловое покрытие;
– фазовая и амплитудная стабильность облучателей к возбуждению;
– требования по возможности переконфигурации;
– количество орбитальных позиций, из которых может быть обеспечен охват лучами зон покрытия;
– достигаемые допуски на неравномерность поверхности отражателя;
– нацеливание луча (т. е. выполняется со спутника или используется независимое позиционирование луча при помощи земных маяков слежения);
– ухудшение элементарных лучей из-за искажений обзора, которые связаны с конкретной конфигурацией отражателя или антенны (т. е. один рефлектор, двойной рефлектор, система профилированных отражателей, не имеющая фокальной оси, решетка непосредственного излучения и т. д.).

Ввиду изложенного могут возникать определенные трудности при разработке одной-единственной эталонной диаграммы направленности для антенн с лучом специальной формы.

Эталонная диаграмма направленности, изображенная на рисунке 1, не является удовлетворительной для антенн с лучом специальной формы, поскольку ключевым параметром эталонной диаграммы является ψ_0 – ширина луча по уровню –3 дБ, тогда как центр луча специальной формы не определен и, практически, не связан с характеристикой вне луча. Простая диаграмма направленности, состоящая из четырех сегментов, показанная на рисунке 2, может быть более приемлемой в качестве эталонной диаграммы направленности. Угол наклона скатов этой диаграммы будет функцией от углового расстояния за пределами усредненного контура.

РИСУНОК 2

Возможная форма эталонной диаграммы направленности



Конкретное направление, в котором необходимо измерять данное угловое расстояние, также является параметром, который необходимо определить. Один из методов состоит в измерении данного угла в направлении, ортогональном контуру с постоянным коэффициентом усиления, который наиболее точно соответствует зоне покрытия. Трудности с этим методом возникают в тех частях, где огибающие коэффициента усиления имеют вогнутый вид, как, например, в случаях с лунообразными диаграммами направленности. Для данного типа диаграммы направленности, излучение в направлении, ортогональном контуру, может еще раз пересекать зону покрытия. С точки зрения проектирования антенны, трудность достижения хорошей развязки в вогнутом участке диаграммы направленности увеличивается с ростом степени вогнутости. Альтернативным методом, который может разрешить эти проблемы, является описание зоны покрытия контуром, не имеющим вогнутых участков и последующее измерение углов, ортогональных к этому контуру; этот контур рассматривается как граница охвата. Возможно применение других методов определения направления измерения, например в качестве опорной точки может использоваться центр эллипса, описывающего эту зону (см. § 2.1 и 2.2), но для любой эталонной диаграммы необходимо дать недвусмысленное определение.

Как только направление определено, диаграмму направленности можно разделить на четыре конкретных участка:

Область a: Область, прилегающая к главному лепестку (граница зоны покрытия до угла предельной избирательности)

Предполагается, что эта область охватывает те участки, которые считаются областями, соседними с областью покрытия. Требуемая развязка между спутниковыми сетями будет достигнута за счет комбинации характеристик избирательности спутниковой антенны и расстоянием между спутниками на орбите.

Для описания этой области может использоваться простая функция, имеющая форму, подобную той, что показана в виде уравнения (I) на рисунке 1.

Область b: Область, не являющаяся соседней с областью покрытия

Этот участок начинается там, где диаграмма направленности достигает достаточной степени развязки, при которой рядом расположенные спутники могут обслуживать зоны, не смежные друг с другом ($\Delta\psi_L$ на рисунке 2). Предельная развязка (L_S) может располагаться между –20 и –30 дБ.

Область c: Область дальних боковых лепестков

Область d: Область заднего лепестка

Каждая из этих областей охватывает участки боковых лепестков высшего порядка и применима к достаточно большим зонам обслуживания, а в тех полосах частот, которые используются для осуществления связи в двух направлениях, и к участкам орбиты. В последнем случае необходимо с большой осторожностью подходить к рассмотрению очень больших углов от главной оси излучения, поскольку непредсказуемые отражения от космического аппарата и перелив энергии через край главного отражателя могут оказывать существенное влияние. Предполагается, что больше информации можно получить при рассмотрении огибающей минимального усиления (область d на рисунке 2).

2 Модели диаграммы направленности для антенн с профилированными лучами

Для моделирования профилированных лучшей, до начала действительного проектирования антенны, может использоваться упрощенная эталонная диаграмма направленности. Далее представлены две модели, при помощи которых могут быть созданы такие диаграммы направленности и определены соответствующие им параметры. Обе модели пригодны для компьютерных исследований помех и, совместно с картами размещения спутника, для вычислений, выполняемых вручную. Эти модели являются основой рекомендованной диаграммы или диаграмм. Однако можно рекомендовать применение только "профилей" результирующей диаграммы направленности в направлении к системе, чувствительной к помехам. Это означает, что они не должны применяться для направлений, где не существует возможности создания помех другим сетям (т. е. за пределами Земли, в незаселенных районах мирового океана и т. п.).

2.1 Представление зоны покрытия

В прошлом было предложено несколько способов для представления зоны покрытия антенн ФСС. В одном из способов угловое расстояние за пределами зоны покрытия измеряется в направлении, нормальном к географической зоне обслуживания (контур с постоянным усилением), видимой со спутника. На практике контур усиления проектируется так, чтобы он максимально точно соответствовал зоне покрытия, и, следовательно, ожидается, что разница между использованием зоны покрытия и контура постоянного усиления будет очень небольшой. Однако в некоторых случаях, когда отдельные участки контуров усиления являются вогнутыми, например при диаграммах направленности, имеющих крестообразную форму, могут возникнуть определенные трудности. Для таких диаграмм направленности направление, перпендикулярное контуру зоны покрытия, может еще раз пересекать зону покрытия, что влечет за собой неоднозначность (см. рисунок 3a). Еще одна сложность такого представления состоит в том, что для данного местоположения вне границ зоны покрытия можно найти несколько точек в зоне обслуживания, для которых линия, соединяющая это место с точкой внутри зоны обслуживания, перпендикулярна к контуру зоны обслуживания в данной точке (см. рисунок 3a)).

Однако был разработан метод, который позволяет обойти вышеперечисленные трудности, в котором используются измерения углов, нормалей к зоне покрытия и диаграммы направленности, содержащие вогнутые участки. Этот метод требует множества графических построений и описывается в виде пошаговых процедур в Приложении 2.

Кроме того, эти пошаговые процедуры можно упростить за счет использования только выпуклого контура зоны покрытия. Для создания выпуклого контура зоны покрытия выполняется та же процедура, что описана в Приложении 2, за исключением того, что рассматриваются только выпуклые углы, т. е. те, для которых круг лежит внутри контура зоны покрытия. Результирующий контур зоны покрытия показан на рисунке 3b).

Еще один способ представления диаграмм направленности с профилированными лучами состоит в описании действительной зоны покрытия эллипсом минимальной площади. Угловое расстояние измеряется от границы эллипса в направлении, нормальном к огибающей эллипса. Это дает то преимущество, что относительно легче написать эффективные компьютерные программы для определения процедуры таких угловых измерений. Однако такое представление имеет тенденцию значительно переоценивать площадь реальной зоны обслуживания.

Еще одним методом является комплексный подход, который позволяет получить недвусмысленное определение для представления зоны покрытия профилированного луча. В этом методе для определения центра зоны покрытия используется эллипс минимальной площади, в который вписана географическая зона покрытия. Центр зоны покрытия необязательно совпадает с центром луча и используется только для определения оси отрезков диаграммы направленности. Как только центр зоны покрытия определен, эллипс минимальной площади теряет свою значимость.

Затем выпуклый многоугольник используется для определения границы зоны покрытия. Количество сторон, образующих многоугольник, определяется на основании того требования, что он должен описывать зону покрытия максимально точно и должен иметь выпуклую форму. Типичный пример представления зоны обслуживания показан на рисунке 3c). Угловые направления располагаются по радиусам от центра зоны покрытия.

Для места наблюдения вне пределов зоны покрытия, направление приложения образца и угловых расстояний однозначно определяется относительно центра зоны покрытия. Однако этот метод, как правило, приводит к переоценке углового расстояния между контурами с различными величинами усиления за пределами зоны покрытия, когда угол радиуса к контуру зоны покрытия существенно отличается от прямого.

В результате, представляется, что наиболее приемлемым методом с точки зрения как точности, так и простоты построений, является использование выпуклого контура зоны покрытия и угловых расстояний, измеряемых вдоль направлений, нормальных к сторонам контура, как показано на рисунке 3b).

2.2 Эквивалентное пиковое усиление

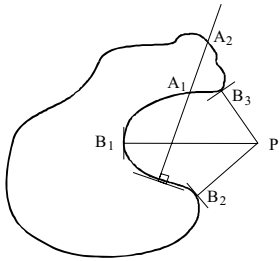
В ситуациях, когда нет необходимости формировать луч специальным образом, для того чтобы компенсировать изменения условий распространения на протяжении зоны обслуживания, считается, что минимальный коэффициент усиления, достигаемый в зоне покрытия, на 3 дБ меньше эквивалентного пикового усиления (G_{ep}). На практике реальное пиковое усиление может быть больше или меньше эквивалентного пикового усиления и необязательно будет наблюдаться на оси излучения.

В ряде ситуаций могут наблюдаться значительные вариации условий распространения в зоне обслуживания или необходимое качество обслуживания может требовать специальной формы луча для данной зоны обслуживания. В этих случаях в каждой вершине многоугольника вычисляется минимальное требуемое относительное усиление (относительно усредненного усиления на контуре зоны покрытия) и затем для определения относительного усиления на промежуточных азимутах может использоваться линейная интерполяция, основанная на азимуте от оси луча. В этом сценарии усиление на контуре зоны покрытия зависит от направления.

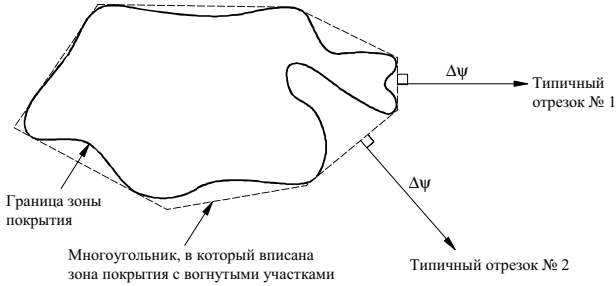
Заметим, что для профилированного луча изменение усиления внутри зоны покрытия не связано с уменьшением усиления за границами зоны покрытия. Качественные показатели антенны внутри зоны покрытия, включая коэффициент усиления, не связаны с помехами, создаваемыми соседним системам. Следовательно, для диаграмм направленности антенн с профилированными лучами не требуется определять изменение усиления внутри зоны покрытия.

РИСУНОК 3

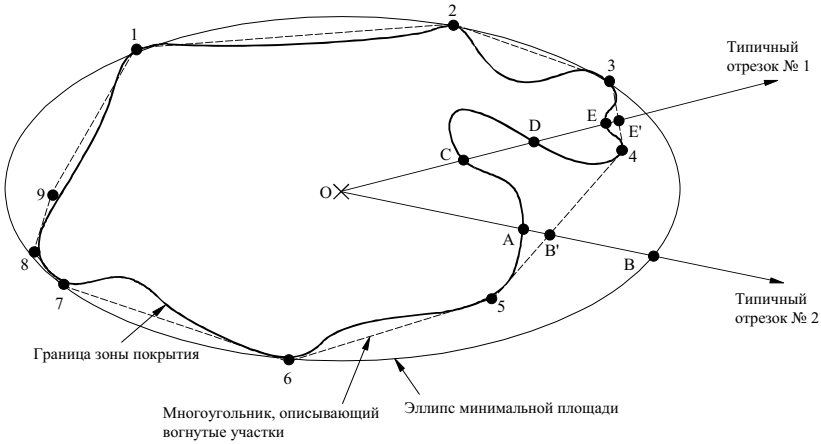
Различное представление зоны покрытия



a)



b) Измерение угла Δψ на основании (вогнутого) контура зоны покрытия



c)

0672-03

2.3 Размер элементарного луча

Уровни боковых лепестков определяются при помощи функции освещенности апертуры. Рассмотрим функцию освещенности:

$$f(x) = \cos^N\left(\frac{\pi}{2} \cdot x\right) \qquad |x| \le 1, \tag{5}$$

которая равна нулю на границе апертуры для $N > 0$. Радиус элементарного луча как функция уровня боковых лепестков (дБ) и отношения D/λ для рассматриваемого диапазона аппроксимируется формулой:

$$\psi_b = (16{,}56 - 0{,}775\ L_s)\ \lambda/D \qquad \text{градусов}, \tag{6}$$

где L_s – относительный уровень первого бокового лепестка (дБ).

Это выражение иллюстрирует компромисс между диаметром антенны, уровнем бокового лепестка и крутизной ската боковых участков главного лепестка. Оно получается из кривой, соответствующей результатам вычислений для различных уровней боковых лепестков. Это соотношение используется как отправная точка при создании моделей, описанных ниже.

2.4 Разработка моделей диаграмм направленности при совпадающей поляризации

Обобщенные диаграммы направленности при совпадающей поляризации для будущих антенн с лучами специальной формы основаны на результатах измерений, выполненных для нескольких работающих антенн с лучами специальной формы (Brazilsat, Anik-C, Anik-E, TDRSS, Intelsat-V, G-Star, Intelsat-VI, Intelsat-VII, Cobra) и на теоретических выкладках, приведенных в данном параграфе.

Предварительное моделирование, как представляется, не может количественно оценить влияние расширения луча. Показанные далее модели включают два различных подхода, в которых рассматриваются эффекты, существенные для точного предсказания параметров антенны с лучами специальной формы.

2.4.1 Первая модель

Диаграмма направленности антенны с лучом специальной формы, описанная в настоящем параграфе, строится на основе главных и второстепенных параметров. Главными параметрами являются размер элементарного луча, ширина зоны покрытия в рассматриваемом направлении и пиковый уровень боковых лепестков. Второстепенными параметрами являются параметр блокировки, изменение поверхности и величина сканируемого пространства, выраженная в единицах ширины луча. Влияние второстепенных параметров на излучение антенны сказывается в увеличении ширины главного луча и уровня боковых лепестков. Хотя основным параметром в расширении луча является величина сканируемого пространства, выраженная в единицах ширины луча, для полноты картины рассмотрены также два других параметра. Однако не следует пренебрегать влиянием блокировки на уровень боковых лепестков. Несмотря на то что на самом деле из-за практических ограничений, даже для антенн, которые в соответствии с проектом свободны от эффекта блокировки, обычно наблюдается некоторая блокировка на границах зоны покрытия. В частности, весьма вероятно возникновение приграничной блокировки для линейных антенн с двойной поляризацией, использующих общую апертуру, как, например, в случае двойных сетчатых рефлекторов, используемых на спутниках Anik-E, G-Star, Anik-C, Brazilsat и т. д. Это происходит благодаря расстоянию, разделяющему точки фокуса двух перекрывающихся рефлекторов, необходимому для того, чтобы удовлетворялись требования по развязке, и обеспечивалось достаточное пространство для размещения двух наборов облучателей.

Для участков дальних боковых лепестков опубликовано очень мало данных, для того чтобы можно было создать модель. Отражения от конструкции космического аппарата, перелив мощности через решетку и фидер, а также направленное излучение связки фидеров могут вносить неточности на больших углах от главной оси излучения, и могут лишить законной силы теоретические предположения. Кроме того, измерения в этой области являются невероятно

сложными и, следовательно, требуются дополнительные исследования для получения надежных значений усиления для данных участков модели. Пока предлагается использовать прямолинейный участок с усилением 0 дБи.

Следует отметить, что предлагаемая диаграмма направленности предназначена для применения только в тех направлениях, которые представляют практический интерес. В некритических направлениях, например в сторону океана или за пределы очертаний Земли, или в направлениях, где помехи не имеют значения, эта диаграмма вовсе не обязательно будет достаточно представительной моделью.

Обобщенная модель 1 при совпадающей поляризации

Предлагается следующая трехсегментная модель, описывающая огибающую диаграммы направленности спутниковой антенны с лучом специальной формы за пределами зоны покрытия:

Участок, прилегающий к главному лепестку:

$$G_{\text{дБи}}(\Delta\psi) = G_{ep} + U - 4V\left(\frac{\Delta\psi}{Q\,\psi_0} + 0{,}5\right)^2 \quad \text{для} \quad 0 \le \Delta\psi \le W \cdot Q \cdot \psi_0.$$

Участок ближних боковых лепестков:

$$G_{\text{дБи}}(\Delta\psi) = G_{ep} + SL \quad \text{для } W \cdot Q \cdot \psi_0 \le \Delta\psi \le Z \cdot Q \cdot \psi_0.$$

Участок дальних боковых лепестков:

$$G_{\text{дБи}}(\Delta\psi) = G_{ep} + SL + 20 \log (Z \cdot Q \cdot \psi_0 / \Delta\psi) \quad \text{для} \quad Z \le \Delta\psi \le 18,$$

где:

$\Delta\psi$: угол от границы зоны покрытия (градусы)

$G_{\text{дБи}}(\Delta\psi)$: усиление под углом $\Delta\psi$ (дБи)

G_{ep}: эквивалентное пиковое усиление

$G_{ep} = G_e + 3{,}0$ (дБи)

ψ_0: диаметр элементарного луча по уровню половинной мощности (градусы)

$\psi_0 \approx (33{,}12 - 1{,}55\ SL)\ \lambda/D$

λ: длина волны (м)

D: диаметр отражателя (м)

SL: уровень бокового лепестка относительно пикового уровня (дБ)

$U = 10 \log A$, $V = 4{,}3429\ B$ – параметры главного луча

$B = \left[\ln (0{,}5/10^{0{,}1SL})\right] / \left[\left[(16{,}30 - 3{,}345\ SL) / (16{,}56 - 0{,}775\ SL)\right]^2 - 1\right]$

$A = 0{,}5 \exp(B)$

$W = (-0{,}26 - 2{,}57\ SL) / (33{,}12 - 1{,}55\ SL)$

$Z = (77{,}18 - 2{,}445\ SL) / (33{,}12 - 1{,}55\ SL)$

Q: коэффициент расширения луча из-за влияния второстепенных параметров:

$$Q = \exp\left[(8\pi^2 (\varepsilon\varepsilon/\lambda^2\right] \cdot \left[\eta_i (\Delta)\right]^{-0{,}5} \cdot 10^{\left(\frac{0{,}000075(\delta - 1/2)^2}{\left[(F/D_p)^2 + 0{,}02\right]^2}\right)}. \qquad (7)$$

Переменные в уравнении (7) определяются следующим образом:

ε: среднеквадратичная ошибка выполнения поверхности

Δ: параметр блокировки (квадратный корень из отношения площади блокированной зоны к площади апертуры)

δ: ширина сканируемого пространства от направления оси, выраженная в единицах ширины луча

$= \theta_0 / \psi_0$

θ_0: угловое расстояние между центром зоны покрытия, определенного как центр эллипса минимальной площади, до границы зоны покрытия

$$\eta_i(\Delta) = 1 - \Delta^2 \quad \text{для блокировки в центре}$$

$$= [1 - [1 - A(1 - \Delta)^2]\,\Delta^2]^2 \quad \text{для блокировки на краях.} \qquad (8)$$

A в уравнении (8) представляет собой высоту ступеньки в первичной функции освещенности ($1 - Ar^2$) на рефлекторе, а r – нормализованное расстояние от центра плоскости апертуры плоскости отражателя ($r = 1$ на краю). F/D_p в уравнении (7) представляет собой отношение фокусного расстояния к диаметру параболы. Для рабочих спутниковых антенн это отношение изменяется от 0,35 до 0,45.

Усиление в дальнем боковом лепестке зависит от перелива мощности, эффектов дифракции и рефракции, обусловленных структурой космического аппарата. Эти эффекты зависят от конкретных проектов и, следовательно, обобщить их достаточно трудно.

Как показано в уравнении (7), коэффициент расширения луча Q зависит от среднеквадратичной ошибки выполнения поверхности ε, параметра блокировки Δ, ширины сканируемого пространства, выраженного в единицах ширины луча δ, и отношения F/D_p. Однако, как правило, на практике влияние ε и Δ на расширение луча невелико и им можно пренебрегать. Таким образом, уравнение (7) может быть упрощено до:

$$Q = 10^{\left(\frac{0{,}000075\,(\delta - 1/2)^2}{[(F/D_p)^2 + 0{,}02]^2} \right)}, \qquad (9)$$

где:

$D_p = 2(d + h)$

d: спроектированный диаметр апертуры параболоида со сдвигом

h: сдвиг по высоте к краю отражателя.

Уравнение (9) ясно показывает зависимость увеличения ширины сканируемого пространства, выраженного в единицах ширины луча и отношения F/D_p спутниковой антенны. Это выражение действительно для δ, не превышающего девяти значений ширины луча, чего более чем достаточно для глобального покрытия даже в полосе 14/11 ГГц; при использовании этой модели для таких больших зон обслуживания, как Канада, Соединенные Штаты или Китай, δ обычно равно одному или двум значениям ширины луча в полосе 6/4 ГГц и примерно четырем значениям ширины луча в полосе 14/11 ГГц. Следовательно, для большинства систем величина Q, как правило, не превышает 1,1. То есть расширение луча, как правило, составляет порядка 10% от ширины элементарного луча антенны с лучом специальной формы.

Пренебрегая расширением главного луча из-за блокировки и ошибки выполнения поверхности отражателя и предполагая, что в наихудшем случае отношение F/D_p для рефлектора составляет 0,35, коэффициент расширения луча Q можно упростить как:

$$Q = 10^{0{,}0037\,(\delta - 1/2)^2}.$$

В полосе 6/4 ГГц уровень боковых лепестков –25 дБ может быть достигнут с небольшими трудностями с использованием монолитной антенны с несколькими облучателями диаметром примерно 2 м. Для получения развязки 30 дБ могут требоваться антенны большего диаметра, если нужно обеспечить угловое расстояние достаточно большого размера или регулировать его. В полосах 14/11 ГГц фиксированной спутниковой службы, как правило, развязка 30 дБ может

быть достигнута при использовании двухметровых антенн и применении хорошо продуманной конструкции подведения сигнала.

Вышеприведенные уравнения для эталонной диаграммы направленности зависят от угла сканирования единичного луча на границе зоны покрытия в направлении каждого отдельного отрезка, к которому должна применяться данная диаграмма направленности. В качестве эталонной диаграммы, которая должна использоваться как нормативная, желательно использовать простую диаграмму с минимальной параметрической зависимостью. Однако следует выбрать значение или значения Q, которые описывают типичные зоны покрытия спутника и введены в вышеприведенные уравнения.

Для спутника, имеющего зону обслуживания в пределах страны, может быть достигнут более крутой наклон ската главного лепестка луча типичной антенны по сравнению со спутниками, имеющими очень большие региональные зоны покрытия; и наоборот, диаграмма направленности, удовлетворяющая требованиям регионального покрытия, будет слишком мягкой для спутника, имеющего зону обслуживания в пределах страны.

Следовательно, предлагается упростить модель 1 и рассмотреть два следующих случая для антенн ФСС. В этих случаях предполагается, что используется диаграмма, в которой боковые лепестки имеют одинаковый уровень –25 дБ.

a) Малая область покрытия ($\delta < 3{,}5$)

Большинство зон покрытия в пределах страны попадает в эту категорию. Для представления диаграмм направленности с умеренным ухудшением обзора для малых областей покрытия коэффициент расширения луча Q принимается равным 1,10, т. е.:

$$G_{\text{дБи}}(\Delta\psi) = \begin{cases} G_{ep} + 0{,}256 - \dfrac{10{,}797}{\psi_0^2}(\Delta\psi + 0{,}55\psi_0)^2 & \text{для} \quad 0 \le \Delta\psi \le 0{,}9794\psi_0 \\ G_{ep} - 25 & \text{для} \quad 0{,}9794\psi_0 < \Delta\psi \le 2{,}1168\psi_0 \\ G_{ep} - 25 + 20\log(2{,}1168\psi_0 / \Delta\psi) & \text{для} \quad 2{,}1168\psi_0 < \Delta\psi \le 18. \end{cases}$$

b) Большие области покрытия ($\delta > 3{,}5$)

Большие зоны покрытия характерны, например, для лучей охвата полусферы и глобальных лучей систем INTELSAT и INMARSAT. Для того чтобы описать ухудшение диаграммы из-за необходимости обзора большой территории, коэффициент Q принимается равным 1,3. Эталонные диаграммы, применимые к таким зонам покрытия ($\delta > 3{,}5$), определяются следующим образом:

$$G_{\text{дБи}}(\Delta\psi) = \begin{cases} G_{ep} + 0{,}256 - \dfrac{7{,}73}{\psi_0^2}(\Delta\psi + 0{,}65\psi_0)^2 & \text{для} \quad 0 \le \Delta\psi \le 1{,}1575\psi_0 \\ G_{ep} - 25 & \text{для} \quad 1{,}1575\psi_0 < \Delta\psi \le 2{,}5017\psi_0 \\ G_{ep} - 25 + 20\log(2{,}5017\psi_0 / \Delta\psi) & \text{для} \quad 2{,}5017\psi_0 < \Delta\psi \le 18. \end{cases}$$

2.4.2 Вторая модель

Будет достаточно непросто создать относительно простую диаграмму направленности, которая была бы применима к различным спутниковым антеннам без ущерба для конкретного проекта или системы. Исходя из этих соображений, диаграмма, показанная здесь в виде модели 2, предназначена не для описания одной-единственной огибающей, а описывает общую форму. Эту диаграмму можно рассматривать не только применительно к одной антенне, но и в качестве обобщенного представления семейства диаграмм, описывающих антенны, пригодные для множества различных приложений.

При разработке этой модели была сделана попытка полностью учесть расширение луча, вызванное тем, что элементарные лучи "смотрят" в сторону от опорного направления антенны с лучом специальной формы. Была сделана осторожная попытка учесть влияние помех и взаимного

перекрытия между соседними элементарными лучами, расположенными вокруг рассматриваемого луча. Во избежание усложнения формул рассматривались два дополнительных соседних луча в направлении движения элементарных лучей. Учитывалось также изменение расширения луча с изменением отношения *F/D*, результаты были проверены в диапазоне $0{,}70 \le F/D \le 1{,}3$ и смоделированы для усредненной плоскости сканирования между плоскостью угла места и азимутальной плоскостью. Если бы моделирование выполнялось только для азимутальной плоскости, то можно было бы ожидать, что полученные характеристики были бы более крутыми, чем предсказанные. При моделировании также были сделаны следующие предположения:

– предполагалось, что граница элементарных лучей, соответствующих отдельным элементам решетки, соответствует идеальному контуру с усилением –3 дБ для зоны покрытия луча специальной формы;

– радиус элементарного луча ψ_b определяется по уравнению (6) и соответствует ослаблению на границе апертуры –4 дБ;

– значение *B*, которое определяет участок главного луча, моделируется непосредственно как функция угла сканирования элементарного луча, диаметра антенны *D* и отношения *F*/*D* отражателя антенны.

Значение *F*/*D*, используемое в этой модели, представляет собой отношение фокусного расстояния к физическому диаметру рефлектора. Модель достоверна для диаметров рефлектора вплоть до 120 λ, ширины сканируемого пространства, охватывающего до 13 значений ширины луча, и показала хорошее соответствие 34 сегментам диаграммы направленности четырех различных антенн.

Учитывая, что когда-либо в будущем может потребоваться более точно регулировать качественные параметры антенны, эта модель предусматривает два простых коэффициента улучшения K_1 и K_2, предназначенных для изменения обобщенной диаграммы направленности, разработанной на сегодняшний день.

Обобщенная модель 2 при совпадающей поляризации

Далее описываются уравнения для различных регионов и соответствующих значений внеосевого коэффициента усиления. Эти значения коэффициента усиления измерены в направлении, нормальном к зоне покрытия в каждой точке, и этот метод тесно связан с определением зоны покрытия, приведенном в Приложении 2.

В настоящее время значения коэффициентов K_1 и K_2 следует принять равными единице, т. е. $K_1 = K_2 = 1$.

Уравнения, используемые в этой модели, нормализованы относительно первого бокового лепестка (L_s)= –20 дБ. В конечном счете, величина первого бокового лепестка будет заменена значением, выбранным для данного приложения.

а) Участок, прилегающий к главному лепестку: $(0° \le \Delta\psi < C\psi_b)$

На этом участке функция усиления описывается формулой:

$$G(\Delta\psi) = G_e - K_1 B \left[\left(1 + \frac{\Delta\psi}{\psi_b} \right)^2 - 1 \right] \quad \text{дБи,} \tag{10}$$

где:

$G(\Delta\psi)$: усиление эталонной диаграммы направленности (дБи)

G_e: усиление на границе зоны покрытия (дБи)

$\Delta\psi$: угол (градусы) от (выпуклого) контура зоны покрытия в направлении, нормальном к сторонам этого контура

$\psi_b = 32\ \lambda/D$ – радиус элементарного луча (градусы) (соответствующий $L_s = -20$ дБ в уравнении (6))

$B = B_0 - (S - 1{,}25)\ \Delta B$ для $S \ge 1{,}25$ и

$B = B_0$ для $S < 1{,}25$

$B_0 = 2{,}05 + 0{,}5\,(F/D - 1) + 0{,}0025\,D/\lambda$

$\Delta B = 1{,}65\,(D/\lambda)^{-0{,}55}$.

Для поддержания обобщенного подхода здесь приводятся уравнения и для азимутальной плоскости, и для плоскости угла места.

азимутальная плоскость: $B_0 = 2{,}15 + T$

плоскость угла места: $B_0 = 1{,}95 + T$,

где $T = 0{,}5\,(F/D - 1) + 0{,}0025\,D/\lambda$

азимутальная плоскость: $\Delta B = 1{,}3\,(D/\lambda)^{-0{,}55}$

плоскость угла места: $\Delta B = 2{,}0\,(D/\lambda)^{-0{,}55}$

D: физический диаметр антенны (м)

λ: длина волны (м)

S: угловое перемещение A между опорным направлением антенны и точкой на границе зоны покрытия для ширины элементарных лучей по половинной мощности, как показано на рисунке 4, т. е. $S_1 = A_1 / 2\psi_b$ и $S_2 = A_2 / 2\psi_b$

$$C = \sqrt{1 + \frac{(20\,K_2 - 3)}{K_1\,B}} - 1,$$

и оно соответствует пределу, где $G(\Delta\psi)$ равно уровню $-20\ K_2$ (дБ) относительно эквивалентного пикового усиления G_{ep}, т. е. $G(\Delta\psi) = G_e + 3 - 20\,K_2$.

b) Участок ближнего бокового лепестка: $C\,\psi_b \le \Delta\psi < (C + 0{,}5)\,\psi_b$

Этот участок умышленно поддерживался очень узким, что обусловлено следующими причинами. Высокие первые лепестки порядка –20 дБ встречаются только в некоторых плоскостях, и за ними следуют постепенно убывающие боковые лепестки. На участках, где наблюдается расширение луча, первый боковой лепесток сливается с главным лепестком, который был смоделирован как величина B для участка, прилегающего к главному лепестку. Отсюда необходимо, чтобы этот участок поддерживался очень узким, для того чтобы не переоценить уровень излучения. (Для антенн класса B этот участок был слегка расширен, а функция усиления была изменена.) На этом участке усиление остается постоянным и определяется по формуле:

$$G(\Delta\psi) = G_e + 3 - 20\,K_2. \qquad (11)$$

c) Участок промежуточного бокового лепестка: $(C + 0{,}5)\,\psi_b \le \Delta\psi < (C + 4{,}5)\,\psi_b$

Для этого участка характерно равномерное уменьшение боковых лепестков. Как правило, огибающая уменьшается со скоростью примерно 10 дБ на 4 ψ_b. Отсюда на данном участке:

$$G(\Delta\psi) = G_e + 3 - 20\,K_2 + 2{,}5\left[(C + 0{,}5) - \frac{\Delta\psi}{\psi_b}\right] \quad \text{дБи.} \qquad (12)$$

Вышеприведенное выражение уменьшается от $G_e + 3 - 20\ K_2$ в точке $(C + 0{,}5)\,\psi_b$ до $G_e + 3 - 10 - 20\,K_2$ в точке $(C + 4{,}5)\,\psi_b$.

d) Участок широкоугольного бокового лепестка: $(C + 4{,}5)\,\psi_b \le \Delta\psi < (C + 4{,}5)\,\psi_b\,D$,

где $D = 10^{[(G_e - 27)\,/\,20]}$.

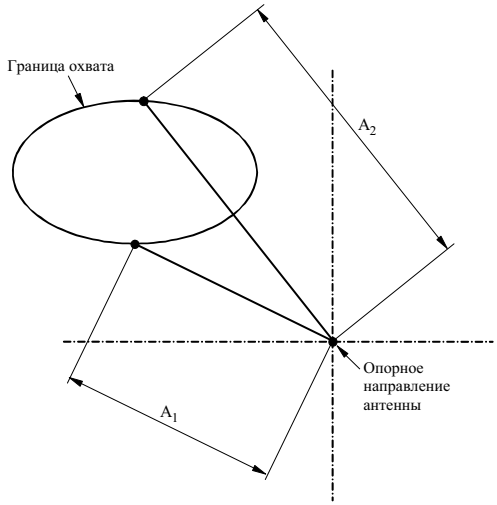
Это соответствует участку, в котором доминирует влияние дифракции на границах отражателя, которое возрастает со скоростью примерно 6 дБ на октаву. Таким образом, этот участок описывается уравнением:

$$G(\Delta\psi) = G_e + 3 - 10 - 20\,K_2 + 20 \log\left[\frac{(C + 4{,}5)\,\psi_b}{\Delta\psi}\right] \quad \text{дБи.} \tag{13}$$

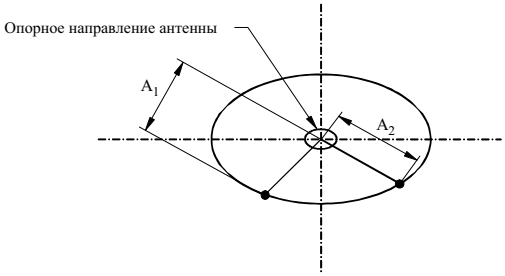
На этом участке $G(\Delta\psi)$ уменьшается от $G_e + 3 - 10 - 20\ K_2$ в точке $(C + 4{,}5)\,\psi_b$ до $G_e + 3 - 16 - 20\,K_2$ в точке $2\,(C + 4{,}5)\,\psi_b$. Верхний предел соответствует точке, где $G(\Delta\psi) = 3$ дБи.

РИСУНОК 4

Схематическое изображение зоны покрытия



a) Опорное направление вне зоны покрытия



b) Опорное направление внутри зоны покрытия

A_1, A_2: угловое расстояние (градусы) до двух точек на границе зоны покрытия от опорного направления антенны

0672-04

e) **Участок дальнего бокового лепестка**: $(C + 4{,}5)\ \psi_b\ D \le \Delta\psi \le 90$,

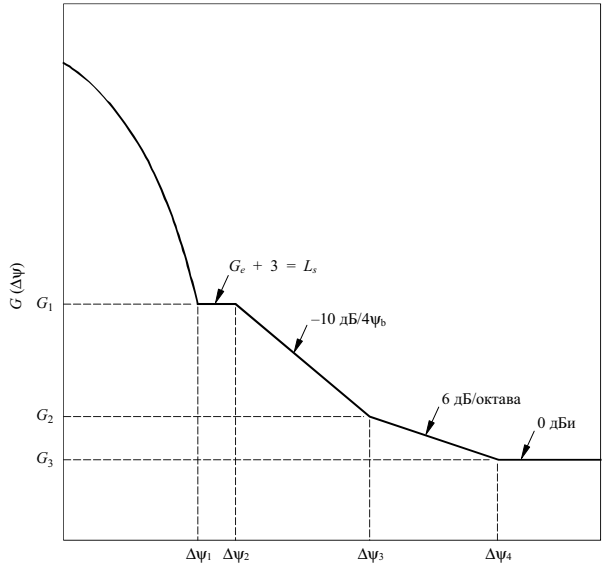
$$\text{где } D = 10^{[(G_e - 27)/20]}$$

$$G(\Delta\psi) = 3 \quad \text{дБи.} \tag{14}$$

Эти участки изображены на рисунке 5.

РИСУНОК 5

Различные участки предлагаемой модели 2



L_s: уровень первого бокового лепестка

0672-05

Эта модель может быть также распространена на простые круговые лучи, эллиптические лучи и антенны с рефлектором специальной формы. Эти случаи учитываются посредством уточнения величины B в вышеприведенной обобщенной модели:

– для простых круговых и эллиптических лучей B изменяется до величины $B = 3{,}25$

– для антенн с рефлектором специальной формы изменяются следующие параметры:

$$B = \begin{cases} 1{,}3 & \text{для } 0{,}5 \le S \le 0{,}75 \\ 1{,}56 - 0{,}34\,S & \text{для } 0{,}75 < S \le 2{,}75 \\ 0{,}62 & \text{для } S > 2{,}75, \end{cases}$$

где:

S: (угловое перемещение центра зоны покрытия) / $2\psi_b$

$$\psi_b = 40\ \lambda/D$$

$$K_2 = 1{,}25.$$

Следует отметить, что значения, предложенные для антенн с рефлектором специальной формы, соответствуют опубликованным данным о конфигурациях простых антенн. Эта новая технология быстро развивается и, следовательно, приведенные величины следует считать экспериментальными. Более того, может потребоваться провести дополнительные исследования для подтверждения достижимости уровней боковых лепестков равномерного участка.

Использование коэффициентов K_1 и K_2

Коэффициенты улучшения K_1 и K_2 не предназначены для описания каких-либо физических процессов в модели, но представляют собой простые константы, предназначенные для корректировки общей формы диаграммы направленности антенны без изменения ее сути.

Повышение величины K_1 от его используемого сегодня значения 1 приведет к увеличению крутизны огибающих, описывающих главный лепесток.

Параметр K_2 может использоваться для коррекции уровней равномерного участка боковых лепестков при помощи выбора значения K_2, большего, чем единица.

2.5 Характеристики огибающей диаграммы направленности луча специальной формы

Характеристики огибающей диаграммы направленности антенны с лучом специальной формы, в первую очередь, зависят от размера антенны. Угловое расстояние $\Delta\psi_L$ от границы зоны покрытия до точки, в которой усиление уменьшается на 22 дБ (относительно усиления на границе), является полезным параметром для планирования орбиты; он связан с размером антенны следующим образом:

$$\Delta\psi_L = C\ (\lambda/D).$$

Для центральных лучей, форма которых не регулируется или регулируется совсем немного, значение C составляет 64 для пикового уровня бокового лепестка –25 дБ. Однако для сканирующих лучей C обычно лежит в пределах 64–80 в зависимости от степени расширения главного луча.

2.6 Диаграмма направленности для средних значений отношения обзора

В пп. 2.1 и 2.2 раздела *рекомендует* приведены две эталонные диаграммы для спутниковых антенн ФСС, одна – для малых зон покрытия и отношений обзора менее 3,5 и другая – для больших зон покрытия и отношений обзора более 5,0. Однако диаграммы направленности для спутниковых антенн со средними отношениями обзора ($3{,}5 < \delta < 5{,}0$) не определены.

Для того чтобы полностью использовать данную Рекомендацию, следует определить диаграмму направленности для антенн со средними отношениями обзора между 3,5 и 5,0. Один из подходов может заключаться в переопределении любой из двух приведенных моделей, с тем чтобы она охватывала и другие скорости. Однако в качестве временного решения предлагается соединить эти две модели с эталонной диаграммой направленности, определенной параметрами, аналогичными тем, что использованы в пп. 2.1 и 2.2 раздела *рекомендует*.

На основании этого подхода была разработана новая эталонная диаграмма направленности, которая применима только к антеннам класса A. Эта диаграмма удовлетворяет существующим требованием и для малых, и для больших зон покрытия при $\delta = 3{,}5$ и $\delta = 5{,}0$, соответственно. Она определяется как функция от коэффициента расширения луча Q_i, который представляет собой

отношение верхних пределов для участков скатов главного луча антенны с лучом специальной формы ($\delta > 1/2$) и острого луча ($\delta = 1/2$). Для промежуточных отношений обзора в диапазоне $3{,}5 < \delta < 5{,}0$ величина Q_i интерполируется как:

$$Q_i = Q + \left(\frac{C}{1{,}7808} - Q\right)\left(\frac{\delta - 3{,}5}{1{,}5}\right),$$

где:

$$Q = 10^{\left(\frac{0{,}000075\,(\delta - 1/2)^2}{[(F/D_p)^2 + 0{,}02]^2}\right)}$$

$$C = \sqrt{1 + \frac{22}{B}} - 1$$

$$B = 2{,}05 + 0{,}5\,(F/D - 1) + 0{,}0025\,D/\lambda - (\delta - 1{,}25)\,1{,}65\,(D/\lambda)^{-0{,}55}.$$

Эталонная диаграмма направленности для промежуточных отношений обзора ($3{,}5 < \delta < 5{,}0$) определяется как:

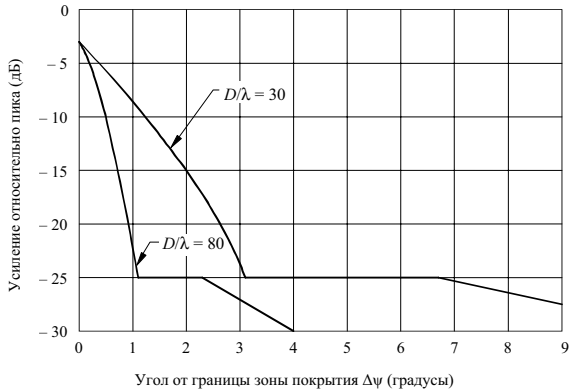
$$G_{\text{дБи}}(\Delta\psi) = \begin{cases} G_{ep} + 0{,}256 - 13{,}065\left(\dfrac{\Delta\psi}{Q_i\psi_0} + 0{,}5\right)^2 & \text{для} \quad 0 \le \dfrac{\Delta\psi}{\psi_0} \le 0{,}8904Q_i \\ G_{ep} - 25 & \text{для} \quad 0{,}8904Q_i < \dfrac{\Delta\psi}{\psi_0} \le 1{,}9244Q_i \\ G_{ep} - 25 + 20\log\left(\dfrac{1{,}9244Q_i}{\Delta\psi}\right) & \text{для} \quad 1{,}9244Q_i < \dfrac{\Delta\psi}{\psi_0} \le \dfrac{18}{\psi_0}. \end{cases}$$

Переменные в вышеприведенных уравнениях были определены в пп. 2.1 и 2.2 раздела *рекомендует*.

На рисунке 6 показан пример новой диаграммы направленности для $\delta = 4{,}25$ и для двух различных значений D/λ.

РИСУНОК 6

Предлагаемые эталонные диаграммы для промежуточных скоростей сканирования ($3{,}5 < \delta < 5{,}0$)



Для подтверждения правомочности модели для участка с промежуточным значением отношения обзора необходимы дальнейшие исследования.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

1 Определение огибающих зоны покрытия и контуров усиления вокруг зоны покрытия

1.1 Определение огибающих зоны покрытия

Зона покрытия может быть определена множеством географических точек, видимых со спутника. Количество точек, необходимых для правильного определения зоны покрытия, зависит от сложности конфигурации этой зоны. Эти точки могут быть заменены расчетными значениями допусков точности наведения антенны и изменениями, зависящими от дуги обслуживания. Многоугольник образуется при помощи соединения соседних точек. Контур зоны покрытия строится вокруг этого многоугольника с учетом следующих двух критериев:

– радиус изгиба зоны покрытия должен быть $\geq \psi_b$;

– расстояние между сегментами зоны покрытия, расположенными на прямой линии, должно быть $> 2\psi_b$ (см. рисунок 7).

Если многоугольник зоны покрытия можно вписать в круг радиусом ψ_b, то этот круг представляет собой контур зоны покрытия. Центр этого круга является центром круга с минимальным радиусом, который будет только-только охватывать контур зоны покрытия. Если многоугольник зоны покрытия не может быть вписан в круг радиусом ψ_b, то выполняется следующая процедура:

Шаг 1: Для каждого внутреннего угла многоугольника $< 180°$ построить круг радиусом ψ_b, центр которого расположен на расстоянии (ψ_b) от внутренней биссектрисы угла. Если все углы меньше 180° (нет вогнутых участков), шаги 2 и 4 можно исключить.

Шаг 2: a) Для каждого внутреннего угла $> 180°$ построить круг радиусом ψ_b, который касается линий, соединяющих точки зоны покрытия, центр которого должен находиться на внешней биссектрисе угла.

b) Если круг не расположен полностью снаружи многоугольника зоны покрытия, то построить круг радиусом ψ_b, который касается многоугольника зоны покрытия в двух его ближайших точках и полностью лежит за пределами многоугольника покрытия.

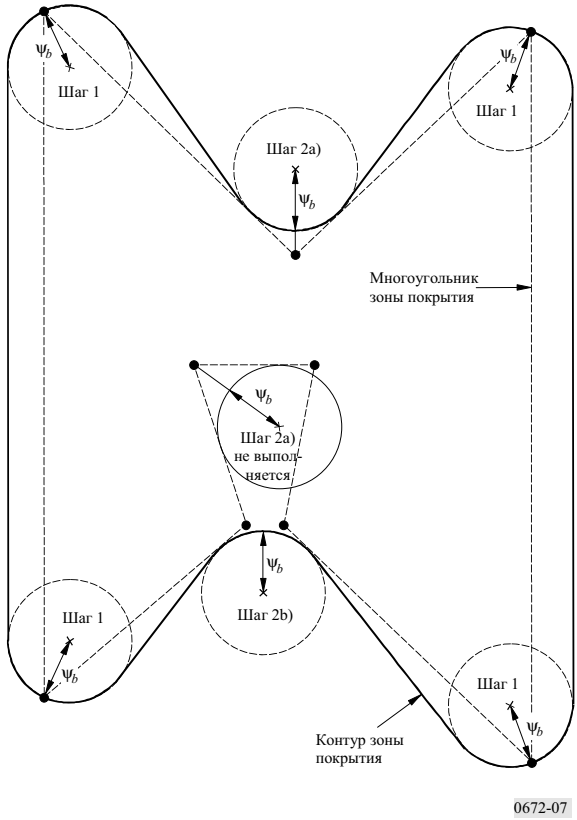
Шаг 3: Построить прямолинейные сегменты, касательные к участкам кругов, построенных в шагах 1 и 2, которые расположены наиболее близко к многоугольнику покрытия, но лежат за его пределами.

Шаг 4: Если внутреннее расстояние между любыми двумя прямолинейными сегментами, построенными в шаге 3, меньше $2\psi_b$, то на многоугольнике зоны покрытия должны быть выбраны такие дополнительные проверочные точки, для которых повторное выполнение шагов 1–3 приведет к тому, что внутреннее расстояние между двумя прямолинейными сегментами будет равно $2\psi_b$.

Пример такого способа построения показан на рисунке 7.

РИСУНОК 7

Конструкция контура зоны покрытия



1.2 Контуры усиления вокруг зоны покрытия

Как уже отмечено в Приложении 1, трудности возникают, когда контур зоны покрытия имеет вогнутые участки. Использование величины $\Delta\psi$, измеренной в направлении, нормальном к контуру зоны покрытия, приведет к пересечениям нормалей, а также к возможному пересечению с контуром зоны покрытия.

Для того чтобы обойти эту проблему, а также и некоторые другие, предлагается применять двухшаговую процедуру. Если контур зоны покрытия не имеет вогнутых участков, то шаг 2 не выполняется.

Шаг 1: Для каждого значения $\Delta\psi$ построить такой контур, для которого угловое расстояние между этим контуром и контуром зоны покрытия никогда не будет меньше чем $\Delta\psi$.

Это может быть выполнено при помощи создания дуг размером $\Delta\psi$ из точек на контуре зоны покрытия. Внешняя огибающая этих дуг и явится результирующим контуром усиления.

Когда граница зоны покрытия имеет прямолинейные или вогнутые участки, это условие выполняется при помощи измерения нормали к контуру зоны покрытия. В этом случае не будет никаких пересечений нормалей.

За счет выполнения процесса, описанного в шаге 1, исключаются проблемы с построением в зонах с вогнутыми участками. Однако если смотреть на вещи реально, некоторые проблемные зоны сохраняются. Как отмечено в Приложении 1, регулировка боковых лепестков в зонах с вогнутыми границами с увеличением степени вогнутости может усложняться, кросс-секция диаграммы направленности расширяется, и при использовании для построения огибающей процесса, описанного в шаге 1, могут появляться участки с нарушением непрерывности.

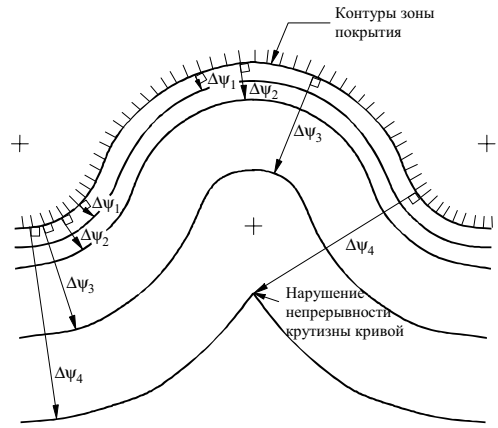
Представляется разумным постулировать, что контуры усиления должны иметь радиусы кривизны, которые ни при каких обстоятельствах не могут быть меньше ($\psi_b + \Delta\psi$) ни изнутри, ни снаружи контура усиления. Это условие выполняется в ходе реализации процесса, описанного в шаге 1, там, где зона покрытия прямолинейная или выпуклая, но не для вогнутых участков контура зоны покрытия. Точки фокуса для измерения радиусов кривизны там, где зона покрытия прямолинейная или выпуклая, лежат за пределами контура усиления. Для вогнутых участков применение шага 1 может привести к тому, что радиус кривизны, видимый из-за пределов контура усиления, будет меньше величины ($\psi_b + \Delta\psi$).

На рисунке 8 показан пример выполнения процесса, описанного в шаге 1 для вогнутого участка контура зоны покрытия. Полукруглые сегменты используются для удобства построения контура зоны покрытия. Отметим нарушение непрерывности крутизны кривой.

Для того чтобы учесть вышеназванные проблемы и исключить появление точек, в которых отсутствует непрерывность характеристики, там, где наблюдается вогнутость, предлагается выполнить процесс, описанный в шаге 2.

РИСУНОК 8

Огибающие усиления для шага 1 в контуре вогнутой зоны покрытия



Шаг 2: Тот участок контура усиления, определенного в ходе выполнения шага 1, где радиус кривизны, видимый снаружи этого контура, не превышает $(\psi_b + \Delta\psi)$, должен быть замещен контуром с радиусом, равным $(\psi_b + \Delta\psi)$.

На рисунке 9 показан пример применения процесса, описанного в шаге 2, к вогнутому участку, изображенному на рисунке 8. Для иллюстрации показаны также контуры относительного усиления, в предположении, что ψ_b имеет указанное на рисунке значение, а $B = 3$ дБ.

Этот способ построения не имеет неоднозначностей и позволяет построить контуры усиления для вогнутых участков, существование которых вполне разумно ожидать. Однако трудности возникают при разработке программного обеспечения для реализации этого метода, и, кроме того, этот метод не полностью применим для малых зон покрытия. Для уточнения этого метода работа будет продолжена.

Для определения значений усиления в конкретных точках без построения контуров используется следующая процедура.

Значения усиления в точках, которые расположены на некотором удалении от вогнутого участка, могут быть найдены при помощи определения угла $\Delta\psi$, измеренного в направлении, нормальном к контуру зоны покрытия, и вычисления коэффициента усиления с использованием соответствующего уравнения: (10), (11), (12), (13) или (14). Усиление в точке на выгнутом участке можно определить следующим образом.

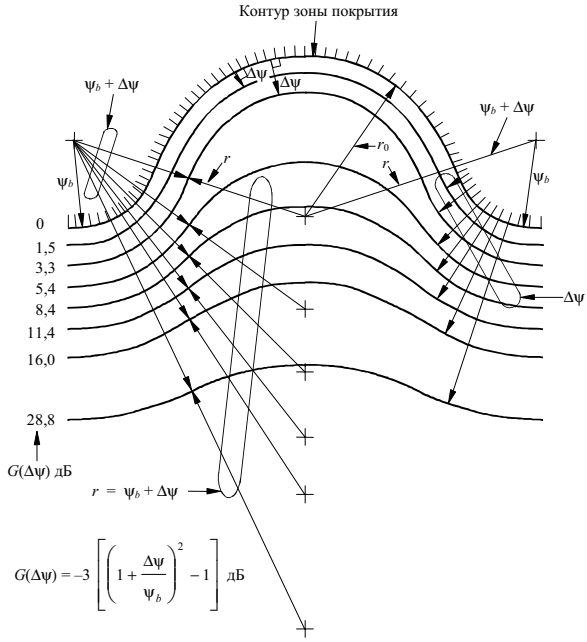
Сначала применяется простая проверка. Через вогнутый участок зоны покрытия начертим прямую линию так, чтобы она касалась границы зоны покрытия в двух точках, но не пересекала бы ее. Из точек касания проведем нормали к контуру зоны покрытия. Если рассматриваемая точка лежит вне зоны покрытия между двумя нормалями, то из-за вогнутости зоны покрытия избирательность антенны в этой точке может измениться. Тогда необходимо выполнить следующее:

Определить наименьший угол $\Delta\psi$ между рассматриваемой точкой и контуром зоны покрытия. Построить круг с радиусом $(\psi_b + \Delta\psi)$, на окружности которого лежит эта точка. Этот круг следует строить таким образом, чтобы угловое расстояние до этой точки из любой точки контура зоны покрытия было максимальным, когда круг полностью расположен вне зоны покрытия; назовем это максимальным угловым расстоянием $\Delta\psi'$. Величина $\Delta\psi'$ может быть любым углом от 0 до $\Delta\psi$; она не может превышать $\Delta\psi$, но может быть ему равна. Избирательность антенны для рассматриваемой точки теперь получается из соответствующего уравнения (10), (11), (12), (13) или (14), в которое вместо $\Delta\psi$ подставлено $\Delta\psi'$.

В Бюро радиосвязи разработаны две компьютерные программы для построения контуров зоны покрытия с использованием вышеописанного метода.

РИСУНОК 9

Построение контуров усиления в контуре вогнутой зоны покрытия
шаг 1 + шаг 2



$r = \psi_b + \Delta\psi$

$r_0 = 1{,}9\ \psi_b$

r_0: радиус кривизны вогнутости контура зоны покрытия

r: радиус кривизны

0672-09

РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R M.690-1*

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РАДИОМАЯКОВ-УКАЗАТЕЛЕЙ МЕСТА БЕДСТВИЯ (РМУМБ), РАБОТАЮЩИХ НА НЕСУЩИХ ЧАСТОТАХ 121,5 МГц и 243 МГц

(Вопрос МСЭ-R 31/8)

(1990-1995)

Резюме

В данной Рекомендации содержатся технические характеристики, которым должны соответствовать радиомаяки-указатели места бедствия (РМУМБ), предназначенные для работы на несущих частотах 121,5 МГц и 243 МГц.

Дополнительные характеристики РМУМБ, предназначенных для размещения на воздушном судне определены в соответствующих приложениях к Конвенции по международной гражданской авиации.

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

a) что Регламент радиосвязи определяет назначение сигналов радиомаяков-указателей места бедствия (РМУМБ);

b) что администрации, которые разрешают использование РМУМБ, работающих на несущих частотах 121,5 МГц и 243 МГц, должны обеспечить, чтобы эти РМУМБ удовлетворяли соответствующим Рекомендациям МСЭ-R, а также стандартам и рекомендуемой практике ИКАО,

рекомендует,

1 чтобы технические характеристики РМУМБ, работающих на несущих частотах 121,5 МГц и 243 МГц, соответствовали характеристикам, описанным в Приложении 1.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Технические характеристики радиомаяков-указателей места бедствия (РМУМБ), работающих на несущих частотах 121,5 МГц и 243 МГц

РМУМБ, работающие на несущих частотах 121,5 МГц и 243 МГц, должны удовлетворять следующим условиям (см. Примечание 1):

a) излучения в условиях обычной антенны и при обычном положении должны быть вертикально поляризованы и по существу являться ненаправленными в горизонтальной плоскости;

b) несущие частоты должны быть амплитудно-модулированными (минимальный рабочий цикл равен 33%), при минимальной глубине модуляции равной 0,85;

c) излучение должно состоять из характерного тонального сигнала, полученного при амплитудной модуляции несущих частот с нисходящим качанием звуковой частоты в рамках диапазона от не менее чем 700 в пределах между 1600 Гц и 300 Гц и при частоте повторений качаний от двух до четырех раз в секунду;

---

* Данная Рекомендация должна быть доведена до сведения Международной организации гражданской авиации (ИКАО) и Секретариата КОСПАС-САРСАТ.

d) излучения должны содержать одну четко определенную несущую частоту, которая отличается от составляющих боковых полос модуляции; в частности, по меньшей мере 30% общей мощности, излучаемой во время любого периода передачи, должно содержаться в следующих пределах:

±30 Гц несущей частоты на 121,5 МГц;

±60 Гц несущей частоты на 243,0 МГц;

e) необходимо использовать излучения класса A3X; однако можно использовать любой вид модуляции, который удовлетворяет требованиям, установленным в пп. b), c) и d), выше, при условии что он не ухудшает точность определения местоположения радиомаяка.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Дополнительные характеристики РМУМБ на борту воздушных судов определены в соответствующих приложениях к Конвенции по Международной гражданской авиации.

РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R P.838-3

Модель погонного ослабления в дожде, используемая в методах прогнозирования

(Вопрос МСЭ-R 201/3)

(1992-1999-2003-2005)

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая

а) необходимость расчета ослабления сигнала в дожде по данным об интенсивности дождя,

рекомендует,

1 чтобы при расчете ослабления использовалась следующая процедура.

Соотношение между погонным ослаблением, γ_R (дБ/км), и интенсивностью дождя, R (мм/ч), описывается степенным законом:

$$\gamma_R = kR^{\alpha} . \tag{1}$$

Значения коэффициентов k и α определяются в функции частоты f (ГГц) в диапазоне от 1 до 1000 ГГц из следующих уравнений, которые были составлены исходя из аппроксимации кривой по коэффициентам степенной зависимости, полученным из вычислений рассеяния:

$$\log_{10} k = \sum_{j=1}^{4} a_j \exp\left[-\left(\frac{\log_{10} f - b_j}{c_j} \right)^2 \right] + m_k \log_{10} f + c_k \tag{2}$$

$$\alpha = \sum_{j=1}^{5} a_j \exp\left[-\left(\frac{\log_{10} f - b_j}{c_j} \right)^2 \right] + m_\alpha \log_{10} f + c_\alpha , \tag{3}$$

где:

f: частота (ГГц)

k: k_H или k_V

α: α_H или α_V.

Значения констант для коэффициента k_H в случае горизонтальной поляризации приведены в таблице 1, а для коэффициента k_V в случае вертикальной поляризации – в таблице 2. В таблице 3 приведены значения констант для коэффициента α_H в случае горизонтальной поляризации, а в таблице 3 – значения констант для коэффициента α_V в случае вертикальной поляризации.

ТАБЛИЦА 1

Коэффициенты для k_H

j	a_j	b_j	c_j	m_k	c_k
1	–5,33980	–0,10008	1,13098	–0,18961	0,71147
2	–0,35351	1,26970	0,45400		
3	–0,23789	0,86036	0,15354		
4	–0,94158	0,64552	0,16817		

ТАБЛИЦА 2

Коэффициенты для k_V

j	a_j	b_j	c_j	m_k	c_k
1	–3,80595	0,56934	0,81061	–0,16398	0,63297
2	–3,44965	–0,22911	0,51059		
3	–0,39902	0,73042	0,11899		
4	0,50167	1,07319	0,27195		

ТАБЛИЦА 3

Коэффициенты для α_H

j	a_j	b_j	c_j	m_α	c_α
1	–0,14318	1,82442	–0,55187	0,67849	–1,95537
2	0,29591	0,77564	0,19822		
3	0,32177	0,63773	0,13164		
4	–5,37610	–0,96230	1,47828		
5	16,1721	–3,29980	3,43990		

ТАБЛИЦА 4

Коэффициенты для α_V

j	a_j	b_j	c_j	m_α	c_α
1	–0,07771	2,33840	–0,76284	–0,053739	0,83433
2	0,56727	0,95545	0,54039		
3	–0,20238	1,14520	0,26809		
4	–48,2991	0,791669	0,116226		
5	48,5833	0,791459	0,116479		

В случае линейной и круговой поляризации для любой геометрии трассы коэффициенты в уравнении (1) можно вычислить по значениям, заданным уравнениями (2) и (3), с помощью следующих уравнений:

$$k = [k_H + k_V + (k_H - k_V)\cos^2\theta \cos 2\tau]/2 \quad (4)$$

$$\alpha = [k_H\alpha_H + k_V\alpha_V + (k_H\alpha_H - k_V\alpha_V)\cos^2\theta\cos 2\tau]/2k, \quad (5)$$

где θ – угол места трассы, а τ – угол наклона оси поляризации по отношению к горизонтали (для круговой поляризации $\tau = 45°$).

Для получения быстрой справки коэффициенты k и α показаны графически на рисунках 1–4, а в таблице 5 приведены числовые значения для этих коэффициентов на данных частотах.

РИСУНОК 1

Коэффициент k для горизонтальной поляризации

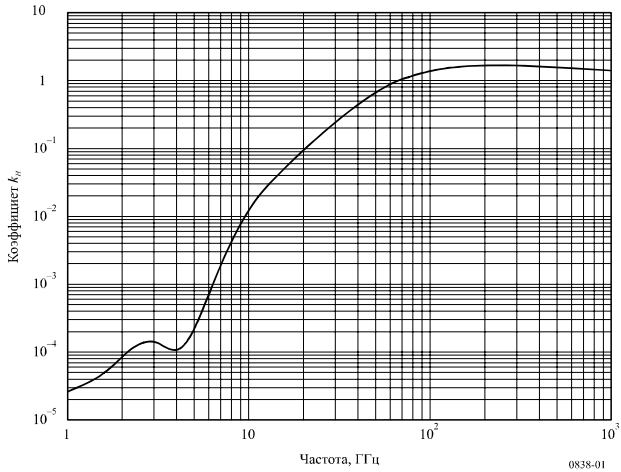


РИСУНОК 2

Коэффициент α для горизонтальной поляризации

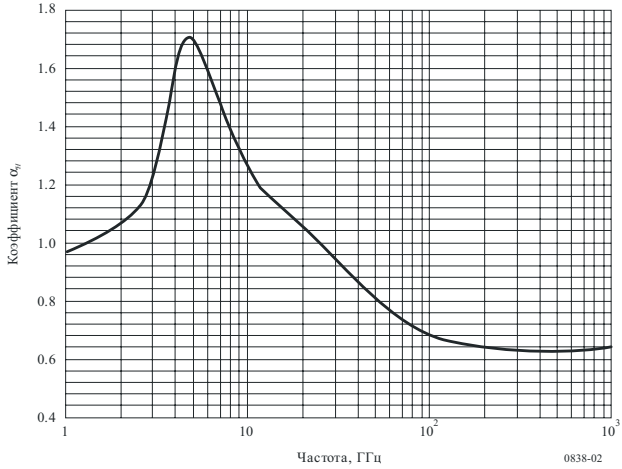


РИСУНОК 3

Коэффициент k для вертикальной поляризации

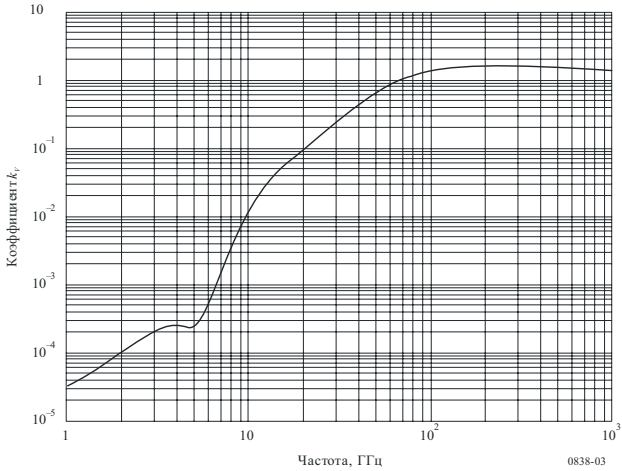


РИСУНОК 4

Коэффициент α для вертикальной поляризации

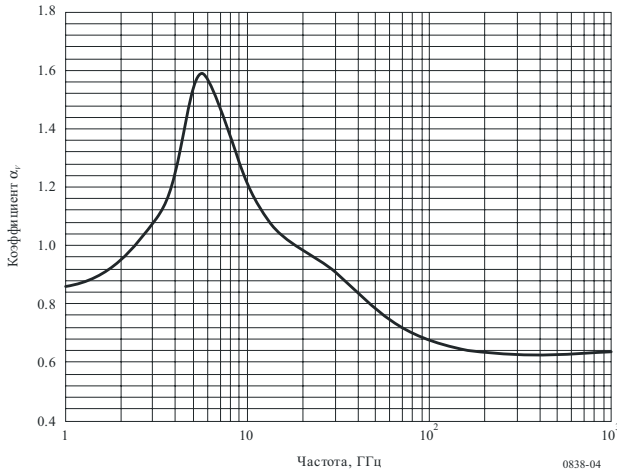


ТАБЛИЦА 5

Зависящие от частоты коэффициенты для оценки погонного ослабления в дожде с использованием уравнений (4), (5) и (1)

Частота, ГГц	k_H	α_H	k_V	α_V
1	0,0000259	0,9691	0,0000308	0,8592
1,5	0,0000443	1,0185	0,0000574	0,8957
2	0,0000847	1,0664	0,0000998	0,9490
2,5	0,0001321	1,1209	0,0001464	1,0085
3	0,0001390	1,2322	0,0001942	1,0688
3,5	0,0001155	1,4189	0,0002346	1,1387
4	0,0001071	1,6009	0,0002461	1,2476
4,5	0,0001340	1,6948	0,0002347	1,3987
5	0,0002162	1,6969	0,0002428	1,5317
5,5	0,0003909	1,6499	0,0003115	1,5882
6	0,0007056	1,5900	0,0004878	1,5728
7	0,001915	1,4810	0,001425	1,4745
8	0,004115	1,3905	0,003450	1,3797
9	0,007535	1,3155	0,006691	1,2895
10	0,01217	1,2571	0,01129	1,2156

ТАБЛИЦА 5 (*продолжение*)

Частота, ГГц	k_H	α_H	k_V	α_V
11	0,01772	1,2140	0,01731	1,1617
12	0,02386	1,1825	0,02455	1,1216
13	0,03041	1,1586	0,03266	1,0901
14	0,03738	1,1396	0,04126	1,0646
15	0,04481	1,1233	0,05008	1,0440
16	0,05282	1,1086	0,05899	1,0273
17	0,06146	1,0949	0,06797	1,0137
18	0,07078	1,0818	0,07708	1,0025
19	0,08084	1,0691	0,08642	0,9930
20	0,09164	1,0568	0,09611	0,9847
21	0,1032	1,0447	0,1063	0,9771
22	0,1155	1,0329	0,1170	0,9700
23	0,1286	1,0214	0,1284	0,9630
24	0,1425	1,0101	0,1404	0,9561
25	0,1571	0,9991	0,1533	0,9491
26	0,1724	0,9884	0,1669	0,9421
27	0,1884	0,9780	0,1813	0,9349
28	0,2051	0,9679	0,1964	0,9277
29	0,2224	0,9580	0,2124	0,9203
30	0,2403	0,9485	0,2291	0,9129
31	0,2588	0,9392	0,2465	0,9055
32	0,2778	0,9302	0,2646	0,8981
33	0,2972	0,9214	0,2833	0,8907
34	0,3171	0,9129	0,3026	0,8834
35	0,3374	0,9047	0,3224	0,8761
36	0,3580	0,8967	0,3427	0,8690
37	0,3789	0,8890	0,3633	0,8621
38	0,4001	0,8816	0,3844	0,8552
39	0,4215	0,8743	0,4058	0,8486
40	0,4431	0,8673	0,4274	0,8421
41	0,4647	0,8605	0,4492	0,8357
42	0,4865	0,8539	0,4712	0,8296
43	0,5084	0,8476	0,4932	0,8236
44	0,5302	0,8414	0,5153	0,8179
45	0,5521	0,8355	0,5375	0,8123
46	0,5738	0,8297	0,5596	0,8069
47	0,5956	0,8241	0,5817	0,8017
48	0,6172	0,8187	0,6037	0,7967

ТАБЛИЦА 5 (*продолжение*)

Частота, ГГц	k_H	α_H	k_V	α_V
49	0,6386	0,8134	0,6255	0,7918
50	0,6600	0,8084	0,6472	0,7871
51	0,6811	0,8034	0,6687	0,7826
52	0,7020	0,7987	0,6901	0,7783
53	0,7228	0,7941	0,7112	0,7741
54	0,7433	0,7896	0,7321	0,7700
55	0,7635	0,7853	0,7527	0,7661
56	0,7835	0,7811	0,7730	0,7623
57	0,8032	0,7771	0,7931	0,7587
58	0,8226	0,7731	0,8129	0,7552
59	0,8418	0,7693	0,8324	0,7518
60	0,8606	0,7656	0,8515	0,7486
61	0,8791	0,7621	0,8704	0,7454
62	0,8974	0,7586	0,8889	0,7424
63	0,9153	0,7552	0,9071	0,7395
64	0,9328	0,7520	0,9250	0,7366
65	0,9501	0,7488	0,9425	0,7339
66	0,9670	0,7458	0,9598	0,7313
67	0,9836	0,7428	0,9767	0,7287
68	0,9999	0,7400	0,9932	0,7262
69	1,0159	0,7372	1,0094	0,7238
70	1,0315	0,7345	1,0253	0,7215
71	1,0468	0,7318	1,0409	0,7193
72	1,0618	0,7293	1,0561	0,7171
73	1,0764	0,7268	1,0711	0,7150
74	1,0908	0,7244	1,0857	0,7130
75	1,1048	0,7221	1,1000	0,7110
76	1,1185	0,7199	1,1139	0,7091
77	1,1320	0,7177	1,1276	0,7073
78	1,1451	0,7156	1,1410	0,7055
79	1,1579	0,7135	1,1541	0,7038
80	1,1704	0,7115	1,1668	0,7021
81	1,1827	0,7096	1,1793	0,7004
82	1,1946	0,7077	1,1915	0,6988
83	1,2063	0,7058	1,2034	0,6973
84	1,2177	0,7040	1,2151	0,6958
85	1,2289	0,7023	1,2265	0,6943
86	1,2398	0,7006	1,2376	0,6929

ТАБЛИЦА 5 (*продолжение*)

Частота, ГГц	k_H	α_H	k_V	α_V
87	1,2504	0,6990	1,2484	0,6915
88	1,2607	0,6974	1,2590	0,6902
89	1,2708	0,6959	1,2694	0,6889
90	1,2807	0,6944	1,2795	0,6876
91	1,2903	0,6929	1,2893	0,6864
92	1,2997	0,6915	1,2989	0,6852
93	1,3089	0,6901	1,3083	0,6840
94	1,3179	0,6888	1,3175	0,6828
95	1,3266	0,6875	1,3265	0,6817
96	1,3351	0,6862	1,3352	0,6806
97	1,3434	0,6850	1,3437	0,6796
98	1,3515	0,6838	1,3520	0,6785
99	1,3594	0,6826	1,3601	0,6775
100	1,3671	0,6815	1,3680	0,6765
120	1,4866	0,6640	1,4911	0,6609
150	1,5823	0,6494	1,5896	0,6466
200	1,6378	0,6382	1,6443	0,6343
300	1,6286	0,6296	1,6286	0,6262
400	1,5860	0,6262	1,5820	0,6256
500	1,5418	0,6253	1,5366	0,6272
600	1,5013	0,6262	1,4967	0,6293
700	1,4654	0,6284	1,4622	0,6315
800	1,4335	0,6315	1,4321	0,6334
900	1,4050	0,6353	1,4056	0,6351
1 000	1,3795	0,6396	1,3822	0,6365

РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R M.1084-4*, **

Временные решения для более эффективного использования диапазона 156–174 МГц станциями морской подвижной службы

(Вопрос МСЭ-R 96/8)

(1994-1995-1997-1998-2001)

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

a) что Рекомендация 318 (Подв-87) Всемирной административной радиоконференции по подвижным службам (Женева, 1987 г.) (ВАРК Подв-87) посвящена поиску средств повышения эффективности использования ОВЧ спектра, распределенного Регламентом радиосвязи (РР), Приложение 18, для морской подвижной связи;

b) что для морской связи важна единая международная система, способная обеспечить безопасность человеческой жизни на море;

c) что наиболее существенный долгосрочный вклад в повышение эффективности использования спектра будет получен за счет использования наиболее современных цифровых или узкополосных методов передачи;

d) что внедрение новых технологий или другое планирование полос частот будет очень полезной практикой, включая и длительный переходный период;

e) что любое новое оборудование должно быть совместимо или способно сосуществовать с существующим широко используемым оборудованием, соответствующим Рекомендации МСЭ-R M.489;

f) что внедрение новой технологии не должно мешать использованию ОВЧ диапазонов морской подвижной службы, распределенных согласно РР, Приложение 18, для связи в случаях бедствий и обеспечения безопасности, осуществляемой всеми пользователями;

g) что перегрузка ОВЧ диапазона морской подвижной службы стала в некоторых частях земного шара серьезной проблемой, которая продолжает расти;

h) что из-за этого некоторые администрации могут применять свои собственные меры для борьбы с перегрузкой в локальных масштабах;

j) что в Приложении 18 РР предусматривается, что администрации, испытывающие острую необходимость в снижении перегрузки в локальных масштабах, могут применять каналы с перемежением с разнесением 12,5 кГц, если исключены помехи каналам с разнесением 25 кГц;

k) что реализация частотного разнесения каналов на 12,5 кГц потребует стандартного плана нумерации;

l) что администрации планируют использовать одночастотный режим работы двухчастотных каналов в качестве средства для уменьшения текущей перегрузки;

---

* Эту Рекомендацию необходимо довести до сведения Международной морской организации (ИМО).

** *Примечание Секретариата*. – Включенными посредством ссылки считаются только Таблицы 1 и 3 Приложения 4 к настоящей Рекомендации.

m) что эти временные решения используются в стандартной Системе автоматической идентификации, разработанной в соответствии с Рекомендацией МСЭ-R М.1371 для удовлетворения требований ИМО к оснащению судов,

рекомендует,

1 чтобы администрации, для которых вопрос борьбы с перегрузкой стоит очень остро, использовали одночастотный режим работы в двухчастотных каналах в качестве временной неотложной меры;

2 чтобы для администраций, которые испытывают острую необходимость в решении вопросов, связанных с перегрузкой, переход к аналоговой частотной модуляции (ЧМ) с разнесением 12,5 кГц, используемый в качестве временной неотложной меры, стал простым способом повышения эффективности использования спектра и мог бы оказать влияние на текущую работу, особенно когда это касается международного судоходства с использованием разнесения каналов на 25 кГц;

3 чтобы администрации, использующие в качестве временной меры аналоговые ЧМ каналы с разнесением на 12,5 кГц, старались не работать на каналах связи в случаях бедствий и для обеспечения безопасности, а также на каналах, влияющих на безопасность международного судоходства;

4 чтобы временные меры, о которых говорилось в пунктах 2 и 3 раздела *рекомендует*, не уменьшали значимости более долгосрочных решений, получаемых на основе ведущихся исследований, которые могут привести к использованию более совершенных технологий и образованию каналов с шириной полосы, отличной от 12,5 кГц;

5 чтобы временные меры, о которых говорилось в пунктах 2 и 3 раздела *рекомендует*, не уменьшали значимости создания международным сообществом в качестве более долгосрочного решения единой международной системы связи в случаях бедствий и для обеспечения безопасности;

6 чтобы администрации, которые намерены бороться с текущей перегрузкой путем использования узкополосных каналов, учитывали информацию, содержащуюся в Приложении 2, и использовали его как руководство при переходе от каналов с разнесением 25 кГц к более узкой полосе;

7 чтобы администрации, которые намерены бороться с текущей перегрузкой путем использования узкополосных каналов, применяли оборудование, которое отвечает техническим параметрам, приведенным в Приложении 1, и в то же время учитывали положения Приложения 18 РР;

8 чтобы администрации, использующие перемежающиеся узкополосные каналы с разнесением 12,5 кГц со смещением несущей в качестве временной меры, рассматривали Приложение 3 как пример возможного метода реализации такого подхода (имеются различные методы, отличающиеся другими свойствами по сравнению с методами, описанными в Приложении 3);

9 чтобы администрации, использующие узкополосные каналы с разнесением 12,5 кГц, учитывали информацию, содержащуюся в Приложении 4, для нумерации новых каналов;

10 чтобы администрации, использующие одночастотный режим работы двухчастотных каналов, учитывали информацию, содержащуюся в разделе 3 Приложения 4, для нумерации этих каналов;

11 чтобы администрации, по мере возможности, следили за реализацией современных методов создания цифровых или узкополосных каналов, с тем чтобы соответствовать будущим требованиям в отношении эксплуатационных характеристик и эффективности использования полосы 156–174 МГц.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Технические характеристики оборудования, предназначенного для работы в каналах с разнесением 12,5 кГц

Оборудование, в котором реализуются перечисленные ниже параметры (см. Примечание 1), следует использовать в соответствии с положениями Приложения 18 РР:

– допустимое отклонение частоты для передатчиков береговых и судовых станций не должно превышать 5×10^6;

– девиация частоты не должна превышать ±2,5 кГц.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Для информации; другие характеристики основаны на европейском стандарте электросвязи (ETS) 300 086, опубликованном Европейским институтом стандартизации электросвязи (ЕТСИ).

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Переход к узкополосным каналам в морской подвижной службе

1 Введение

В настоящем Приложении рассматриваются пути будущего перехода морской подвижной службы к узкополосным каналам с разнесением 5 кГц или 6,25 кГц и с использованием линейной или цифровой модуляции. Рассматривается переход от разнесения каналов на 25 кГц, которое используется в настоящее время, и от разнесения на 12,5 кГц, если последнее будет принято некоторыми администрациями в качестве временной меры.

2 Смысл перехода к узкополосным каналам

2.1 Переход

Наиболее простой с точки зрения практической реализации и наименее разрушительный метод перехода от разнесения на 25 кГц или 12,5 кГц к разнесению на 5 кГц или 6,25 кГц заключается в перемежении узкополосных каналов с более широкополосными, причем этот метод применим во всех случаях. Однако поскольку методы линейной и цифровой модуляции, использующие разнесение на 5 кГц и/или 6,25 кГц, несовместимы с существующим ЧМ оборудованием, в переходный период придется использовать двойной режим или дополнительное оборудование.

2.2 Перемежение

2.2.1 Перемежение с каналами в полосе 25 кГц

На рисунках 1 и 2 показано, как можно перемежать каналы с разнесением на 5 кГц и 6,25 кГц с существующими каналами в полосе 25 кГц. Во время переходного периода потребуется, чтобы береговые и судовые станции были оснащены узкополосным оборудованием и постепенно переходили на узкополосные каналы по мере возрастания их доступности. Число новых узкополосных каналов будет постепенно расти в течение всего переходного периода, тогда как количество доступных каналов с разнесением 25 кГц будет соответствующим образом уменьшаться.

К определенному моменту все оставшиеся каналы с разнесением 25 кГц будут аннулированы и заменены новыми.

Переход от каналов с разнесением 25 кГц достаточно прост, но он, вероятно, потребует некоторого дополнительного выравнивания каналов или границ полос.

РИСУНОК 1

Переход от каналов с разнесением 25 кГц к каналам с разнесением 5 кГц

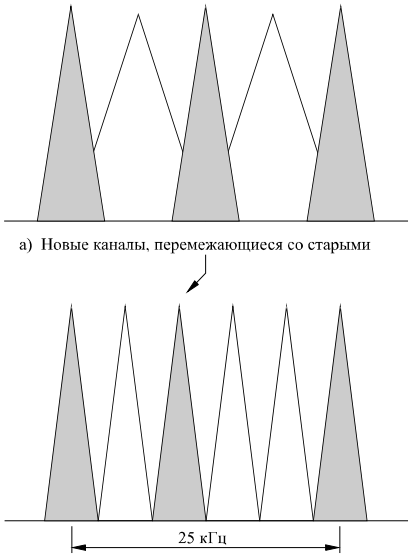
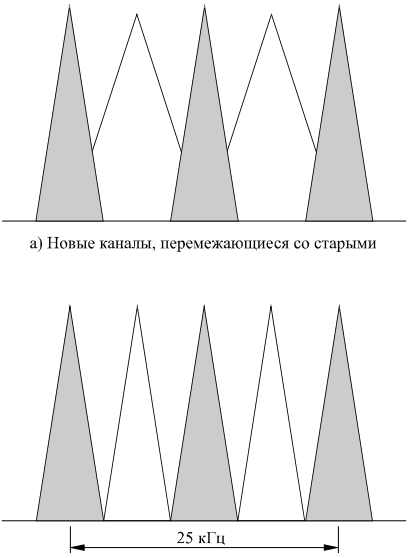


РИСУНОК 2

Переход от каналов с разнесением 25 кГц к каналам с разнесением 6,25 кГц



1084-01

2.2.2 Перемежение с каналами, разнесенными на 12,5 кГц

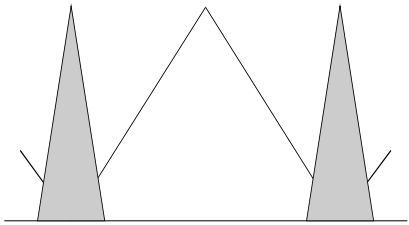
Из рисунков 3 и 4 видно, что принцип перемежения каналов с разнесением 5 кГц или 6 кГц с временными каналами, разнесенными на 12,5 кГц, точно такой же, как и в предыдущем случае. Однако в случае каналов с разнесением 5 кГц окончательный переход будет более сложным, поскольку каналы, изначально введенные на уровне средней частоты полосы 25 кГц, должны быть сдвинуты на 2,5 кГц.

2.2.3 Перемежение с каналами в полосе 25 кГц и 12,5 кГц

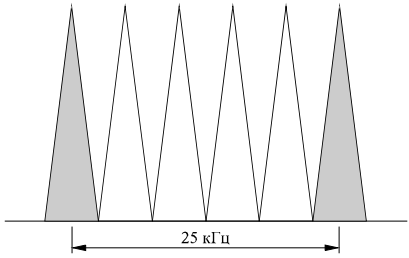
Если некоторые администрации примут решение использовать в качестве временной меры разнесение каналов на 12,5 кГц и если эти каналы должны будут перемежаться с каналами в полосе 25 кГц, то последующий переход к разнесению 5 кГц и 6,25 кГц сильно усложнится. Как видно из рисунка 5, новый канал с разнесением 5 кГц или 6,25 кГц будет перекрывать тот или иной более широкополосный канал.

РИСУНОК 3

Переход от каналов с разнесением 12,5 кГц к каналам с разнесением 5 кГц



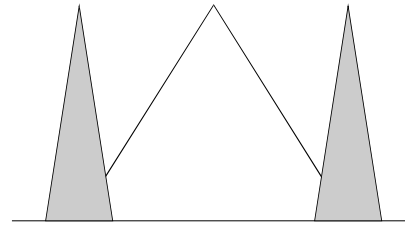
a) Новые каналы, перемежающиеся со старыми



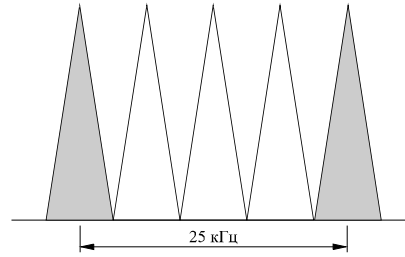
b) Все новые каналы после перехода

РИСУНОК 4

Переход от каналов с разнесением 12,5 кГц к каналам с разнесением 6,25 кГц



a) Новые каналы, перемежающиеся со старыми

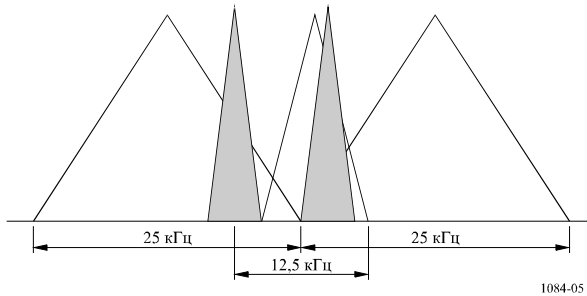


b) Все новые каналы после перехода

1084-03

РИСУНОК 5

Ввод нового канала с разнесением 5 или 6,25 кГц в верхней части полосы каналов с разнесением 12,5 кГц, которые сами перемежаются с каналами, разнесенными на 25 кГц, ведет к более сильному наложению передач. Показано два возможных случая



1084-05

3 Помехи

Процесс перемежения должен осуществляться таким образом, чтобы минимизировать взаимные помехи. Были проведены измерения уровня помех и ко-канальной характеристики в случае перемежения каналов с линейной модуляцией и ЧМ каналов с разнесением 12,5 кГц. Для узкополосных цифровых каналов передачи речи такой информации найти не удалось. Однако будет разумным предположить, что введение каналов с разнесением 5 кГц и 6,25 кГц между каналами 25 кГц приведет к меньшим помехам и более высоким ко-канальным показателям по сравнению со случаем их перемежения с каналами 25 кГц.

4 Заключение

Пути перехода к каналам с разнесением в 5 кГц или 6,25 кГц будут одинаковы. Однако прямой переход от разнесения в 25 кГц будет проще по сравнению с переходом, включающим промежуточный этап, т. е. разнесение на 12,5 кГц, а именно:

– процедуры планирования канала и повторного выравнивания центральных частот в этом случае будут проще;

– прямой переход позволит избежать перекрытия канала в том случае, если временные каналы 12,5 кГц перемежаются с каналами 25 кГц; и

– в этом случае вероятность возникновения помех будет меньше.

Четкое перемежение каналов должно быть тщательно спланировано, при этом весьма важным является использование методов частотного планирования. Для получения необходимой информации потребуются дополнительные измерения напряженности поля и дальнейшие исследования.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Пример метода реализации перемежения узкополосных каналов при частотном разнесении 12,5 кГц со смещением несущей

Этот метод можно использовать, когда в одном и том же устройстве сочетается возможность работы с разнесением 12,5 кГц, режим цифрового избирательного вызова (ЦИВ) (см. Примечание 1) и работа в канале 25 кГц.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – В данном случае режим ЦИВ находится в полном соответствии с Рекомендациями МСЭ-R M.493, МСЭ-R M.541, МСЭ-R M.821 и МСЭ-R M.825.

1 Характеристики приемника

1.1 Чувствительность должна быть равна или меньше 0,3 мкВ для сигнала 12 дБ плюс шум, плюс искажение шума, плюс коэффициент искажения (SINAD) на выходе приемника для узкополосной частотной модуляции (УПЧМ) на частоте 1 кГц модуляционного тона при максимальной девиации 2 кГц.

1.2 Подавление в соседнем канале должно быть не менее 70 дБ при разнесении в 12,5 кГц.

1.3 Подавление побочных каналов и внеполосного излучения должно быть не менее 75 дБ.

1.4 Коэффициент подавления взаимной радиочастотной модуляции должен быть не менее 75 дБ.

1.5 Мощность любого наведенного побочного излучения, измеренная на терминалах антенны, не должна превышать 2,0 нВт на каждой отдельно взятой частоте.

1.6 Эффективная излучаемая мощность (э.и.м.) любого побочного излучения радиоприемника на любой частоте в диапазоне ±70 МГц от частоты несущей не должна превышать 10 нВт. На частотах, отстоящих от частоты несущей более чем на 70 МГц, мощность побочных излучений не должна превышать 10 нВт плюс дополнительно –6 дБ/октаву в диапазоне до 1000 МГц.

1.7 Для приемников с возможностью работы в режиме ЦИВ и С4ЧМ. (С4ЧМ цифровая модуляция (четырехуровневая частотная модуляция с постоянной огибающей) в данном случае сходна с QPSK модуляцией (совместимая квадратурная фазовая манипуляция) как для приема, так и для передачи).

1.7.1 Для работы в режиме ЦИВ на каналах с разнесением 25 кГц приемник должен обладать способностью принимать без ошибок любой пакет ЦИВ данных при чувствительности 0,3 мкВ.

1.7.2 Для работы в режиме ЦИВ на перемежающихся каналах (смещение 12,5 кГц) приемник должен обладать способностью принимать без ошибок ЦИВ пакет данных при чувствительности 0,3 мкВ и пониженном значении максимальной девиации ±2,5 кГц.

1.7.3 Для работы в режиме С4ЧМ при скорости передачи 9600 бит/с приемник должен обладать способностью принимать без ошибок пакет данных, состоящий из 512 символов при чувствительности 0,5 мкВ. Для того чтобы добиться приема без ошибок, можно использовать упреждающую коррекцию ошибок (FEC).

2 Характеристики передатчика

2.1 Допустимое отклонение частоты для береговых передатчиков не должно превышать 1×10^6, а для передатчиков судовых станций – 5×10^6.

2.2 Мощность побочных излучений на отдельно взятых частотах, измеренная на нереактивной нагрузке, равной номинальному выходному полному сопротивлению, должна соответствовать положениям Приложения 3 РР.

2.3 Мощность несущей для передатчиков береговых станций обычно не должна превышать 50 Вт (э.и.м.).

2.4 Мощность несущей для передатчиков судовых станций не должна превышать 25 Вт, и должны быть предусмотрены средства для быстрого уменьшения этой мощности до 1 Вт и ниже при передачах на короткие расстояния.

2.5 Девиация частоты не должна превышать ±2,5 кГц при передаче по УПЧМ каналам с разнесением 12,5 кГц. Полоса, занятая этими каналами, должна быть не более 11 кГц. Должны использоваться такие схемы-ограничители отклонения, чтобы максимально достижимая девиация не зависела от входной звуковой частоты. Если используется модуляционная коммутация, то допускается ±5 кГц при передаче по каналам 25 кГц с широкополосной частотной модуляцией (ШПЧМ).

2.6 Верхняя граница полосы звуковых частот не должна превышать 3 кГц.

2.7 Мощность, излучаемая радиоприемником, не должна превышать 25 мкВт.

2.8 Передача голоса должна осуществляться посредством стандартной морской ОВЧ ЧМ с предварительным усилением 6 дБ/октаву. Это необходимо для обеспечения надежных, безопасных, способных к взаимодействию средств связи для использования в высокоширотных морях и на водных путях.

2.9 Для передатчиков, способных работать в режиме ЦИВ и С4ЧМ

2.9.1 Передатчики, способные работать в режиме ЦИВ, должны как минимум соответствовать требованиям Рекомендаций МСЭ-R М.493, МСЭ-R М.541 и Положению А.803 (19) ИМО. Станции должны быть оснащены средствами для контроля над ОВЧ каналом, используемым для ЦИВ вызова, которые позволяют обнаружить присутствие сигнала в этом канале, исключая вызовы в случае бедствия и для обеспечения безопасности, а также устройствами автоматической отмены передачи ЦИВ вызова, если канал занят.

2.9.2 Режим ЦИВ (1200 бит/с) должен использоваться при работе с каналом 70. Этот канал ни в коем случае не должен использоваться как рабочий. Он сохраняется для передачи сигналов бедствия и как канал вызова при международной связи. Передача данных, используемых в других случаях, таких как обмен сообщениями, контроль безопасности, слежение за транспортным средством и автоматическое зависимое наблюдение (АЗН), должна осуществляться по другому рабочему каналу.

2.9.3 Передача данных общего назначения должна осуществляться как по широкополосным каналам 25 кГц, так и по узкополосным перемежающимся (со смещением 12,5 кГц) каналам и максимально использовать при этом протокол ЦИВ. Необходимо усовершенствовать этот протокол в зависимости от потребностей и с учетом согласованности действий, с тем чтобы обеспечить контроль над регламентом и гарантировать возможность совместной работы оборудования различных производителей.

2.9.4 Работа с узкополосными перемежающимися каналами (со смещением 12,5 кГц) в режиме ЦИВ (1200 бит/с) должна осуществляться при пониженном значении максимальной девиации ±2,5 кГц.

2.9.5 При передаче данных на высокой скорости (9600 бит/с) должна использоваться С4ЧМ модуляция в совокупности с фильтром-формирователем полосы модулирующих частот.

2.9.5.1 С4ЧМ модуляция на каналах со смещением частоты 12,5 кГц

С4ЧМ модулятор состоит из повышающего косинусоидального фильтра Найквиста, последовательно соединенного с фильтром-формирователем и частотным модулятором.

2.9.5.2 С4ЧМ фильтр Найквиста

Дибиты информации (т. е. 4800 символов/с) проходят через повышающий косинусоидальный фильтр, удовлетворяющий критерию Найквиста минимизации межсимвольной интерференции. Групповая задержка сглаживается по всей полосе пропускания для $|f| < 2880$ Гц. Величина отклика фильтра такова:

приблизительно 1	для	$\lvert f\rvert < 1920$ Гц
$0{,}5 + 0{,}5 \cos(2\pi f / 1920)$	для 1920 Гц	$< \lvert f\rvert < 2880$ Гц
0	для	$\lvert f\rvert \geq 2880$ Гц.

2.9.5.3 С4ЧМ фильтр-формирователь

Фильтр-формирователь дает равномерную групповую задержку по всей полосе пропускания для $|f| < 2880$ Гц. Величина отклика фильтра для $|f| < 2880$ Гц равна $(\pi f / 4800)/\sin(\pi f / 4800)$.

2.9.5.4 С4ЧМ частотный модулятор

Девиация составляет +1,8 кГц для дибита 01, +0,6 кГц для дибита 00, –0,6 кГц для дибита 10, и –1,8 кГц для дибита 11.

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Распределение номеров для перемежающихся каналов и симплексный режим работы дуплексных каналов в ОВЧ морском диапазоне

1 Распределение номеров для перекрывающихся узкополосных каналов со смещением частоты на 12,5 кГц:

НОМЕР КАНАЛА			СУДНО	СУДНО И БЕРЕГ	БЕРЕГ
Первый канал 25 кГц	Перемежающийся канал 12,5 кГц	Второй канал 25 кГц			
		60	156.025		160.625
	260		156.0375		160.6375
01			156.050		160.650
	201		156.0625		160.6625
		61	156.075		160.675
	261		156.0875		160.6875
02			156.100		160.700
	202		156.1125		160.7125
		62	156.125		160.725
	262		156.1375		160.7375
03			156.150		160.750
	203		156.1625		160.7625
		63	156.175		160.775
	263		156.1875		160.7875
04			156.200		160.800
	204		156.2125		160.8125
		64	156.225		160.825
	264		156.2375		160.8375
05			156.250		160.850
	205		156.2625		160.8625
		65	156.275		160.875
	265		156.2875		160.8875
06				156.300	
	206		156.3125		160.9125
		66	156.325		160.925
	266		156.3375		160.9375
07			156.350		160.950
	207		156.3625		160.9625
		67		156.375	
	267			156.3875	
08				156.400	
	208			156.4125	
		68		156.425	
	268			156.4375	

НОМЕР КАНАЛА			СУДНО	СУДНО И БЕРЕГ	БЕРЕГ
Первый канал 25 кГц	Перемежающийся канал 12,5 кГц	Второй канал 25 кГц			
09				156.450	
	209			156.4625	
		69		156.475	
	269			156.4875	
10				156.500	
	210			156.5125	ЦИВ защитная полоса
		70		156.525	**Вызов ЦИВ, бедствие и безопасность**
	270			156.5375	ЦИВ защитная полоса
11				156.550	
	211			156.5625	
		71		156.575	
	271			156.5875	
12				156.600	
	212			156.6125	
		72		156.625	
	272			156.6375	
13				156.650	
	213			156.6625	
		73		156.675	
	273			156.6875	
14				156.700	
	214			156.7125	
		74		156.725	
	274			156.7375	
15				156.750	
	215			156.7625	
		75		156.775	ЦИВ защитная полоса
	275			156.7875	ЦИВ защитная полоса
16				**156.800**	**Вызов ЦИВ, бедствие и безопасность**
	216			156.8125	ЦИВ защитная полоса
		76		156.825	ЦИВ защитная полоса
	276			156.8375	
17				156.850	
	217			156.8625	
		77		156.875	
	277			156.8875	
18			156.900		161.500
	218		156.9125		161.5125
		78	156.925		161.525
	278		156.9375		161.5375
19			156.950		161.550
	219		156.9625		161.5625

НОМЕР КАНАЛА			СУДНО	СУДНО И БЕРЕГ	БЕРЕГ
Первый канал 25 кГц	Перемежающийся канал 12,5 кГц	Второй канал 25 кГц			
		79	156.975		161.575
	279		156.9875		161.5875
20			157.000		161.600
	220		157.0125		161.6125
		80	157.025		161.625
	280		157.0375		161.6375
21			157.050		161.650
	221		157.0625		161.6625
		81	157.075		161.675
	281		157.0875		161.6875
22			157.100		161.700
	222		157.1125		161.7125
		82	157.125		161.725
	282		157.1375		161.7375
23			157.150		161.750
	223		157.1625		161.7625
		83	157.175		161.775
	283		157.1875		161.7875
24			157.200		161.800
	224		157.2125		161.8125
		84	157.225		161.825
	284		157.2375		161.8375
25			157.250		161.850
	225		157.2625		161.8625
		85	157.275		161.875
	285		157.2875		161.8875
26			157.300		161.900
	226		157.3125		161.9125
		86	157.325		161.925
	286		157.3375		161.9375
27			157.350		161.950
	227		157.3625		161.9625
		87	157.375		161.975
	287		158.3875		161.9875
28			157.400		162.000
	228		157.4125		162.0125
		88	157.425		162.025

2 Расширенная нумерация каналов при переходе от существующего разнесения каналов 25 кГц к разнесению каналов на 6,25 кГц при перемежении с каналами со смещением частот на 12,5 кГц. (Эта последовательность нумерации приводится в качестве примера.):

НОМЕР КАНАЛА (разнесение на 6,25 кГц)			СУДНО	СУДНО И БЕРЕГ	БЕРЕГ
		60	156.025		160.625
	160		156.03125		160.63125
260			156.0375		160.6375
360			156.04375		160.64375
01			156.050		160.650
101			156.05625		160.65625
201			156.0625		160.6625
	301		156.06875		160.66875
		61	156.075		160.675

3 Распределение номеров при симплексном режиме работы дуплексных каналов. (Эта последовательность нумерации приводится в качестве примера.):

НОМЕР КАНАЛА	СУДНО	СУДНО И БЕРЕГ	БЕРЕГ
Для обычного дуплексного режима:			
60	156.025	–	160.625
Для симплексной работы на частоте судовой станции:			
1060 (см. Примечание 1)	–	156.025	–
Для симплексной работы на частоте береговой станции:			
2060 (см. Примечание 1)	–	160.625	–

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Этот метод нумерации дуплексного канала, используемого для симплексной работы, соответствует Рекомендации МСЭ-R М.493, Приложение 1, таблица 13.

4 Распределение номеров при узкополосном режиме работы (со смещением 12,5 кГц) на каналах 25 кГц. (Эта последовательность нумерации приводится в качестве примера.):

НОМЕР КАНАЛА	СУДНО	СУДНО И БЕРЕГ	БЕРЕГ
Для обычного режима:			
60	156.025	–	160.625
Для режима со смещением 12,5 кГц на канале 25 кГц			
460	156.025	–	160.625

РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R SM.1138-1

Определение необходимой ширины полосы частот с примерами ее расчета и соответствующими примерами обозначения излучений

(1995-2007)

Сфера применения

Настоящая Рекомендация служит основой для определения необходимой ширины полосы излучений по амплитуде, частоте и импульсной модуляции для различных видов сигнала. Представляются также примерные расчеты и обозначения излучений.

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

a) что присвоение частот требует определения необходимой ширины полосы излучений;

b) что необходимая ширина полосы является одним из ключевых элементов данных всех автоматизированных систем управления радиочастотным спектром,

рекомендует,

1 чтобы формулы, приведенные в Приложении 1, использовались при расчетах необходимой ширины полосы, когда этого требует Регламент радиосвязи (РР).

Приложение 1

Определение необходимой ширины полосы частот с примерами ее расчета и соответствующими примерами обозначения излучений

1 Необходимая ширина полосы частот не является единственной характеристикой излучения, которую следует учитывать при оценке помех, которые могут быть созданы этим излучением.

2 При представлении формул в таблице использовались следующие термины:

B_n: необходимая ширина полосы частот (Гц);

B: скорость телеграфирования (Бод);

N: максимально возможное число черно/белых элементов, передаваемых в секунду при факсимильной передаче;

M: максимальная частота модуляции (Гц);

C: частота поднесущей (Гц);

D: пиковая девиация частоты, т. е. половина разности между максимальной и минимальной величинами мгновенной частоты. Под мгновенной частотой (Гц) подразумевается скорость изменения фазы (рад), деленная на 2π;

t: длительность импульса (с) по половинной амплитуде;

t_r: время нарастания импульса (с) от 10% до 90% амплитуды;

K: суммарный численный коэффициент, меняющийся в зависимости от характера излучения и от допустимого искажения сигнала;

N_c: количество каналов в групповой полосе частот радиосистемы, использующей многоканальное уплотнение;

f_p: частота поднесущей пилот-сигнала непрерывности (Гц) (непрерывный сигнал, используемый для контроля работы систем с частотным уплотнением).

Описание излучения	Необходимая ширина полосы		Обозначение излучения
	Формула	Пример расчета	
I БЕЗ МОДУЛИРУЮЩЕГО СИГНАЛА			
Излучение немодулированных колебаний	–	–	NONE
II АМПЛИТУДНАЯ МОДУЛЯЦИЯ			
1 Сигнал с информацией в квантованной или цифровой форме			
Телеграфия незатухающими колебаниями, код Морзе	$B_n = BK$ $K = 5$ для линий, подверженных замираниям $K = 3$ для линий без замираний	25 слов в минуту $B = 20$, $K = 5$ Ширина полосы: 100 Гц	100HA1AAN
Телеграфия с амплитудной манипуляцией тонально модулированной несущей, код Морзе	$B_n = BK + 2M$ $K = 5$ для линий, подверженных замираниям $K = 3$ для линий без замираний	25 слов в минуту $B = 20$, $M = 1\,000$, $K = 5$ Ширина полосы: 2 100 Гц = 2,1 кГц	2K10A2AAN
Сигнал избирательного вызова с использованием последовательного одночастотного кодирования, передача на одной боковой полосе, полная несущая	$B_n = M$	Максимальная частота кодирования: 2 110 Гц $M = 2\,110$ Ширина полосы: 2 110 Гц = 2,11 кГц	2K11H2BFN
Буквопечатающая телеграфия с использованием частотно-манипулированной поднесущей с исправлением ошибок; передача на одной боковой полосе, подавленная несущая (одноканальная)	$B_n = 2M + 2DK$ $M = \frac{B}{2}$	$B = 50$ $D = 35$ Гц (сдвиг 70 Гц) $K = 1{,}2$ Ширина полосы: 134 Гц	134HJ2BCN
Многоканальная тональная телеграфия с исправлением ошибок, ряд каналов с временным уплотнением, передача на одной боковой полосе, ослабленная несущая	B_n = высшая центральная частота + $M + DK$ $M = \frac{B}{2}$	15 каналов; высшая центральная частота: 2 805 Гц $B = 100$ $D = 42{,}5$ Гц (сдвиг 85 Гц) $K = 0{,}7$ Ширина полосы: 2 885 Гц = 2,885 кГц	2K89R7BCW
2 Телефония (коммерческое качество)			
Телефония двухполосная (одноканальная)	$B_n = 2M$	$M = 3\,000$ Ширина полосы: 6 000 Гц = 6 кГц	6K00A3EJN
Однополосная телефония с полной несущей (одноканальная)	$B_n = M$	$M = 3\,000$ Ширина полосы: 3 000 Гц = 3 кГц	3K00H3EJN
Однополосная телефония с подавленной несущей (одноканальная)	$B_n = M$ – низшая частота модуляции	$M = 3\,000$ Низшая частота модуляции = 300 Гц Ширина полосы: 2 700 Гц = 2,7 кГц	2K70J3EJN
Телефония с использованием отдельного ЧМ сигнала для регулирования уровня демодулированного речевого сигнала, передача на одной боковой полосе с ослабленной несущей (Линкомпекс) (одноканальная)	$B_n = M$	Максимальная частота управления = 2 990 Гц $M = 2\,990$ Ширина полосы: 2 990 Гц = 2,99 кГц	2K99R3ELN

Описание излучения	Необходимая ширина полосы		Обозначение излучения
	Формула	Пример расчета	
2 Телефония (коммерческое качество) (*продолж.*)			
Однополосная телефония с обеспечением секретности, с подавленной несущей (два или несколько каналов)	$B_n = N_c\ M$ – низшая частота модуляции в самом нижнем канале	$N_c = 2$ $M = 3\ 000$ Низшая частота модуляции = 250 Гц Ширина полосы: 5 750 Гц = 5,75 кГц	5K75J8EKF
Телефония с передачей на независимой боковой полосе (два или несколько каналов)	B_n = сумма M для каждой боковой полосы	Два канала $M = 3\ 000$ Ширина полосы: 6 000 Гц = 6 кГц	6K00B8EJN
3 Звуковое радиовещание			
Двухполосное звуковое радиовещание	$B_n = 2M$ M может изменяться в пределах от 4 000 до 10 000 в зависимости от требуемого качества	Речь и музыка $M = 4\ 000$ Ширина полосы: 8 000 Гц = 8 кГц	8K00A3EGN
Однополосное звуковое радиовещание с ослабленной несущей (одноканальное)	$B_n = M$ M может изменяться в пределах от 4 000 до 10 000 в зависимости от требуемого качества	Речь и музыка $M = 4\ 000$ Ширина полосы: 4 000 Гц = 4 кГц	4K00R3EGN
Однополосное звуковое радиовещание с подавленной несущей	$B_n = M$ – низшая частота модуляции	Речь и музыка $M = 4\ 500$ Низшая частота модуляции = 50 Гц Ширина полосы: 4 450 Гц = 4,45 кГц	4K45J3EGN
4 Телевидение			
Телевидение, изображение и звуковое сопровождение	Ширина полосы обычных телевизионных систем указывается в соответствующих документах МСЭ-R	Число строк: 625 Номинальная ширина полосы видеосигнала = 5 МГц Размещение звуковой несущей по отношению к видеонесущей: 5,5 МГц Общая ширина полосы сигналов изображения: 6,25 МГц Ширина полосы ЧМ звукового сигнала, включая защитные полосы: 750 кГц Ширина полосы по радиочастоте: 7 МГц	6M25C3F -- 750KF3EGN
5 Факсимиле			
Аналоговое факсимиле с использованием ЧМ поднесущей однополосного излучения с ослабленной несущей, монохромное	$B_n = C + \frac{N}{2} + DK$ $K = 1{,}1$ (обычно)	$N = 1\ 100$ в соответствии с показателем развертки 352 и скоростью вращения барабана 60 оборотов в минуту. Показатель развертки – это произведение диаметра барабана и числа линий, приходящихся на единицу длины. $C = 1\ 900$ $D = 400$ Гц Ширина полосы: 2 890 Гц = 2,89 кГц	2K89R3CMN
Аналоговое факсимиле; частотная модуляция звуковой поднесущей, которая модулирует основную несущую, однополосная передача с подавленной несущей	$B_n = 2M + 2DK$ $M = \frac{N}{2}$ $K = 1{,}1$ (обычно)	$N = 1\ 100$ $D = 400$ Гц Ширина полосы: 1 980 Гц = 1,98 кГц	1K98J3C --

Описание излучения	Необходимая ширина полосы		Обозначение излучения
	Формула	Пример расчета	
6 Сложные излучения			
Двухполосная ретрансляция телевидения	$B_n = 2C + 2M + 2D$	Полоса видеосигнала ограничена 5 МГц, звуковой сигнал передается на ЧМ поднесущей 6,5 МГц, девиация поднесущей = 50 кГц: $C = 6{,}5 \times 10^6$ $D = 50 \times 10^3$ Гц $M = 15\,000$ Ширина полосы: $13{,}13 \times 10^6$ Гц = 13,13 МГц	13M1A8W --
Радиорелейная система с частотным уплотнением, двухполосная передача	$B_n = 2M$	10 телефонных каналов, занимающих групповую полосу от 1 до 164 кГц $M = 164\,000$ Ширина полосы: 328 000 Гц = 328 кГц	328KA8E --
Двухполосное излучение VOR с передачей звукового сигнала (VOR: ОВЧ всенаправленный радиомаяк)	$B_n = 2C_{max} + 2M + 2DK$ $K = 1$ (обычно)	Основная несущая модулируется: – поднесущей 30 Гц; – несущей, создаваемой тональным сигналом 9 960 Гц; – телефонным каналом; – манипулированным тонсигналом 1 020 Гц для непрерывного опознавания кодом Морзе. $C_{max} = 9\,960$ $M = 30$ $D = 480$ Гц Ширина полосы: 20 940 Гц = 20,94 кГц	20K9A9WWF
Передача на независимых боковых полосах нескольких телеграфных каналов с исправлением ошибок, а также нескольких телефонных каналов с обеспечением секретности; частотное уплотнение	B_n = сумма M для каждой боковой полосы	Как правило, составные системы работают по стандартным частотным планам (например, Рек. МСЭ-R F.348). Для 3 телефонных каналов и 15 телеграфных каналов требуется полоса шириной 12 000 Гц = 12 кГц	12KOB9WWF
7 Стандартная частота и сигналы времени 7.1 Высокая частота (голос)			
Голосовые сообщения, двухполосное излучение	$B_n = 2M$	Речь $M = 4\,000$ Ширина полосы: 8 000 Гц = 8 кГц	8K00A3XGN
7.2 Высокая частота (код времени)			
Код времени как телеграфия	$B_n = BK + 2M$	$B = 1$/с $M = 1$ $K = 5$ Ширина полосы: 7 Гц	7H00A2XAN
7.3 Низкая частота (код времени)			
Код времени как телеграфия	$B_n = BK + 2M$	$B = 1$/с $M = 1$ $K = 3$ Ширина полосы: 5 Гц	5H00A2XAN

Описание излучения	Необходимая ширина полосы		Обозначение излучения
	Формула	Пример расчета	
III-A ЧАСТОТНАЯ МОДУЛЯЦИЯ			
1 Сигнал с информацией в квантованной или цифровой форме			
Телеграфия без исправления ошибок (одноканальная)	$B_n = 2M + 2DK$ $M = \frac{B}{2}$ $K = 1{,}2$ (обычно)	$B = 100$ $D = 85$ Гц (сдвиг 170 Гц) Ширина полосы: 304 Гц	304HF1BBN
Узкополосная буквопечатающая телеграфия с исправлением ошибок (одноканальная)	$B_n = 2M + 2DK$ $M = \frac{B}{2}$ $K = 1{,}2$ (обычно)	$B = 100$ $D = 85$ Гц (сдвиг 170 Гц) Ширина полосы: 304 Гц	304HF1BCN
Сигнал избирательного вызова	$B_n = 2M + 2DK$ $M = \frac{B}{2}$ $K = 1{,}2$ (обычно)	$B = 100$ $D = 85$ Гц (сдвиг 170 Гц) Ширина полосы: 304 Гц	304HF1BCN
Дуплексное четырехчастотное телеграфирование	$B_n = 2M + 2DK$ B: скорость телеграфирования в бодах в канале с наибольшей скоростью. Если каналы синхронизированные: $M = \frac{B}{2}$ (в противном случае $M = 2B$) $K = 1{,}1$ (обычно)	Разнос между соседними частотами = 400 Гц Синхронизированные каналы $B = 100$ $M = 50$ $D = 600$ Гц Ширина полосы: 1 420 Гц = 1,42 кГц	1K42F7BDX
2 Телефония (коммерческого качества)			
Коммерческая телефония	$B_n = 2M + 2DK$ $K = 1$ (обычно, но в некоторых случаях может потребоваться большее значение)	В среднем для коммерческой телефонии, $D = 5\,000$ Гц $M = 3\,000$ Ширина полосы: 16 000 Гц = 16 кГц	16K0F3EJN
3 Звуковое радиовещание			
Звуковое радиовещание	$B_n = 2M + 2DK$ $K = 1$ (обычно)	Моно $D = 75\,000$ Гц $M = 15\,000$ Ширина полосы: 180 000 Гц = 180 кГц	180KF3EGN
4 Факсимиле			
Факсимиле с непосредственной частотной модуляцией несущей; черно-белое	$B_n = 2M + 2DK$ $M = \frac{N}{2}$ $K = 1{,}1$ (обычно)	$N = 1\,100$ элементов в секунду $D = 400$ Гц Ширина полосы: 1 980 Гц = 1,98 кГц	1K98F1C --
Аналоговое факсимиле	$B_n = 2M + 2DK$ $M = \frac{N}{2}$ $K = 1{,}1$ (обычно)	$N = 1\,100$ элементов в секунду; $D = 400$ Гц Ширина полосы: 1 980 Гц = 1,98 кГц	1K98F3C --

Описание излучения	Необходимая ширина полосы		Обозначение излучения
	Формула	Пример расчета	
5 Сложные излучения (см. таблицу III-B)			
Радиорелейная система с частотным уплотнением	$B_n = 2f_p + 2DK$ $K = 1$ (обычно)	60 телефонных каналов, занимающих групповую полосу от 60 до 300 кГц; среднеквадратичная девиация на канал: 200 кГц; пилот-сигнал непрерывности на частоте 331 кГц вызывает среднеквадратичную девиацию основной несущей, равную 100 кГц. $D = 200 \times 10^3 \times 3{,}76 \times 2{,}02$ $= 1{,}52 \times 10^6$ Гц $f_p = 0{,}331 \times 10^6$ Гц Ширина полосы: $3{,}702 \times 10^6$ Гц = 3,702 МГц	3M70F8EJF
Радиорелейная система с частотным уплотнением	$B_n = 2M + 2DK$ $K = 1$ (обычно)	960 телефонных каналов, занимающих групповую полосу от 60 до 4 028 кГц; среднеквадратичная девиация на канал: 200 кГц; пилот-сигнал непрерывности на частоте 4 715 кГц создает среднеквадратичную девиацию основной несущей, равную 140 кГц. $D = 200 \times 10^3 \times 3{,}76 \times 5{,}5$ $= 4{,}13 \times 10^6$ Гц $M = 4{,}028 \times 10^6$ $f_p = 4{,}715 \times 10^6$ $(2M + 2DK) > 2f_p$ Ширина полосы: $16{,}32 \times 10^6$ Гц = 16,32 МГц	16M3F8EJF
Радиорелейная система с частотным уплотнением	$B_n = 2f_p$	600 телефонных каналов, занимающих групповую полосу от 60 до 2 540 кГц; среднеквадратичная девиация на канал: 200 кГц; пилот-сигнал непрерывности на частоте 8 500 кГц создает среднеквадратичную девиацию основной несущей, равную 140 кГц. $D = 200 \times 10^3 \times 3{,}76 \times 4{,}36$ $= 3{,}28 \times 10^6$ Гц $M = 2{,}54 \times 10^6$ $K = 1$ $f_p = 8{,}5 \times 10^6$ $(2M + 2DK) < 2f_p$ Ширина полосы: 17×10^6 Гц = 17 МГц	17M0F8EJF
Стереофоническое звуковое радиовещание с дополнительной уплотненной телефонной поднесущей	$B_n = 2M + 2DK$ $K = 1$ (обычно)	Система с пилот-тоном; $M = 75\,000$ $D = 75\,000$ Гц Ширина полосы: 300 000 Гц = 300 кГц	300KF8EHF

III-B МНОЖИТЕЛИ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ДЛЯ РАСЧЕТОВ ПИКОВОЙ ДЕВИАЦИИ ЧАСТОТЫ (*D*) ДЛЯ МНОГОКАНАЛЬНЫХ ЧМ ПЕРЕДАЧ С ЧАСТОТНЫМ УПЛОТНЕНИЕМ (ЧМ/ЧУ)

Для ЧМ/ЧУ систем необходимая ширина полосы:

$$B_n = 2M + 2DK$$

Величина *D* или пиковая девиация частоты в этой формуле для B_n рассчитывается путем умножения среднеквадратичного значения девиации частоты на канал на соответствующий "Множитель", указанный ниже.

Если частота пилот-сигнала непрерывности f_p превышает максимальную частоту модуляции *M*, общая формула принимает вид:

$$B_n = 2f_p + 2DK$$

Если индекс модуляции основной несущей, создаваемой пилот-сигналом, меньше 0,25; а среднеквадратичная девиация основной несущей, создаваемая пилот-сигналом, меньше или равна 70% среднеквадратичной девиации на канал, то общая формула выражается либо как:

$$B_n = 2f_p \text{ или } B_n = 2M + 2DK$$

в зависимости от того, какая из них дает больший результат.

Число телефонных каналов N_c	Множитель[1]
	$(\text{пик-фактор}) \times \text{антилогарифм}\left[\frac{\text{превышение эталонного уровня модуляции, дБ}}{20}\right]$
$3 < N_c < 12$	$4{,}47 \times \text{антилогарифм}\left[\frac{\text{величина, указываемая производителем оборудования или владельцем лицензии на станцию, одобренная администрацией, дБ}}{20}\right]$
$12 \le N_c < 60$	$3{,}76 \times \text{антилогарифм}\left[\frac{2{,}6 + 2\log N_c}{20}\right]$
	Множитель[2]
Число телефонных каналов N_c	$(\text{пик-фактор}) \times \text{антилогарифм}\left[\frac{\text{превышение эталонного уровня модуляции, дБ}}{20}\right]$
$60 \le N_c < 240$	$3{,}76 \times \text{антилогарифм}\left[\frac{-1 + 4\log N_c}{20}\right]$
$N_c \ge 240$	$3{,}76 \times \text{антилогарифм}\left[\frac{-15 + 10\log N_c}{20}\right]$

[1] В вышеприведенной таблице множители 3,76 и 4,47 соответствуют пик-факторам 11,5 дБ и 13,0 дБ, соответственно.

[2] В вышеприведенной таблице множитель 3,76 соответствует пик-фактору 11,5 дБ.

Описание излучения	Необходимая ширина полосы		Обозначение излучения
	Формула	Пример расчета	
IV ИМПУЛЬСНАЯ МОДУЛЯЦИЯ			
1 Радар			
Немодулированное импульсное излучение	$B_n = \frac{2K}{t}$ K зависит от отношения длительности импульса к времени нарастания импульса; его значение обычно находится в пределах от 1 до 10 и во многих случаях оно не превышает 6.	Первичный радар Разрешающая способность по дальности = 150 м K = 1,5 (пилообразный импульс, где $t_{\sim}$,–t_r, учитываются только те составляющие, которые не более чем на 27 дБ ниже самых сильных) Итак: $t = \left[\frac{2\times(\text{разрешающая способность})}{\text{скорость света}}\right]$ $= \frac{2\times150}{3\times10^8}$ $= 1\times10^{-6}$ с Ширина полосы: 3×10^6 Гц = 3 МГц	3M00P0NAN
2 Сложные излучения			
Радиорелейные системы	$B_n = \frac{2K}{t}$ K = 1,6	Фазо-импульсная модуляция групповым сигналом из 36 телефонных каналов; ширина импульса на уровне половины амплитуды = 0,4 мкс Ширина полосы: 8×10^6 Гц = 8 МГц (ширина полосы не зависит от числа телефонных каналов)	8M00M7EJT
3 Стандартная частота и сигналы времени 3.1 Высокая частота (тональные посылки)			
Такты, используемые для измерения времени появления сигнала	$B_n = 2/t_R$	t_R = 1 мс Ширина полосы: 2 000 Гц = 2 кГц	2K00K2XAN
3.2 Низкая частота (код времени)			
Передний фронт кода времени, используемый для измерения времени появления сигнала	$B_n = 2/t_R$	t_R = 1 мс Ширина полосы = 2 000 Гц = 2 кГц	2K00K2XAN

РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R SA.1154*, **

Условия защиты служб космических исследований (КИ), космической эксплуатации (КЭ) и спутниковых исследований Земли (СИЗ) и обеспечения совмещения с подвижной службой в полосах частот 2025–2110 МГц и 2200–2290 МГц

(1995)

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

a) что полосы 2025–2110 МГц и 2200–2290 МГц распределены на первичной основе трем космическим научным службам (КИ, КЭ, СИЗ), фиксированной службе (ФС) и подвижной службе (ПС) в соответствии с положениями пп. 5.391 и 5.392 Регламента радиосвязи (РР);

b) что Всемирная административная радиоконференция по распределению частот в определенных частях спектра (Малага-Торремолинос, 1992 г.) (ВАРК-92) в своей Резолюции № 211 призывает участников бывшего МККР продолжать изучение соответствующих положений по защите космических научных служб, работающих в полосах частот 2025–2110 МГц и 2200–2290 МГц, от вредного воздействия излучений станций подвижной службы и сообщить о результатах исследований на следующей компетентной конференции;

c) что возрастает использование служб КИ, КЭ и СИЗ в этих полосах частот космическими станциями на низких околоземных орбитах (ОЗО);

d) что в отчете бывшего МККР для ВАРК-92 по техническим и эксплуатационным основам содержалось заключение, в соответствии с которым введение в будущем подвижных систем высокой плотности или обычных подвижных сухопутных систем связи в полосы частот 2025–2110 МГц и 2200–2290 МГц создало бы недопустимые помехи для служб КИ, КЭ и СИЗ; более подробную информацию см. в Приложении 1;

e) что исследования указывают на то, что определенные подвижные системы малой плотности, такие как описанные в Приложении 2, могли бы использовать полосы частот 2025–2110 МГц и 2200–2290 МГц совместно со службами КИ, КЭ и СИЗ;

f) что в некоторых странах космические научные службы в течение многих лет успешно и без ограничений использовали частоты совместно с подвижными системами малой плотности для электронного сбора новостей (ЭСН) (см. Приложение 3) и воздушными подвижными телеметрическими системами (см. Приложение 4), хотя, принимая во внимание ожидаемые темпы развития этих систем, ограничения могут понадобиться в будущем;

g) что работа космических научных служб в полосе 2200–2290 МГц более подвержена помехам, чем работа в полосе 2025–2110 МГц, вследствие большого коэффициента усиления направленных на Землю антенн космических аппаратов геостационарных спутников ретрансляции данных (СРД) при слежении за низкоорбитальными космическими аппаратами;

h) что критерии защиты, требуемые для службы КИ, являются наиболее строгими из критериев для всех трех космических научных служб и обеспечивают достаточную защиту для служб КИ, КЭ и СИЗ;

---

* Настоящая Рекомендация должна быть доведена до сведения 4-й, 8-й и 9-й Исследовательских комиссий по радиосвязи.

** В 2003 году 7-я Исследовательская комиссия по радиосвязи внесла в эту Рекомендацию редакционные поправки в соответствии с Резолюцией МСЭ-R 44.

j) что Рекомендация МСЭ-R SA.609 (§ 1, 1.1, 1.2 и 2) устанавливает критерии защиты для службы КИ;

k) что критерии защиты, содержащиеся в Рекомендации МСЭ-R SA.609, неоднократно использовались в исследованиях по совместному использованию частот и в настоящее время общепризнаны;

l) что в службах КИ, КЭ и СИЗ используются полосы частот 2025–2110 МГц и 2200–2290 МГц для радиосвязи Земля-космос, космос-Земля и космос-космос. Каналы связи космос-космос, как правило, включают использование СРД, как это описано в гипотетической эталонной системе в Рекомендации МСЭ-R SA.1020 и МСЭ-R SA.1018. В критериях совместного использования частот должны учитываться требования по защите каналов радиосвязи СРД, работающих в полосах частот 2025–2110 МГц и 2200–2290 МГц;

m) что для защиты служб КИ, КЭ и СИЗ, каналов Земля-космос и космос-Земля в большинстве случаев считается достаточной величина N/I в 6 дБ, приводящая к ослаблению в 1 дБ;

n) что, принимая во внимание, как правило, низкие, 2 дБ и менее, запасы каналов космос-космос, для каналов космос-космос СРД считается необходимой величина N/I в 10 дБ, приводящая к ослаблению в 0,4 дБ;

o) что рассматриваемые полосы совместно используются ФС и ПС. Предполагается, что доля полной помехи, приходящей на космический аппарат со стороны каждой из служб, составляет половину. Предполагается, что благодаря ожидаемой координации создавать помехи в работе земной станции будет только одна из служб;

p) что космические аппараты СРД, как правило, расположены на геостационарной орбите (ГСО);

q) что полоса 2025–2110 МГц используется для каналов Земля-космос служб КИ, КЭ и СИЗ, как правило, для радиосвязи с космическими аппаратами на низких околоземных и геостационарных орбитах. Эта полоса используется для каналов космос-космос для служб КИ, КЭ и СИЗ, как правило, для радиосвязи космических аппаратов СРД с низкоорбитальными космическими аппаратами;

r) что полоса 2200–2290 МГц используется для каналов космос-Земля служб КИ, КЭ и СИЗ для передач как с низкоорбитальных, так и с космических аппаратов на ГСО. Эта полоса используется также для каналов космос-космос служб КИ, КЭ и СИЗ, как правило, для радиосвязи низкоорбитальных космических аппаратов с космическими аппаратами СРД;

s) что показатели в отношении плотности подвижных систем относятся к числу систем и к распределению систем разных поколений,

признавая,

1 что установление во всемирном масштабе такого максимального числа подвижных станций, работающих в полосах 2025–2110 МГц и 2200–2290 МГц, при котором совокупный уровень их помех не превышает критерия совместного использования частот, может представлять собой верное техническое решение. Однако выполнение такого решения может оказаться практически невозможным,

признавая далее,

1 что существует уникальная комбинация технических и эксплуатационных характеристик конкретных подвижных систем, обеспечивающая совместное использование частот, а также что совместное использование частот такими подвижными системами и службами, как КИ, КЭ и СИЗ, может быть описано при помощи как качественных, так и количественных показателей,

рекомендует,

1 что для защиты службы КИ, КЭ и СИЗ от совокупных помех от излучений подвижных систем в полосе 2025–2110 МГц подходят следующие положения:

1.1 чтобы суммарная помеха на входных устройствах приемника космического аппарата, за исключением случая связи по каналу космос-космос, не превышала –180 дБ(Вт/кГц) более чем на 0,1% времени;

1.2 чтобы для каналов связи космос-космос суммарная помеха на входных устройствах приемника космического аппарата не превышала –184 дБ(Вт/кГц) в течение более чем 0,1% времени;

2 что для защиты служб КИ, КЭ и СИЗ от совокупного воздействия излучений подвижных систем в полосе 2200–2290 МГц подходят следующие положения:

2.1 чтобы суммарная помеха на входных устройствах приемника земной станции не превышала –216 дБ(Вт/Гц) в течение более чем 0,1% времени;

2.2 чтобы суммарная помеха на входных устройствах приемника космического аппарата СРД не превышала –184 дБ(Вт/кГц) в течение более чем 0,1% времени;

3 что в соответствии с Резолюцией № 221 (ВАРК-92) подвижные системы высокой плотности или подвижные системы обычного типа не должны вводиться в полосы 2025–2110 МГц и 2200–2290 МГц, поскольку они будут создавать недопустимые помехи для служб КИ, КЭ и СИЗ, что подтверждается в Приложении 1;

4 что новые подвижные системы должны вводиться таким образом, чтобы их долговременное развертывание во всемирном масштабе не привело к суммарному уровню помех, превышающему величины, приведенные в § 1 и 2;

5 что технические и эксплуатационные параметры, такие как малая спектральная плотность мощности, малая плотность распространения во всем мире и нестационарный (прерывистый) характер передачи (см. Приложение 2), должны быть предпочтительными при вводе новых подвижных систем;

6 что при рассмотрении новых подвижных систем малой плотности для введения в полосу 2025–2110 МГц следует руководствоваться техническими и эксплуатационными характеристиками, аналогичными приведенным в Приложении 3;

7 что при рассмотрении новых подвижных систем малой плотности для введения в полосу 2200–2290 МГц следует руководствоваться техническими и эксплуатационными характеристиками, аналогичными приведенным в Приложении 4.

Приложение 1

Исследование совместимости систем космических исследований/космической эксплуатации и сухопутных подвижных систем высокой плотности

1 Введение

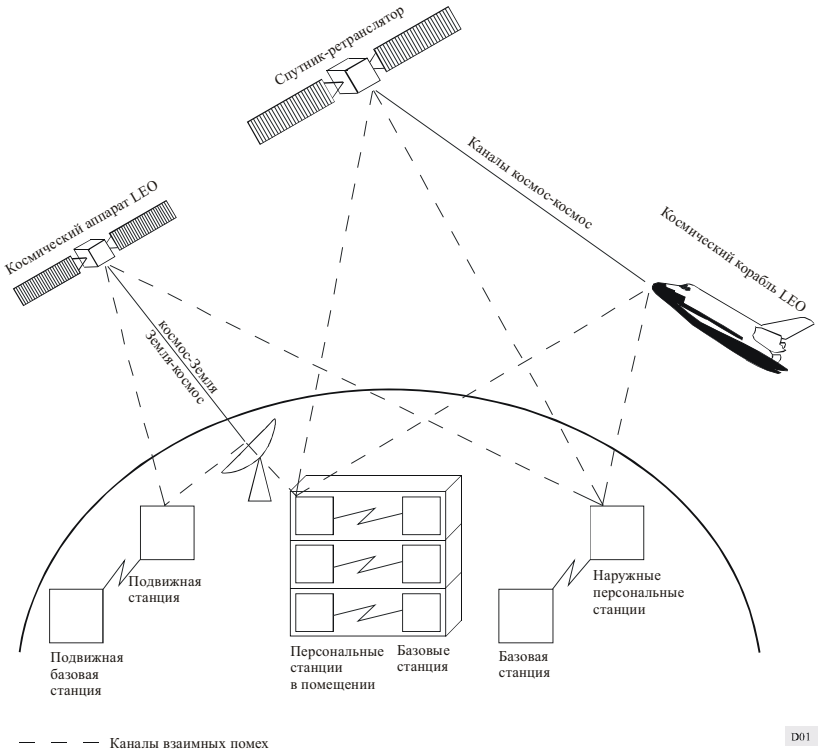
ВАРК-92 решила, что совмещение сухопутных подвижных систем обычного типа и подвижных систем высокой плотности, с одной стороны, и космических служб, с другой стороны, неосуществимо. Данное Приложение основывается на материалах, которые привели к этому заключению, и содержит лежащий в его основе анализ. Рассмотренная в настоящем исследовании подвижная система представляет собой будущую сухопутную подвижную систему электросвязи общего пользования (БСПСЭП), как это указано в исследованиях, предпринятых для ВАРК-92. Используемая модель применима также к подвижным системам обычного типа.

Полосы 2025–2110 МГц и 2200–2290 МГц интенсивно используются для работы в космосе, при исследованиях Земли с помощью спутников и в космических исследованиях во всем мире на основе многочисленных соглашений между космическими агентствами о международной взаимопомощи. Вследствие больших расстояний между передатчиками и приемниками уровни сигналов на приемниках являются очень низкими. Следовательно, эти службы очень чувствительны к помехам и требуют высокой степени защиты, как это отмечено в РР и в Рекомендациях МСЭ-R.

На рисунке 1 представлены различные рассмотренные здесь каналы связи и конфигурации возникающих в результате их взаимодействия помех. Для персональных и подвижных станций рассматриваются только службы телефонной связи. Дополнительные помехи от базовых станций еще не изучены.

РИСУНОК 1

Конфигурация образования взаимных помех между блоками БСПСЭП и космическими службами



В настоящее время перед специалистами по распределению частот уже стоит проблема: удовлетворить новые запросы о выделении частот для уже размещенных в настоящее время космических служб таким образом, чтобы свести к минимуму помехи на уже выделенных частотах. Вследствие этого внутрислужебное совмещение с дополнительными пользователями становится все более затруднительным.

В случае подвижных служб конфигурации антенн являются квазивсенаправленными и предусматриваемые десятки миллионов подвижных передатчиков имеют очень высокий суммарный уровень помех. Поскольку БСПСЭП по определению являются "подвижными", координация по понятным причинам невозможна. Можно показать, что практически для любой из рассмотренных конфигураций совмещение с этими подвижными системами является неосуществимым.

2 Регламент радиосвязи и аспекты занятия полос

ВАРК-92 распределила во всех Районах МСЭ полосы 2025–2110 МГц и 2200–2290 МГц на первичной основе для совместного использования службам КИ, КЭ, СИЗ и подвижным службам.

Максимально допустимые уровни взаимных помех для земных станций определены в Приложении 7 к РР, таблица 8b, и в Рекомендациях МСЭ-R SA.363 и МСЭ-R SA.609. Диаграммы антенн для земных станций основаны на моделях излучения, установленных в Приложении 8 к РР, Дополнение III. Минимальные углы места для антенн земных станций согласуются с п. 21.15 и п. 21.14 РР. Уровни помех для приемников космических аппаратов установлены в Рекомендациях МСЭ-R SA.609 и МСЭ-R SA.363.

В настоящее время в полосе 2025–2110 МГц существует более 300 частотных присвоений. В полосе 2200–2290 МГц свыше 350 частотных присвоений. Для каналов космос-космос в настоящее время определены шесть мест расположения систем ретрансляции данных и несколько дополнительных мест расположения подготавливается для программы международной космической станции, а также для европейской и японской программ по спутникам ретрансляции данных.

Очевидно, что рассматриваемые полосы интенсивно используются космическими службами и что большое число спутников и земных станций было бы подвержено воздействию сухопутных подвижных служб, работающих в этих полосах частот.

3 Предположения о сухопутных подвижных системах (БСПСЭП)

Предвидится множество служб для будущих подвижных систем связи. Одна из служб, предусматриваемых для работы в полосах вблизи 2 ГГц, представляет собой будущую сухопутную подвижную систему электросвязи общего пользования (БСПСЭП). Этим службам выделена ширина полосы 230 МГц.

БСПСЭП находится в стадии планирования с предварительными цифрами в отношении доли абонентов, плотности рабочей нагрузки и уровней мощности. 8-я Исследовательская комиссия по радиосвязи представила относительно подробные предположения об уровнях мощности, требованиях к ширине полосы, плотности рабочей нагрузки и т. д. Сводка представленных предположений о системе приведена в таблице 1.

ТАБЛИЦА 1

Сводка предположений о системе

	Подвижная станция вне помещения	Персональная станция вне помещения	Персональная станция внутри помещения
Высота антенны базовой станции (м)	50	<10	<3
Городская площадь, накрываемая потоком информации (Е/км^2)	500 (0,25)	1 500 (1,2)	20 000 (1,2)
Площадь ячеек (км^2)	0,94	0,016	0,0006
Ширина полосы канала при дуплексной связи (кГц)	25	50	50
Поток информации на ячейку (Е)	470	24	12
Число каналов в ячейке	493	34	23
Ширина полосы для телефонных служб (МГц)	111	27	24
Диапазон мощности станций (Вт)	1–5	0,02–0,05	0,003–0,01
Скорость кодирования речи (кбит/с)	8	(16)	(16)
Отношение пиковой рабочей нагрузки к средней	(3)	3	(3)
Пиковая рабочая нагрузка на станцию (Е)	0,1 (0,04)	0,04 (0,1)	0,2 (0,1)
Доля абонентов (проникновение) (%)	50 (10)	80 (20)	(20)

В некоторых случаях было обнаружено, что для средних оценок помех предположения о БСПСЭП были слишком оптимистичными, в частности в отношении плотности рабочей нагрузки и доли абонентов. Вместо них использовались величины, приведенные в скобках. При первоначальных данных БСПСЭП величины превышения помех были бы выше. В случае отсутствия данных для вычислений использовались числа в скобках.

Рассматривались только телефонные службы, но предполагается, что для нетелефонных служб будут получены очень близкие к ним значения.

Предположения о плотности потока информации, принятые для анализа, основаны на имеющихся данных для Европы. Численность населения во всех странах Общего рынка в настоящее время близка к 323 млн. человек, живущих на площади 2,3 млн. км^2. Это дает среднее значение 140 человек на км^2, использовавшееся для расчета помех для земных станций.

Предположения о плотности потока информации для варианта взаимных помех для приемников космического аппарата могут быть получены аналогичным образом. Геостационарный космический аппарат "видит" показанный на рисунке 3 район, в котором к 2000 году будет жить приблизительно 4 млрд. человек.

Минимальная высота орбиты космического аппарата равна 250 км. На рисунке 4 показана зона, видимая космическим аппаратом с высоты орбит 250 км и 750 км, соответственно. Зона приема помехи для орбиты 250 км составляет уже 9,6 млн. км^2. Оценка численности населения, проживающего в этой зоне, дает значение более 600 млн. человек. На рисунке 5 показаны зоны приема помехи для орбит с низким наклонением – около 29°, что является типичным для орбит многоразовых космических аппаратов.

Для всех служб БСПСЭП было учтено ослабление в окружающей среде для трасс передачи, проходящих через окна, стены, потолки, строения и деревья. Приняты следующие типичные значения ослабления: для окон (6,6 дБ), для стен и потолков (27 дБ). Было принято, что сигнал от большинства, но не от всех персональных устройств внутри помещений будет уменьшаться.

Останется небольшой процент терминалов, которые будут излучать через открытые окна, балконы, террасы или другие "открытые" точки. Для данного исследования предполагалось, что сигнал от примерно 5% устройств почти не ослаблен, а от 25% устройств ослаблен из-за влияния стекол. Помеха от оставшихся 70% устройств рассматривалась как незначительная. В результате для персональных устройств внутри помещений было принято среднее ослабление в 10 дБ. Сигналы от внешних персональных устройств и мобильных устройств будут ослабляться только при прохождении сигнала через строения и деревья. Это часто случается при малых углах места, но в меньшей степени – при больших углах. Учитывая, что основная доля помех приходит от устройств, расположенных вблизи подспутниковой точки, что соответствует большим углам места, можно ожидать, что среднее ослабление составит не более 3 дБ.

Помеха, вызванная базовыми станциями, в данном документе не рассматривалась вследствие отсутствия достаточной технической информации. Очевидно, что следует ожидать дополнительного увеличения того же порядка величины.

4 Требования к защите для космических служб

4.1 Требования к защите для земных станций

Максимальные уровни помех в приемниках земных станций зависят от эксплуатирующей их службы и соответствуют данным таблицы 8b Приложения 7 к РР и Рекомендации МСЭ-R SA.363. Эти значения и соответствующие минимальные углы места Θ_r указаны ниже:

1. Космическая эксплуатация: –184,0 дБ(Вт/кГц), $\Theta_r = 3°$

2. Космическое исследование: –216,0 дБ(Вт/Гц), $\Theta_r = 5°$.

Для типичных условий работы по обеспечению программ космической эксплуатации и космических исследований эксплуатируются антенны диаметром от 5,5 до 15 м – для общей поддержки вплоть до геостационарной орбиты и вне ее. На рисунке 2 показаны характеристики усиления антенны для рассматриваемых станций. Диаграммы направленности излучения основаны на Дополнении III Приложения 8 к РР.

4.2 Требования к защите для приемников космических аппаратов

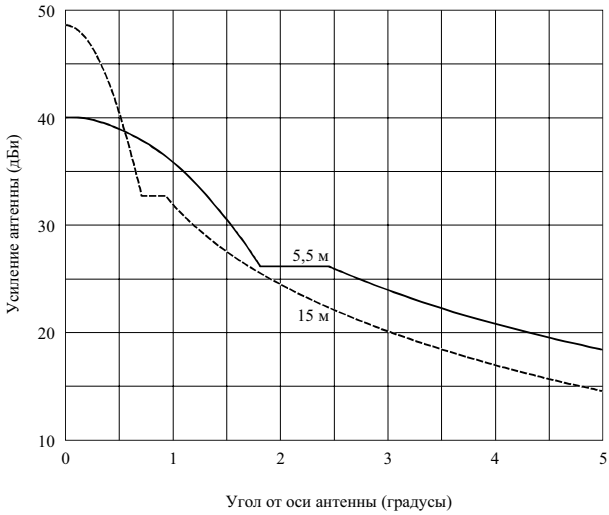
Типичные системные шумовые температуры приемников космических аппаратов составляют около 800 K, что приводит к спектральной плотности шумов около –200 дБ(Вт/Гц). При выполнении некоторых особо ответственных программ космических исследований требуется снижение шумовых температур до 600 K.

Рекомендация МСЭ-R SA.609 определяет, что помеха не должна превышать значение –177 дБ(Вт/кГц) на входных зажимах приемника в течение более чем 0,1% времени. Предполагается, что в указанной полосе каждая из служб (фиксированная, подвижная и космическая) вносит по одной третьей части полной помехи. Это составляет величину –182 дБ(Вт/кГц), эквивалентную значению –212 дБ(Вт/Гц) допустимого вклада в помехи от подвижных служб. Данное значение хорошо согласуется с критериями защиты, указанными в пп. 1.1, 1.2 и 2.2 раздела *рекомендует*.

Среднее усиление квазивсенаправленной антенны составляет около 0 дБи, причем минимальное усиление редко превышает –6 дБи. Такая антенна требуется для установления канала связи с космическим аппаратом в чрезвычайных ситуациях или в случаях, когда другие антенны не могут использоваться по техническим или эксплуатационным причинам, например, во время запуска и на начальных участках орбиты. Это применимо также к спутникам связи. При усилении антенны 0 дБи допустимый уровень помех от мобильных устройств на антенном входе составляет, следовательно, –212 дБ(Вт/Гц).

РИСУНОК 2

Типичные характеристики антенн спутниковых земных станций



Ситуация более неблагоприятна для канала связи космос-космос, где, например, у спутника ретрансляции данных антенна с высоким коэффициентом усиления направлена на спутник, находящийся на низкой околоземной орбите. Применение тех же вышеуказанных предположений, но при типичном усилении антенны 35 дБи, дает допустимый уровень помех на входе антенны, равный –247 дБ(Вт/Гц).

В Рекомендации МСЭ-R SA.363 устанавливается защитное отношение *C*/*I* в 20 дБ для космической эксплуатации. В последние годы многие космические агентства ввели в практику методы кодирования канала с целью сбережения мощности передатчика и, как следствие, уменьшения помех другим системам. Необходимо различать два случая, т. е. некодированные и кодированные передачи:

– Для некодированных передач требуется отношение E_s/No = 9,6 дБ для коэффициента ошибок по битам 10^{-5}. Добавление типичного запаса в 3 дБ приводит к требуемому отношению *C*/*N* = 12,6 дБ. Полное отношение помеха/шум, *I*/*N*, составляет, следовательно, –7,4 дБ. Допущение, что подвижные службы вносят третью часть суммарной помехи, приводит к величине I_m/N = –12,4 дБ. Для типичной плотности мощности шума в –200 дБ(Вт/Гц) допустимая помеха составляет –212,4 дБ(Вт/Гц).

– Для кодированных передач требуется отношение *E*/*No* = 1,5 дБ для коэффициента ошибок по битам 10^{-5} при стандартном сверточном кодировании канала. Добавление типичного запаса в 3 дБ приводит к требуемому отношению *C*/*N* = 4,5 дБ. Следовательно, *I*/*N* составляет –15,5 дБ. Допущение, что подвижные системы вносят третью часть суммарной помехи, приводит к величине I_m/N = –20,5 дБ. Для плотности мощности шума в –200 дБ(Вт/Гц) допустимая помеха составляет –217,5 дБ(Вт/Гц), что на 5 дБ ниже величины защиты, указанной в Рекомендации МСЭ-R SA.609.

Несмотря на то, что для кодированных передач требуются более высокие уровни защиты, для данного исследования был принят критерий защиты –212 дБ(Вт/Гц), поскольку это согласуется со значениями, установленными в Рекомендациях МСЭ-R SA.609 и МСЭ-R SA.363.

5 Анализ помех

5.1 Канал связи Земля-космос (2025–2110 МГц)

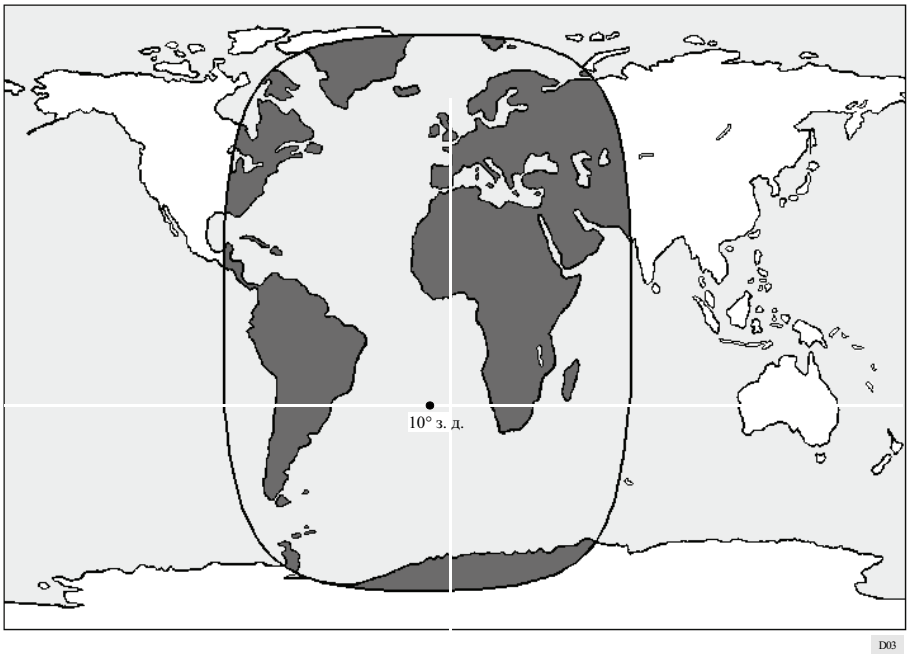
5.1.1 Помехи, воздействующие на космический аппарат

Каналы связи Земля-космос, рассматриваемые в данном анализе, соответствуют орбитальным высотам между 250 и 36 000 км, поскольку более 90% всех космических аппаратов работают на геостационарной орбите или на более низких орбитах.

На рисунке 3 показана зона, из которой геостационарный космический аппарат может принимать сигналы при помощи квазивсенаправленной антенны. Положение космического аппарата произвольно выбрано на 10° з. д. Согласно оценкам, в наиболее неблагоприятном случае с космического корабля может быть видна зона, в которой расположено более 70% всех подвижных терминалов на Земле.

РИСУНОК 3

Зона приема помех для геостационарных спутников

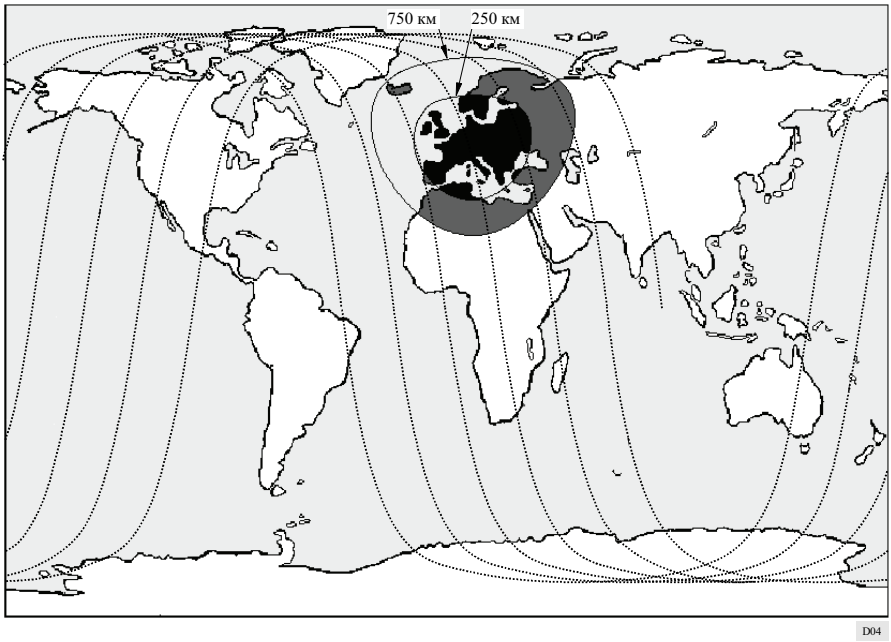


На рисунке 4 показана зона, из которой может принимать сигналы спутник на низкой околоземной орбите над высотах орбиты между 250 и 750 км. В этом случае было принято, что космический аппарат находится над серединой Европы. Получающееся в результате "окно" будет двигаться вдоль наземной трассы, указанной пунктиром. Очевидно, что с космического аппарата может быть видна очень большая зона, возможно с миллионами передающих мобильных устройств.

На рисунке 5 показана вся зона, из которой может принимать помехи космический аппарат многоразового использования с типичным наклонением орбиты 29°.

РИСУНОК 4

Зона приема помех для спутников на низкой околоземной орбите (i = 98°)



Площадь зоны помех, A, определяется как:

$$A_i = \frac{2\pi R^2 h}{R + h},$$

где:

R – радиус Земли (6378 км)

h – высота орбиты (от 250 до 36 000 км).

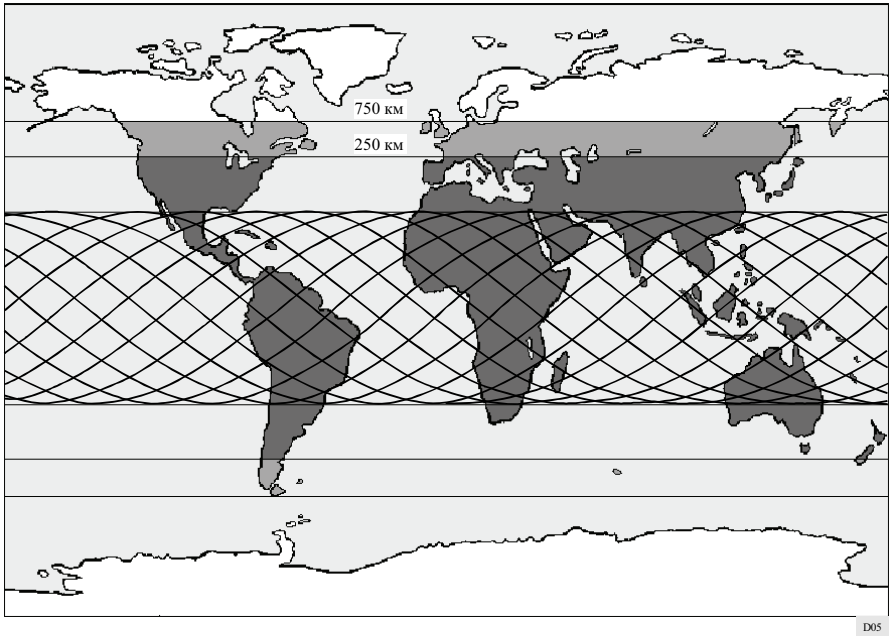
На высоте 250 км космический аппарат будет принимать помехи с площади 9,6 млн. км^2. Эта величина возрастает до 27 млн. км^2 для орбитальной высоты 750 км. Максимальная площадь, видимая геостационарным спутником, составляет 217 млн. км^2.

Уровень спектральной плотности помех, P_i, принимаемых антенной космического аппарата от одного отдельного подвижного передатчика, может быть рассчитан следующим образом:

$$P_i = \frac{E_i c^2}{B_i (4\pi x f)^2}.$$

РИСУНОК 5

Зона приема помех для спутников на низкой околоземной орбите (i = 29°)



Совокупная помеха $P_{\Sigma i}$ от всех мобильных устройств в зоне помех определяется выражением:

$$P_{\Sigma i} = \int_{x=h}^{d_m} \frac{n_a P_i B_i h^2 \, \mathrm{d}A_{(x)}}{B_m A_i x^2} \, \mathrm{d}x = \frac{n_a E_i c^2}{(4\pi f)^2 B_m A_i} \int_{x=h}^{d_m} \frac{\mathrm{d}A_{(x)}}{x^2} \, \mathrm{d}x$$

$$A_{(x)} = \frac{\pi R (x^2 - h^2)}{R + h}$$

$$\frac{\mathrm{d}A_{(x)}}{\mathrm{d}x} = \frac{2\pi R}{R + h} x$$

$$d_m = \sqrt{(R + h)^2 - R^2}$$

$$P_{\Sigma i} = \frac{n_a E_i c^2}{(4\pi f)^2 B_m R h} [\ln(d_m) - \ln(h)] ,$$

где:

P_i : плотность мощности источника помех
E_i : э.и.и.м. источника помех
x : расстояние до источника помех

f : частота передачи

n_a : число активных мобильных устройств

c : скорость света

B_i : ширина полосы одного мобильного устройства

B_m : ширина полосы подвижной службы

d_m : максимальное расстояние до источника помех.

Для упрощения было принято равномерное распределение активных терминалов в пределах доступной ширины полосы и зоны помех. В таблице 2 представлен список подробно изложенных предположений и полученных в результате уровней помех. Необходимо сделать вывод, что совместное использование частот для этих каналов связи невозможно, поскольку уровни помех на несколько порядков величины превышают допустимые уровни.

5.1.2 Помехи, создаваемые мобильными устройствами

Мобильные устройства будут принимать вредные помехи от передающей земной станции, если они используются в пределах некоторого расстояния от этой станции. Максимальные уровни уровня э.и.и.м. для поддержки спутников на околоземной орбите обычно составляют от 66 до 78 дБВт.

Учитывая величины усиления антенн в горизонтальном направлении, как показано на рисунке 2, и тот факт, что антенна в принципе излучает во всех направлениях, при наименьшем уровне усиления в –10 дБи для заднего лепестка антенны (–6 дБи для антенны размером 5,5 м), должны ожидаться следующие уровни э.и.и.м. вблизи антенны в горизонтальном направлении. Уровни плотности э.и.и.м. во многом зависят от скорости передачи данных. Для службы космической эксплуатации максимальная скорость передачи данных обычно равна нескольким кбит/с, в то время как для службы космических исследований следует рассматривать диапазон по крайней мере от 1 кбит/с до 100 кбит/с.

Диаметр антенны (м)	Диапазон э.и.и.м. (дБВт)	Диапазон плотности э.и.и.м. (дБ(Вт/4 кГц))
5,5 (3°)	20–50	14–47
15 (3°)	19–50	13–47

Уровни защиты устройств БСПСЭП неизвестны, но система будет иметь ограничения по собственным помехам, а не по шуму. Считая допустимыми уровни помех около –150 дБ(Вт/4 кГц) и предполагая существование некоторых дополнительных потерь из-за дифракции сигнала, для удовлетворительной работы мобильных устройств, может потребоваться защитная зона до 100 км.

5.2 Канал связи космос-Земля (2200–2290 МГц)

В отношении этих каналов связи следует делать различие для разных космических служб. Наиболее критической является служба космических исследований, но результаты для служб космической эксплуатации и исследования Земли фактически весьма схожи.

Трудно делать предположения о распределении подвижных передатчиков вокруг земной станции спутниковой связи, поскольку они в значительной степени зависят от местоположения станции. Было принято среднее распределение, основанное на числе жителей в странах Европейского общего рынка. Средняя плотность населения в 140 человек на км^2 является следствием того, что 323 млн. человек живут на площади 2,3 млн. км^2. В результате средняя плотность трафика составляет 2,8 Е/км^2 для персональных станций и 0,56 Е/км^2 для подвижных станций.

ТАБЛИЦА 2

Линии связи Земля-космос (2025–2110 МГц)

	Персональные станции внутри здания		Персональные станции вне здания		Подвижные станции	
Высота орбиты космического аппарата (км)	250	36 000	250	36 000	250	36 000
Э.и.и.м. одного устройства БСПСЭП (Вт)	0,003	0,003	0,020	0,020	1,00	1,00
Ширина полосы канала для речевой связи (кГц)	50,0	50,0	50,0	50,0	25,0	25,0
Плотность э.и.и.м. одного устройства БСПСЭП (дБ(Вт/Гц))	–72,2	–72,2	–64,0	–64,0	–44,0	–44,0
Потери на расходимость пучка в пространстве (дБ)	146,7	189,8	146,7	189,8	146,7	189,8
Помеха от одного устройства (дБ(Вт/Гц))	–218,9	–262,1	–210,7	–253,8	–190,7	–233,8
Допустимая плотность помехи (дБ(Вт/Гц))	–212,0	–212,0	–212,0	–212,0	–212,0	–212,0
Превышение помехи от одного устройства (дБ)	–6,9	–50,1	1,3	–41,8	21,3	–21,8
Зона помех, видимая космическим аппаратом (млн./км^2)	9,64	217,13	9,64	217,13	9,64	217,13
Общая численность населения в зоне (млн.)	600	4 000	600	4 000	600	4 000
Процент обслуживаемых абонентов (%)	20,0	20,0	20,0	20,0	10,0	10,0
Среднее количество устройств с целом на км^2	12,4	3,7	12,4	3,7	6,2	1,8
Процент активных устройств в зоне (%)	10,0	10,0	10,0	10,0	4,0	4,0
Количество одновременно действующих активных устройств в зоне (млн.)	12,0	80,0	12,0	80,0	2,4	16,0
Среднее количество активных устройств на км^2 (Е/км^2)	1,24	0,37	1,24	0,37	0,25	0,07
Предусмотренная ширина полосы службы (телефонные каналы) (МГц)	24	24	27	27	111	111
Количество активных устройств на канал	25 000	166 667	22 222	148 148	541	3 604
Ослабление в окружающей среде (строения, деревья) (дБ)	10,0	10,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Совокупная помеха от всех активных устройств (дБ(Вт/Гц))	–196	–221	–181	–206	–177	–202
Среднее превышение над допустимой помехой (дБ)	16,0	–8,5	30,7	6,2	34,6	10,1
Увеличение помех в течение пиковой активности (дБ)	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Увеличение помех при более высоких уровнях мощности (дБ)	5,2	5,2	4,0	4,0	7,0	7,0
Увеличение помех над зонами с высокой плотностью (дБ)	5,3	0,0	5,3	0,0	5,3	0,0
Превышение помехи над допустимой в наихудшем случае (дБ)	31,5	1,7	45,0	15,2	51,8	22,1

Помехи сосредоточены в пределах расстояния 1–10 км вокруг станции, для которой можно предполагать наличие прямой видимости. Для большинства местоположений станций нельзя исключить, что мобильные устройства будут находиться на расстояниях даже меньше 1 км. Разумеется, дополнительная помеха принимается и от более отдаленных мобильных терминалов, но в целях упрощения это не учитывается. Усиление антенны изменяется с азимутальным углом и было проинтегрировано в пределах 360° для получения среднего значения усиления антенны.

Совокупная помеха определяется как:

$$P_{\Sigma i} = \int_{x=d_1}^{d_2} \frac{md_a\, P_i\, B_i\, \mathrm{d}A_{(x)}}{B_m}\, \mathrm{d}x = \frac{md_a\, E_i\, c^2}{(4\pi f)^2\, B_m} \int_{x=d_1}^{d_2} \frac{\mathrm{d}A_{(x)}}{x^2}\, \mathrm{d}x$$

$$A_{(x)} = \pi x^2$$

$$\frac{\mathrm{d}A_{(x)}}{\mathrm{d}x} = 2\pi x$$

$$P_{\Sigma i} = \frac{md_a\, E_i\, c^2}{8\pi f^2\, B_m}\, [\ln(d_2) - \ln(d_1)],$$

где:

md_a : средняя плотность мобильных устройств

d_1 : минимальный радиус вокруг станции

d_2 : максимальный радиус вокруг станции.

В таблицах 3a и 3b приведены подробные результаты, полученные для рассматриваемых космических служб. Наихудший случай возникает, когда мобильное устройство ведет передачу в направлении основного луча. Было сделано предположение, что характерной является отдельная передающая станции на расстоянии 10 км, хотя возможно и гораздо более короткое расстояние. Основной вывод, который можно сделать, состоит в том, что создаваемые уровни помех на несколько порядков величины выше допустимых уровней, даже если предполагается средний коэффициент усиления антенны в несколько дБи и производится упрощенный расчет помех, неблагоприятных для космических служб; таким образом совместное использование частот невозможно.

5.3 Канал связи космос-космос (2025–2110 МГц)

Наиболее критическим случаем в этой категории является канал связи между геостационарным спутником, например, спутником для ретрансляции данных и спутником на низкой околоземной орбите. Для последнего высота орбиты находится обычно между 250 и 1000 км.

Такой канал, например, характерен для пилотируемого космического корабля многоразового использования, высота орбиты которого составляет около 400 км. Совершенно необходимо, чтобы антенна этого космического корабля была всенаправленной для осуществления надежного управления и связи на каждом этапе полета и, в особенности, в аварийных ситуациях.

Из-за ограничений плотности потока мощности на Земле также установлен предел на э.и.и.м., которую спутник ретрансляции данных может излучать в направлении к Земле, т. е. в направлении низкоорбитального спутника. Это приводит к серьезным ограничениям запаса для канала связи. Помехи, даже при низких уровнях, являются, чрезвычайно опасными.

Рассчитанные уровни помех настолько высоки, что любые каналы связи с низкоорбитальными космическими кораблями или каналы для передачи данных оказываются полностью забиты помехами. Увеличение э.и.и.м. на передающем геостационарном спутнике невозможно из-за ограничений на плотность потока мощности. Следовательно, невозможно и совместное использование частот с сухопутными мобильными устройствами.

В таблице 4 приведены подробные результаты.

ТАБЛИЦА 3

Каналы связи космос-Земля (2200–2290 МГц)

Таблица 3a: Служба космической эксплуатации	Персональные станции внутри здания		Персональные станции вне здания		Подвижные станции	
Среднее горизонтальное усиление земной станции (5,5 м) (дБн)		7,5		7,5		7,5
Максимальное горизонтальное усиление земной станции (3°) (дБи)	24,0		24,0		24,0	
Количество активных устройств на км^2 (Е/км^2)		2,800		2,800		0,560
Плотность активных устройств на канал на км^2		0,0058		0,0052		0,0001
Э.и.и.м. одного устройства БСПСЭП (Вт)	0,003	0,003	0,020	0,020	1,000	1,000
Плотность э.и.и.м. одного устройства БСПСЭП (дБ(Вт/Гц))	–72,2	–72,2	–64,0	–64,0	–44,0	–44,0
Допустимая плотность помехи на входе приемника (дБ(Вт/кГц))	–184,0	–184,0	–184,0	–184,0	–184,0	–184,0
Допустимая плотность помехи на входе антенны (дБ(Вт/кГц))	–208,0	–191,5	–208,0	–191,5	–208,0	–191,5
Помеха от устройств на расстоянии между 1 и 10 км (дБ(Вт/кГц))		–152,4		–144,7		–140,9
Помеха от одного устройства на расстоянии 10 км (LOS) (дБ(Вт/кГц))	–161,5		–153,3		–133,3	
Превышение над допустимой помехой (дБ)	46,5	39,1	54,7	46,8	74,7	50,6

Таблица 3b: Космические исследования	Персональные станции внутри здания		Персональные станции вне здания		Подвижные станции	
Среднее горизонтальное усиление земной станции (15 м) (дБи)		2,4		2,4		2,4
Максимальное горизонтальное усиление земной станции (5°) (дБи)	14,5		14,5		14,5	
Количество активных устройств на км^2 (Е/км^2)		2,800		2,800		0,560
Плотность активных устройств на канал на км^2		0,0058		0,0052		0,0001
Э.и.и.м. одного устройства БСПСЭП (Вт)	0,003	0,003	0,020	0,020	1,000	1,000
Плотность э.и.и.м. одного устройства БСПСЭП (дБ(Вт/Гц))	–72,2	–72,2	–64,0	–64,0	–44,0	–44,0
Допустимая плотность помехи на входе приемника (дБ(Вт/кГц))	–220,0	–220,0	–220,0	–220,0	–220,0	–220,0
Допустимая плотность помехи на входе антенны (дБ(Вт/кГц))	–234,5	–222,4	–234,5	–222,4	–234,5	–222,4
Помеха от устройств на расстоянии между 1 и 10 км (дБ(Вт/кГц))		–182,4		–174,7		–170,9
Помеха от одного устройства на расстоянии 10 км (LOS) (дБ(Вт/кГц))	–191,5		–183,3		–163,3	
Превышение над допустимой помехой (дБ)	43,0	40,0	51,2	47,7	71,2	51,5

ТАБЛИЦА 4

Каналы связи космос-космос (2025–2110 МГц)

	Персональные станции внутри здания		Персональные станции вне здания		Подвижные станции	
Высота орбиты космического аппарата (км)	250	750	250	750	250	750
Э.и.и.м. одного устройства БСПСЭП (Вт)	0,003	0,003	0,020	0,020	1,00	1,00
Ширина полосы канала для речевой связи (кГц)	50,0	50,0	50,0	50,0	25,0	25,0
Плотность э.и.и.м. одного устройства БСПСЭП (дБ(Вт/Гц))	–72,2	–72,2	–64,0	–64,0	–44,0	–44,0
Потери на расходимость пучка в пространстве (дБ)	146,7	156,2	146,7	156,2	146,7	156,2
Помеха от одного устройства (дБ(Вт/Гц))	–218,9	–228,4	–210,7	–220,2	–190,7	–200,2
Допустимая плотность помехи (дБ(Вт/Гц))	–212,0	–212,0	–212,0	–212,0	–212,0	–212,0
Превышение помехи от одного устройства (дБ)	–6,9	–16,4	1,3	–8,2	21,3	11,8
Зона помех, видимая космическим аппаратом (млн./км^2)	9,64	26,89	9,64	26,89	9,64	26,89
Общая численность населения в зоне (млн.)	600	800	600	800	600	800
Процент обслуживаемых абонентов (%)	20,0	20,0	20,0	20,0	10,0	10,0
Среднее количество устройств в целом на км^2	12,4	5,9	12,4	5,9	6,2	3,0
Процент активных устройств в зоне (%)	10,0	10,0	10,0	10,0	4,0	4,0
Количество одновременно действующих активных устройств в зоне (млн.)	12,0	16,0	12,0	16,0	2,4	3,2
Среднее количество активных устройств на км^2 (Е/км^2)	1,24	0,59	1,24	0,59	0,25	0,12
Предусмотренная ширина полосы службы (телефонные каналы) (МГц)	24	24	27	27	111	111
Количество активных устройств на канал	25 000	33 333	22 222	29 630	541	721
Ослабление в окружающей среде (строения, деревья) (дБ)	10,0	10,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Совокупная помеха от всех активных устройств (дБ(Вт/Гц))	–196,0	–200,9	–181,3	–186,2	–177,4	–182,3
Среднее превышение над допустимой помехой (дБ)	16,0	11,1	30,7	25,8	34,6	29,7
Увеличение помех в течение пиковой активности (дБ)	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Увеличение помех при более высоких уровнях мощности (дБ)	5,2	5,2	4,0	4,0	7,0	7,0
Увеличение помех над зонами с высокой плотностью (дБ)	5,3	3,0	5,3	3,0	5,3	3,0
Превышение помехи над допустимой в наихудшем случае (дБ)	31,5	24,3	45,0	37,8	51,8	44,6

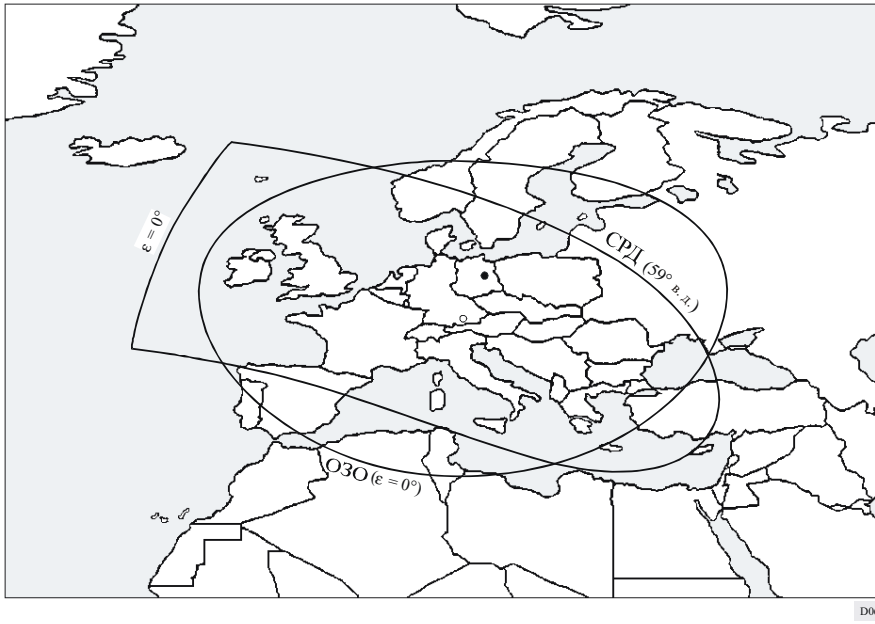
5.4 Канал связи космос-космос (2200–2290 МГц)

Эта полоса частот используется для каналов передачи данных от низкоорбитальных спутников на геостационарные спутники ретрансляции данных и для связи на короткие расстояния между низкоорбитальными спутниками, а в конечном счете также между космонавтами. Следовательно, должны быть рассмотрены орбиты с высотами между 250 и 36 000 км.

В принципе здесь применимы те же самые предположения, которые были перечислены выше, за исключением того, что геостационарный спутник использует для связи с низкоорбитальными аппаратами антенны с большим коэффициентом усиления. Это приводит к очень низким допустимым уровням помех на входе антенны. Ширина луча антенны обычно составляет несколько градусов, поэтому могут приниматься помехи с территории, площадь которой несколько меньше, чем для орбиты с высотой 250 км. На рисунке 6 дается типичный пример для области, из которой помеха будет приниматься спутником ретрансляции данных при слежении за аппаратом на низкой околоземной орбите.

РИСУНОК 6

Зона покрытия антенны спутника ретрансляции данных и спутника ОЗО на высоте 250 км



Подробные результаты приведены в таблице 5. К сожалению, в этом случае совместное использование частот также невозможно.

5.5 Сценарии наихудшего случая для всех каналов связи

Использованные выше предположения для изучения помех основаны на среднем распределении мобильных устройств по территории зоны помех, средней активности, минимальных уровнях мощности для устройств БСПСЭП и равной занятости всех доступных каналов. Следовательно, результирующие избыточные значения помех являются средними в диапазоне низких значений.

ТАБЛИЦА 5

Каналы связи космос-космос (2200–2290 МГц)

	Персональные станции внутри здания		Персональные станции вне здания		Подвижные станции	
Высота орбиты космического аппарата (км)	250	36 000	250	36 000	250	36 000
Э.и.и.м. одного устройства БСПСЭП (Вт)	0,003	0,003	0,020	0,020	1,000	1,000
Ширина полосы канала для речевой связи (кГц)	50,0	50,0	50,0	50,0	25,0	25,0
Плотность э.и.и.м. одного устройства БСПСЭП (дБ(Вт/Гц))	–72,2	–72,2	–64,0	–64,0	–44,0	–44,0
Потери на расходимость пучка в пространстве (дБ)	146,7	189,8	146,7	189,8	146,7	189,8
Помеха от одного устройства (дБ(Вт/Гц))	–218,9	–262,1	–210,7	–253,8	–190,7	–233,8
Допустимая плотность помехи (дБ(Вт/Гц))	–212,0	–247,0	–212,0	–247,0	–212,0	–247,0
Превышение помехи от одного устройства (дБ)	–6,9	–15,1	1,3	–6,8	21,3	13,2
Зона помех, видимая космическим аппаратом (млн./км^2)	9,64	8,00	9,64	8,00	9,64	8,00
Общая численность населения в зоне (млн.)	600	500	600	500	600	500
Процент обслуживаемых абонентов (%)	20,0	20,0	20,0	20,0	10,0	10,0
Среднее количество устройств в целом на км	62,2	62,5	62,2	62,5	62,2	62,5
Процент активных устройств в зоне (%)	10,0	10,0	10,0	10,0	4,0	4,0
Количество одновременно действующих активных устройств в зоне (млн.)	12,0	10,0	12,0	10,0	2,4	2,0
Среднее количество активных устройств на км^2 (Е/км^2)	1,24	1,25	1,24	1,25	0,25	0,25
Предусмотренная ширина полосы службы (телефонные каналы) (МГц)	24	24	27	27	111	111
Количество активных устройств на канал	25 000	20 833	22 222	18 519	541	450
Ослабление в окружающей среде (строения, деревья) (дБ)	10,0	10,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Совокупная помеха от всех активных устройств (дБ(Вт/Гц))	–196,0	–218,9	–181,3	–211,1	–177,4	–207,3
Среднее превышение над допустимой помехой (дБ)	16,0	27,2	30,7	34,9	34,6	38,8
Увеличение помех в течение пиковой активности (дБ)	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Увеличение помех при более высоких уровнях мощности (дБ)	5,2	5,2	4,0	4,0	7,0	7,0
Увеличение помех над зонами с высокой плотностью (дБ)	5,3	0,0	5,3	0,0	5,3	0,0
Превышение помехи над допустимой в наихудшем случае (дБ)	31,5	37,4	45,0	43,9	51,8	50,8

Если космический аппарат пролетает над большими городами или густонаселенными районами Европы, совокупная помеха значительно возрастает вследствие уменьшения расстояния от большого числа мобильных устройств до космического аппарата. Чтобы учесть большие городские зоны и пригороды, было принято, что 20% всех мобильных устройств, видимых с космического аппарата, находятся вблизи подспутниковой точки. Это вполне возможно над большими городами, подобными Парижу и Лондону, где плотность трафика составляет до 20 000 Е/км^2 на этаж здания. Это приводит к увеличению помехи на величину от 3 дБ для орбиты с высотой 750 км до 5 дБ для орбиты с высотой 250 км. Для геостационарных орбит увеличение не предполагалось, поскольку большая концентрация мобильных устройств вблизи экватора маловероятна.

Увеличение помехи также будет происходить иногда в периоды пиковых нагрузок. Можно предположить увеличение плотности трафика в 3 раза. Это приводит к потенциальному росту помех на величину между 4 и 7 дБ. Другой причиной более высокого уровня помех может быть неравномерное занятие каналов, но поскольку этот фактор трудно оценить, в данном исследовании он не учитывался.

Для каналов связи Земля-космос и двух каналов космос-космос может быть сделан вывод, что помеха в наихудшем случае может быть выше среднего значения на величину 9–16 дБ.

Ситуация для канала связи космос-Земля немного отличается. Наихудшей ситуации соответствовал бы случай, когда мобильное устройство ведет передачу вблизи станции почти в направлении главного луча. Принимая расстояние между мобильным устройством и земной станцией равным 10 км, можно получить, что соответствующий уровень помех превысит установленные уровни защиты на 43–75 дБ.

6 Заключение

Краткая сводка превышения помех для всех проанализированных каналов связи приведена в таблице 6. Нижние значения основаны на средних уровнях превышения помех. Верхние значения получены с учетом наихудших случаев, относящихся к увеличению плотности числа мобильных устройств на густонаселенных территориях, верхним пределам установленной рабочей мощности и периодам времени с высокой интенсивностью связи. Неравномерное занятие каналов, являющееся еще одним источником увеличения помех, не рассматривалось.

ТАБЛИЦА 6

Сводка помех для всех рассмотренных каналов связи и всех мобильных устройств

Превышение помехи (дБ)	Персональная станция внутри помещения	Персональная станция вне помещения	Подвижная станция
Земля-космос (2025–2110 МГц)	16–32	31–45	35–52
Космос-Земля (2200–2290 МГц)	39–47	47–55	51–75
Космос-космос (2025–2110 МГц)	16–32	31–45	35–52
Космос-космос (2200–2290 МГц)	27–37	35–45	39–52

Представлен анализ помех между сухопутными подвижными системами типа БСПСЭП и службами космической эксплуатации, космических исследований и исследования Земли. На всех типах каналов связи, рассмотренных в данной Рекомендации, совместное использование частот с данной подвижной системой и подобными ей подвижными системами высокой плотности невыполнимо. Результирующие уровни помех составляют величины, которые на несколько порядков выше, чем допустимые уровни, установленные в РР и в Рекомендациях МСЭ-R.

Приложение 2

Краткое изложение исследований характеристик подвижных систем, которые облегчают радиочастотную совместимость с космическими научными службами

1 Введение

В данном Приложении кратко изложены результаты исследований, относящихся к техническим и эксплуатационным характеристикам подвижных систем, которые могут быть совместимы с системами космических исследований, космической эксплуатации и спутниковых исследований Земли, работающими в диапазонах 2025–2110 МГц и 2200–2290 МГц.

Характеристики подвижных систем, которые облегчают совместное использование частот:

– излучения с низкой спектральной плотностью мощности,

– передачи прерывистого характера,

– использование направленных передающих антенн,

– число подвижных станций самоограничивается в результате характера их применения.

Исследования, в которых рассматриваются различные предположения и диапазоны значений для указанных общих характеристик, представлены в следующих разделах. Для того чтобы лучше охарактеризовать помехи в окружающей среде, потребуются дальнейшие исследования, касающиеся совместимости подвижных систем и космических научных систем в диапазонах 2025–2110 МГц и 2200–2290 МГц.

2 Краткое изложение исследований э.и.и.м. и усиления антенны

Введение технических требований для подвижной службы в диапазонах 2025–2110 МГц и 2200–2290 МГц с целью облегчения совместного использования частот с космическими научными службами привело к предложению установить предел э.и.и.м. в 28 дБВт, а также минимальный коэффициент усиления антенны в 24 дБи. Проводились исследования в отношении влияния помех таких систем на службу космических исследований.

В модели, используемой при исследовании, предполагалось глобальное и равномерное распределение направленных мобильных терминалов с коэффициентами усиления антенн между 22 и 26,5 дБи и э.и.и.м. между 28 и 37 дБВт. Рассматривалась высота орбит космических аппаратов между 250 км и 36 000 км.

Результаты изучения показывают, что научные космические операции в диапазоне 2200–2290 МГц значительно больше восприимчивы к помехам, чем в диапазоне 2025–2110 МГц. Был выполнен анализ чувствительности к величине коэффициента усиления антенны. Для случая постоянных уровней э.и.и.м. вероятность помехи снижается с ростом коэффициента усиления антенны, как показано на рисунке 7. На рисунке также показывается нелинейный рост вероятности помехи при линейном возрастании э.и.и.м.

По результатам исследования было сделано заключение, что предложенный предел э.и.и.м. в 28 дБВт вместе с коэффициентом усиления антенны более 24 дБи являются достаточными условиями для возможного совместного использования частот примерно с 1000 подвижных систем такого рода во всем мире.

3 Краткое изложение исследования помех от конкретных подвижных систем

Как показано в таблице 7, в проводимом исследовании рассматривались четыре возможных сценария относительно помехи системам научных космических служб.

Характеристики систем, используемые в этом исследовании, обсуждаются ниже.

3.1 Характеристики системы

3.1.1 Характеристики приема

3.1.1.1 Спутник ретрансляции данных

Приемная антенна (согласно предположению, предназначенная для слежения за космическим аппаратом ОЗО в зоне видимости):

– коэффициент усиления в опорном направлении = 34 дБи;

– характеристики вне луча в соответствии с эталонной диаграммой направленности излучения для круговых лучей с одной питающей линией (вблизи уровня бокового лепестка –20 дБ), как это определено в Рекомендации МСЭ-R S.672.

РИСУНОК 7

Вероятность помех для различных характеристик систем ЭСН

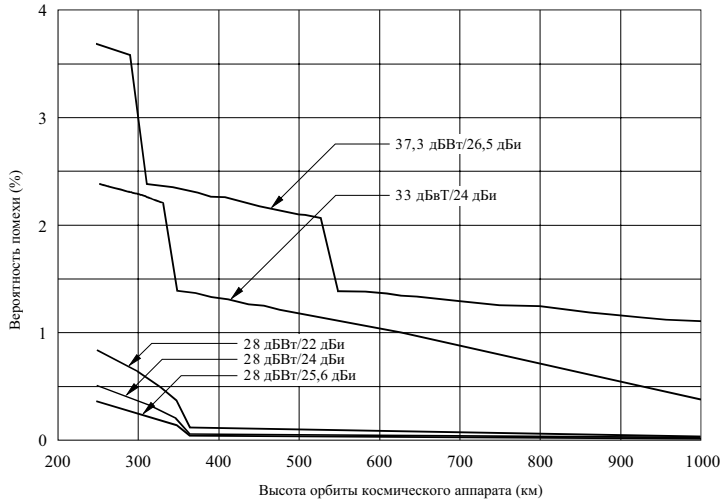


ТАБЛИЦА 7

	2025–2110 МГц	2200–2290 МГц
Космические службы Ретрансляция данных	космос-космос (в прямом направлении) (1)	космос-космос (в обратном направлении) (3)
Космические службы Непосредственно на Землю	Земля-космос (2)	космос-Земля (4)
Подвижные	Направленные (ЭСН)	Всенаправленные

3.1.1.2 Космический аппарат ОЗО (наведение антенны на СРД)

Приемная антенна (согласно предположению, предназначенная для слежения за геостационарным ретрансляционным спутником в зоне видимости):

– усиление на опорном направлении = 25 дБи;

– характеристики вне луча в соответствии с эталонной диаграммой направленности излучения для круговых лучей с одной питающей линией (вблизи уровня бокового лепестка в –20 дБ), как это определено в Рекомендации МСЭ-R S.672;

– высота орбиты = 300 км;

– наклонение = 29°.

3.1.1.3 Космический аппарат на ОЗО (наведение антенны на Землю)

Всенаправленная приемная антенна (усиление = 0 дБи):

– высота орбиты = 300 км;

– наклонение = 29°.

3.1.1.4 Земная станция

Приемная антенна (согласно предположению, предназначенная для слежения за космическим аппаратом ОЗО в зоне видимости):

– усиление на опорном направлении = 45 дБи;

– характеристики вне луча в соответствии с определенными в Приложениях 28 и 29 к РР.

3.1.2 Характеристики передачи

3.1.2.1 Мобильный терминал (направленный) – ЭСН

– усиление антенны на опорном направлении = 25 дБи;

– спектральная плотность мощности, направляемой в антенну = –38 дБ(Вт/кГц);

– характеристики вне луча в соответствии с определенными в Приложениях 28 и 29 к РР.

3.1.2.2 Мобильный терминал (всенаправленный)

– усиление антенны = 0 дБи;

– спектральная плотность мощности, направляемой в антенну = –42 дБ(Вт/кГц).

3.2 Резюме и заключения

Для сценариев, показанных в таблице 7, были выполнены оценки четырех геометрических конфигураций (A–D) с использованием приведенных выше технических характеристик. Результаты вероятностного анализа кратко изложены в таблице 8.

ТАБЛИЦА 8

Вариант	Вид передачи	Максимальный уровень помехи относительно критерия (дБ)	Вероятность превышения критерия (%)
1A	ЭСН на ОЗО (наведение на СРД)	+31,0	0,65
1B		+7,5	0,20
1C		+6,5	0,15
1D		+6,5	0,15
2A	ЭСН на ОЗО (наведение на Землю)	+2,5	0,20
2B		+2,5	0,04
2C		+2,5	0,045
2D		+2,5	0,035
3A	Всенаправленная на СРД	–16,5	2,50(1)
3B		–16,5	1,50(1)
3C		–15,0	0,15(1)
3D		–15,0	0,50(1)
4A	Всенаправленная на земные станции	+48,5	1,00
4B		+48,0	0,55

(1) Вероятность максимального уровня помехи.

3.2.1 Помехи от направленных мобильных устройств космическим аппаратам ОЗО (наведение на СРД) в диапазоне 2025–2110 МГц

Значения в таблице 8 позволяют предположить, что отдельный терминал ЭСН в различных геометрических конфигурациях может превышать соответствующие критерии защиты. Однако при рассмотрении большинства конфигураций представляется, что если мощность передачи системы ЭСН уменьшается на 1 дБ, то вероятность превышения критерия защиты была бы уменьшена до 0,1%. Разумеется, это не будет справедливо для более критичных геометрических конфигураций, и поэтому на местоположение наземных терминалов ЭСН возможно должны быть введены некоторые ограничения.

3.2.2 Помехи от направленных мобильных устройств космическим аппаратам ОЗО (наведение на Землю) в диапазоне 2025–2110 МГц

Результаты позволяют предположить, что могут быть допустимы два или три пространственно разделенных терминала в совмещенном канале. Это переводит в разряд приемлемых от 100 до 150 терминалов ЭСН, если не рассматривать геометрию наихудшего случая.

3.2.3 Помехи от всенаправленных мобильных устройств геостационарным спутникам ретрансляции данных (слежение за космическим аппаратом ОЗО) в диапазоне 2200–2290 МГц

Значения, представленные в таблице 8, показывают, что уровни мощности помех от отдельного всенаправленного терминала находятся в пределах допустимых критериев. Однако вероятности

появления таких уровней велики и, следовательно, множество терминалов может вызвать рост совокупных уровней помех, которые, превышая допустимые уровни мощности, привели бы к многократному превышению допустимых уровней с точки зрения вероятности занятости.

3.2.4 Помехи от всенаправленных мобильных устройств земной станции (слежение за космическим аппаратом ОЗО) в диапазоне 2200–2290 МГц

Предполагая отсутствие трасс с прямой видимостью, на которых основные потери при передаче следуют закону обратной третьей степени, оказывается, что отдельный всенаправленный терминал может работать в пределах расстояния 0,5 км от земной станции (при угле места более 5°).

Приложение 3

Описание некоторых систем электронного сбора новостей (ЭСН), работающих в диапазоне 2025–2110 МГц

1 Введение

В данном Приложении представлена информация об уникальных технических и эксплуатационных характеристиках, используемых конкретными системами ЭСН, задействованными одной администрацией, которые могут облегчить совместное использование частот со службами космических исследований, космической эксплуатации и спутниковых исследований Земли.

2 Характеристики/описание систем ЭСН

Системы ЭСН включают как подвижные репортажные системы, так и перевозимые системы ЭСН, которые обеспечивают передачу видеоинформации из разнообразных мест и по различным видам деятельности. Системы ЭСН используются для освещения с места событий различных новостей или для интервью, а также для передачи в прямом эфире спортивных новостей или развлекательных программ. Вследствие высокой ценности видеосъемок с места события большинство местных телевизионных станций в городских районах Соединенных Штатов Америки используют системы ЭСН. Перевозимые системы ЭСН, ведущие передачи с места событий, обычно размещаются в фургонах и работают в стационарном режиме, передавая видеоинформацию на фиксированный пункт приема. Эти системы обеспечивают подвижность при передаче новостей по всему географическому региону.

3 Системы ЭСН и окружающая обстановка

В данном разделе описываются два распространенных режима эксплуатации.

3.1 Перевозимые системы

Перевозимые системы ЭСН, описанные в предыдущем разделе, используются для передач в прямом эфире или для видеозаписи на месте события новостей, спортивных состязаний и развлекательных мероприятий. Перевозимые системы ЭСН обычно размещаются в фургонах и в них используются передатчики, работающие с мощностью около 10,8 дБВт. Эти системы используют направленные антенны с усилением 20–22 дБи, установленные на пневматических

мачтах высотой до 15 м. Для обеспечения дополнительной взаимной защиты от помех в системах ЭСН может использоваться линейная или круговая поляризация. Многие системы ЭСН (возможно, 30–50%) ведут передачи с потерями в фидерной линии до 5 дБ.

3.2 Репортажные системы

Легкие малогабаритные микроволновые передатчики используются для подвижной съемки или для видеосъемок с непосредственным участием, когда желательно получение изображений в прямом эфире, поскольку устройства видеозаписи становятся непригодными из-за своих размеров и требований к надежности. Эти передатчики обычно работают при мощности до 5 дБВт. Данные системы используют практически всенаправленные антенны с усилением 0–3 дБи и могут также использовать линейную или круговую поляризацию.

Как правило, малые репортажные системы используются скорее вместо, чем в дополнение к перевозимым системам ЭСН, работающим в канале. Обычно репортажные системы не могут работать одновременно с перевозимыми системами, поскольку перевозимые системы создают избыточные помехи для приемника репортажной системы.

В таблице 9 представлены характеристики типичных систем ЭСН, работающих в диапазоне 2025–2110 МГц.

ТАБЛИЦА 9

Типичные системы ЭСН в диапазоне 2 ГГц, используемые в Соединенных Штатах Америки

Тип использования	Местоположение передатчика	Передаваемая мощность	Усиление антенны (дБи)	Местоположение приемника
Перевозимая система ЭСН (фургон)	Мачта фургона	12 Вт	22	Башня
Временно установленный канал связи	Крыша	12 Вт	25	Крыша
Собрание	Пол зала собрания	100 мВт	0–5	Стропила зала
Репортаж (например, о лыжнике)	На теле/шлеме	100 мВт	0	Склон холма или вертолет
Спортивные события				
Игровое поле	Поле	1 Вт	12	Комната прессы
Площадка для гольфа (система 1)	На площадке для гольфа	3 Вт	16	Привязанный дирижабль
Площадка для гольфа (система 2)	На площадке для гольфа	12 Вт	12	Подъемный кран
Гонки	В автомобиле	3 Вт	7	Вертолет
Вертолет	Вертолет-ретранслятор	12 Вт	7	Наземный прием
Марафон				
Мотоцикл	Мотоцикл	3 Вт	7	Вертолет
Автомобиль-ретранслятор	Пикап	12 Вт	12	Вертолет
Вертолет	Вертолет-ретранслятор	12 Вт	7	Крыша

4 Эксплуатационные характеристики

Все системы ЭСН не могут работать одновременно. Поскольку системы ЭСН чувствительны к помехам, то одновременно обычно возможна только одна передача на канал на пункт приема. Большинство рынков телевизионных услуг в Соединенных Штатах Америки включает множество пунктов приема, что позволяет вести одновременные передачи в канале. Однако на наиболее крупных рынках возможно вести одновременно только шесть передач в наиболее занятом канале, а для большинства рынков число передач не превышает двух. Более двух одновременных передач в одном канале встречается редко. Фактически множество систем и пунктов приема ЭСН существуют только на крупнейших рынках телевизионных услуг, а для большинства регионов одновременная работа систем ЭСН в канале осуществляется в незначительных масштабах, либо отсутствует вовсе.

Хотя перевозимые системы ЭСН используются в течение всех суток, они прежде всего работают во время передачи местных новостей в будни, что обычно происходит около 12.00–12.30, 17.00–19.00 и 23.00–23.30 по местному времени. На большинстве рынков услуг связи существенное значение имеет также использование систем ЭСН перед послеполуденными новостями, т. е. около 15.00–17.00. На многих рынках возрастает популярность местных утренних программ в 06.00–09.00, и в этих программах также используются системы ЭСН. Перевозимые передатчики ЭСН работают примерно дважды в сутки. По оценкам инженеров радиовещания, каждая система ЭСН работает в среднем 15 минут в течение одной передачи, но это время может изменяться примерно от 5 минут до возможно 5 часов.

5 Использование и характеристики спектра

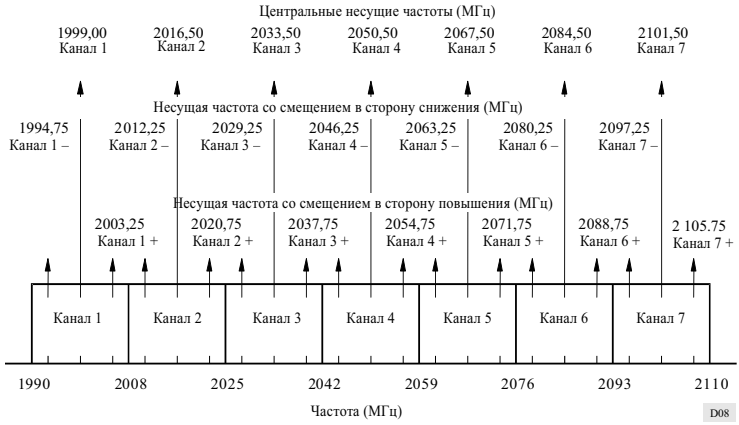
Диапазон 1990–2110 МГц используется как основной диапазон систем ЭСН из-за благоприятных характеристик распространения. Они включают более низкие уровни ослабления растительностью, что относится к более высоким частотам, и возможности "отражения от зданий" сигналов, что позволяет установить временную линию связи с фиксированным пунктом приема, несмотря на неизбежное затенение трассы.

В Соединенных Штатах Америки диапазон частот ЭСН разбит на 7 каналов по 17 МГц каждый, за исключением первого канала, ширина которого 18 МГц, как показано на рисунке 8. Системы ЭСН обычно работают в центре каждого из каналов, но используются также и каналы со смещением в сторону более низких и более высоких частот. Следовательно, возможна 21 несущая частота, однако все несущие частоты не могут использоваться одновременно. Системы ЭСН могут работать в центре канала, на нижнем крае канала, на верхнем крае канала или одновременно на нижнем и верхнем краях канала в зависимости от потребности и от использования соседнего канала в любое время. Поскольку системы ЭСН чувствительны к помехам, то обычно возможна одновременно только одна передача на канал на пункт приема.

Системы ЭСН используют для передачи видеоинформации частотную модуляцию (ЧМ). Фактически несущая частота никогда не передается без ее модуляции телевизионным растром.

РИСУНОК 8

План каналов ЭСН, используемый в Соединенных Штатах Америки



Приложение 4

Описание некоторых воздушных подвижных систем телеметрии, работающих в диапазоне 2200–2290 МГц

1 Введение

Воздушные подвижные системы телеметрии, эксплуатируемые некоей администрацией, состоят из небольшого числа управляемых передатчиков кратковременного действия, работающих в нескольких определенных районах.

Число одновременно работающих систем передачи в пределах радиуса 1000 км обычно не превышает 15. Максимальная э.и.и.м. в направлении спутника в любой полосе шириной 3 МГц в пределах радиуса 1000 км не должна, как правило, превышать 10 Вт.

2 Технические характеристики воздушных подвижных систем телеметрии

В воздушной телеметрии с конца 1960-х годов использовался диапазон 2200–2290 МГц для испытания ракет, космических средств запуска, воздушных судов и их подсистем. Продолжительность большинства этих испытаний составляет менее 10 минут, однако некоторые испытания длились нескольких часов. Телеметрические операции могут иметь место в любое время суток, причем максимальное ее использование приходится на светлое время. Большая часть испытаний полетов выполняется на одном (или более) испытательных полигонах, эксплуатируемых правительством Соединенных Штатов Америки.

Характеристики передающих систем телеметрии оптимизируются для испытываемого летательного аппарата. Поэтому эти характеристики существенно меняются в зависимости от конкретного летательного аппарата. Не существует "типичной" системы передачи. Эффективная излучаемая мощность систем телеметрии обычно составляет от 1 до 5 Вт. Требуемый уровень мощности определяется количеством передаваемой информации, максимальным расстоянием между передающей и приемной системами, требуемым качеством данных и чувствительностью приемной системы. Передающие антенны для телеметрии обычно линейно поляризованы и, как правило, разрабатываются так, чтобы иметь почти изотропную зону охвата, поскольку ориентация испытываемого летательного аппарата по отношению к приемной антенне системы телеметрии может изменяться очень быстро. Так как приемная антенна отслеживает летательный аппарат в полете, то в приемнике происходят большие колебания уровня сигнала. Эти "замирания" вызваны нулями в диаграмме направленности антенны и аномалиями распространения, такими как многолучевость и волноводное распространение. Снижение уровня сигнала при замираниях может превышать 30 дБ. Поэтому во избежание потери данных при замираниях сигнала для оптимальных условий полета требуется, чтобы принятый сигнал значительно превышал пороговый уровень.

Форматы данных телеметрии и скорости передачи претерпевают значительные изменения в зависимости от типа летательного аппарата. В большинстве передающих систем телеметрии используется частотная или фазовая модуляция. Вход передатчика может быть цифровым, аналоговым или комбинацией цифрового и аналогового. Ширина полосы частот, в которой передается 99% энергии телеметрической системы, изменяется от менее чем 1 МГц до более чем 10 МГц.

Необходимое для приемлемого качества данных отношение сигнал/шум (ОСШ) до детектора изменяется от 9 до 15 дБ. Максимальное расстояние между испытываемым летательным аппаратом и приемной станцией телеметрии обычно составляет от 20 до 400 км (для некоторых испытаний максимальное расстояние превышает 3000 км). Типичные значения ширины полосы пропускания приемника изменяются от 0,5 до 10 МГц (эти значения возрастают). Шумовые температуры приемной системы изменяются в пределах от 200 K до 500 K. Коэффициенты усиления главного лепестка приемных антенн изменяются от 6 дБи для некоторых подвижных систем с малым радиусом действия до более чем 50 дБи для больших антенн. Большие антенны автоматически отслеживают испытываемый летательный аппарат, в то время как меньшие антенны (усиление менее 20 дБи) обычно ориентированы в направлении на передатчик. Боковые лепестки приемной антенны зависят от ее размера и конструкции. Большинство телеметрических приемных антенн имеют диаметр от 2,44 м (8 футов) и 10 м (32,8 футов).

3 Рассмотрение спектра

Поставщики воздушных подвижных систем телеметрии в Соединенных Штатах Америки разделили этот диапазон на 90 каналов, каждый шириной в 1 МГц. В тех случаях, когда необходима более широкая полоса частот, из них формируются составные каналы.

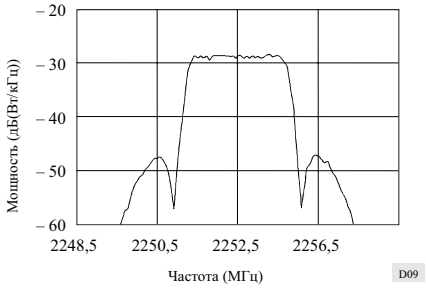
В настоящее время защита работы воздушной системы телеметрии осуществляется путем координации между различными пользователями. Территория Соединенных Штатов Америки разделена на зоны координации. Внутри этих зон координаторы частот распределяют частоты и планируют их использование.

Существует возможность значительных помех между земными станциями спутниковой связи и близко расположенными передающими станциями воздушной телеметрии в диапазоне 2200–2290 МГц. Решение этой проблемы облегчается путем контроля в этом диапазоне времени, частоты и местоположения передатчика каждой службы. Центры контроля частотных помех согласуют между собой изменения в реальном масштабе времени, определяют местонахождение источника любых несанкционированных передач и идентифицируют их.

Пример спектральной плотности мощности излучения показан на рисунке 9. На этом рисунке демонстрируется номинальная спектральная плотность мощности для системы телеметрии. Данные на этом рисунке не являются типичными и не представляют наилучший или наихудший случай; он приведен только как пример спектральных характеристик наиболее общего типа для систем, используемых в настоящее время для воздушных подвижных систем телеметрии. Некоторые воздушные подвижные системы телеметрии в ходе части испытательного полета могут иметь дискретные спектральные компоненты, следовательно максимальные спектральные плотности (дБ(Вт/кГц)) могут существенно превышать величины, показанные на рисунке 9.

РИСУНОК 9

Пример спектра



Максимальная совокупная мощность, излучаемая в любом направлении от всех воздушных подвижных систем телеметрии в пределах радиуса 1000 км, в диапазоне 2200–2290 МГц будет меньше 100 Вт. Максимальная совокупная мощность, излучаемая в любой полосе шириной 3 МГц, будет лишь в исключительных случаях превышать 10 Вт в любом направлении в пределах радиуса 1000 км.

РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R M.1171*

ПРОЦЕДУРЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАДИОТЕЛЕФОНИИ В МОРСКОЙ ПОДВИЖНОЙ СЛУЖБЕ

(1995)

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

а) что имеется потребность описания стандартных процедур для радиотелефонии в морской подвижной службе,

рекомендует,

1 чтобы использование радиотелефонии в морской подвижной службе осуществлялось в соответствии с Приложением 1.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Раздел I. Введение

§ 1. Радиотелефонные станции должны быть, по мере возможности, оборудованы устройствами, предназначенными для немедленного переключения с передачи на прием и обратно. Такие устройства необходимы для всех станций, осуществляющих связь между судами и абонентами сухопутной телефонной сети.

§ 2. (1) Станции, имеющие оборудование для радиотелефонии, могут передавать и принимать радиотелеграммы по радиотелефону. Береговые станции, обеспечивающие такую службу и открытые для общественной корреспонденции, должны быть указаны в Списке береговых станций.

(2) Для облегчения радиосвязи могут использоваться служебные сокращения, приведенные в Рекомендации МСЭ-R M.1172.

Раздел II. Вызовы по радиотелефону

§ 3. Положения этого Раздела, касающиеся интервалов между вызовами, не распространяются на станции, работающие в условиях, связанных с бедствием, срочностью или безопасностью.

§ 4. (1) Как общее правило, связь с береговой станцией должна устанавливаться судовой станцией. С этой целью она может вызвать береговую станцию лишь после того, как она войдет в зону обслуживания последней, иными словами, в ту зону, в пределах которой береговая станция может слышать вызовы, посылаемые на соответствующей частоте судовой станцией.

(2) Однако береговая станция, имеющая обмен для судовой станции, может вызвать эту станцию, если она имеет основание предполагать, что судовая станция находится в ее зоне обслуживания и ведет дежурство.

---

* Данная Рекомендация должна быть доведена до сведения Международной морской организации (ИМО) и Сектора стандартизации электросвязи (МСЭ-T).

Примечание Секретариата: Ссылки на Регламент радиосвязи (РР), имеющиеся в данной Рекомендации, относятся к РР, пересмотренному Всемирной конференцией радиосвязи 1995 года. Эти положения РР вступят в силу 1 июня 1998 года. Там, где это уместно, в квадратных скобках приведены также эквивалентные ссылки на действующий РР.

§ 5. (1) Кроме того, каждая береговая станция должна, по мере возможности, передавать свои вызовы в форме "списков обмена", состоящих из позывных или других опознавательных сигналов в алфавитном порядке всех судовых станций, для которых у нее имеются сообщения. Эти вызовы должны передаваться в определенное время, установленное по соглашению между заинтересованными администрациями и через промежутки времени не менее двух часов и не более четырех часов в часы работы береговой станции.

(2) Береговые станции должны передавать эти списки обмена на своих обычных рабочих частотах в соответствующих полосах. Передаче должен предшествовать общий вызов всем станциям.

(3) Общий вызов всем станциям, сообщающий список обмена, может осуществляться на частоте вызова в следующей форме:

– "вызов всем судам" или CQ (произносимый с помощью кодовых слов CHARLIE QUEBEC), передаваемый не более трех раз;

– слова THIS IS (или DE, произносимого с помощью кодовых слов DELTA ECHO в случае языковых затруднений);

– ". . . Радио", не более трех раз;

– "Слушайте мой список обмена на частоте . . . кГц".

Это вступление ни в коем случае не должно повторяться.

(4) Однако в полосах частот между 156 МГц и 174 МГц, если имеются хорошие условия установления связи, вызов, описанный в § 5.(3), может быть заменен на:

– "вызов всем судам" или CQ (произносимый с помощью кодовых слов CHARLIE QUEBEC), передаваемый один раз;

– слова THIS IS (или DE, произносимого с помощью кодовых слов DELTA ECHO в случае языковых трудностей);

– ". . . Радио", два раза;

– "Слушайте мой список обмена в канале . . .".

Это вступление ни в коем случае не должно повторяться.

(5) Положения § 5.(3) обязательны, когда работа производится на частотах 2182 кГц или 156,8 МГц.

(6) Часы, в течение которых береговые станции передают свои списки обмена, и используемые при этом частоты и классы излучения должны быть указаны в Списке береговых станций.

(7) Судовые станции должны, по мере возможности, слушать передачу списков обмена береговых станций. Когда они услышат в этом списке свой позывной сигнал или другой опознавательный сигнал, они должны ответить по возможности быстрее.

(8) Если обмен не может быть передан немедленно, береговая станция должна сообщить каждой заинтересованной судовой станции вероятное время, в которое может быть начата работа, а также, если это необходимо, частоту и класс излучения, которые будут при этом использованы.

§ 6. Если береговая станция принимает вызовы от нескольких судовых станций практически в одно и то же время, она сама устанавливает порядок, в котором эти станции могут передавать ей свой обмен. В своем решении она должна основываться на порядке приоритета (см. п. S53.1 [п. 4441] РР) радиотелеграмм или радиотелефонных переговоров, подготовленных к передаче судовыми станциями, а также на необходимости предоставить возможность каждой из вызывающих ее станций направить ей по возможности наибольшее количество сообщений.

§ 7. (1) Если вызываемая станция не отвечает на вызов, посланный три раза через промежутки времени в две минуты, то передачу вызова следует прекратить.

(2) Однако, если вызываемая станция не отвечает, вызов может повторяться через промежутки времени, равные трем минутам.

(3) В зонах, где возможна надежная связь с вызываемой станцией на ОВЧ, вызывающая судовая станция может повторить свой вызов, как только она убедится, что обмен на береговой станции закончился.

(4) При осуществлении связи между станцией морской подвижной службы и станцией воздушного судна вызов может быть возобновлен через пять минут.

(5) До возобновления вызова вызывающая станция должна удостовериться, что вызываемая станция не осуществляет связь с другой станцией.

(6) Если нет оснований полагать, что будут причинены вредные помехи передаче других сообщений, то положения § 7.(4) не применяются. В таких случаях вызов, посланный три раза через промежутки времени в две минуты, может быть повторен через интервал времени, составляющий не менее трех минут.

(7) Однако до возобновления вызова вызывающая станция должна убедиться в том, что новый вызов не причинит помех другим осуществляемым связям и что вызываемая станция не имеет связи с другой станцией.

(8) Судовым станциям не разрешается излучение несущей в промежутке времени между вызовами.

§ 8. Если название и адрес администрации или частной эксплуатационной организации, в ведении которой находится судовая станция, не указаны в соответствующем списке станций или более не соответствуют приведенным там сведениям, то судовая станция должна в обязательном порядке сообщить береговой станции, которой она передает обмен, все необходимые в этом отношении сведения.

§ 9. (1) Береговая станция может посредством сокращения TR (произносимого с помощью кодовых слов TANGO ROMEO) просить судовую станцию передать ей следующие сведения:

a) положение и, если возможно, направление и скорость;

b) ближайший порт захода.

(2) Сведения, предусмотренные в § 9.(1), перед которыми ставится сокращение TR, должны сообщаться судовыми станциями, когда это представляется целесообразным, не дожидаясь предварительного запроса береговой станции. Эти сведения сообщаются только с разрешения командира или лица, ответственного за судно.

Раздел III. Метод вызова, ответ на вызовы и подготовительные сигналы к обмену при использовании других методов вызова, отличных от цифрового избирательного вызова

A. Метод вызова

§ 10. (1) Вызов состоит из:

– позывного или любого другого сигнала опознавания вызываемой станции, передаваемого не более трех раз;

– слов THIS IS (или DE, произносимого с помощью кодовых слов DELTA ECHO в случае языковых затруднений);

– позывного или другого сигнала опознавания вызывающей станции, передаваемого не более трех раз.

(2) Однако при хороших условиях для установления связи в полосах частот между 156 и 174 МГц, описанный в § 10.(1) вызов можно заменить следующим:

– позывной сигнал вызываемой станции, передаваемый один раз;

– слова THIS IS (или DE, произносимое с помощью кодовых слов DELTA ECHO в случае языковых затруднений);

– позывной сигнал или другой сигнал опознавания вызывающей станции, передаваемый два раза.

(3) Вызывая ОВЧ береговую станцию, работающую более чем в одном канале, судовая станция, посылающая вызов в рабочем канале, должна включить в вызов номер этого канала.

(4) После установления связи позывной сигнал или другой опознавательный сигнал может быть передан только один раз.

(5) Если береговая станция оборудована устройством избирательного вызова в соответствии с Рекомендацией МСЭ-R M.541, а судовая станция оборудована устройством для приема такого избирательного вызова, то береговая станция вызывает судно путем передачи соответствующих кодовых сигналов. Судовая станция должна вызывать береговую станцию голосом, как указано в § 10.(1) (см. также Приложение 2 к Рекомендации МСЭ-R M.257).

§ 11. Вызовы для внутренней связи на борту судна, находящегося в территориальных водах, состоят из:

a) Вызовы от главных станций:

– названия судна, за которым следует одна буква (ALFA, BRAVO, CHARLIE и т. д.), определяющая рядовую станцию, передаваемых не более трех раз;

– слов THIS IS;

– названия судна, за которым следует слово CONTROL;

b) Вызовы от рядовых станций:

– названия судна, за которым следует слово CONTROL, передаваемых не более трех раз;

– слов THIS IS;

– названия судна, за которым следует одна буква (ALFA, BRAVO, CHARLIE и т. д.), определяющая рядовую станцию.

B. Частота, используемая для вызова и подготовительных сигналов

B1. Полосы частот между 1605 кГц и 4000 кГц

§ 12. (1) Радиотелефонная судовая станция, вызывающая береговую станцию, должна пользоваться для вызова в порядке предпочтительности:

a) рабочей частотой, на которой береговая станция ведет дежурство;

b) несущей частотой 2182 кГц;

c) в Районах 1 и 3 и в Гренландии несущей частотой 2191 кГц (присвоенная частота 2192,4 кГц), если несущая частота 2182 кГц используется в случае бедствия;

d) в Районе 2, за исключением Гренландии, несущей частотой 2191 кГц в качестве дополнительной частоты вызова в тех зонах, где интенсивно используется частота 2182 кГц.

(2) Радиотелефонная судовая станция, вызывающая другую судовую станцию, должна для вызова пользоваться:

a) несущей частотой 2182 кГц;

b) частотой, предназначенной для связи между судами при большой интенсивности обмена, на основе предварительной договоренности.

(3) С учетом положений § 12.(6) и в соответствии с правилами своей страны береговые станции вызывают судовые станции своей национальной принадлежности либо на рабочей частоте, либо, в случае вызовов отдельных судов, на несущей частоте 2182 кГц.

(4) Однако судовую станцию, которая ведет дежурство одновременно на несущей частоте 2182 кГц и на рабочей частоте, следует вызывать на рабочей частоте.

(5) Как общее правило, береговые станции должны вызывать судовые радиотелефонные станции другой национальной принадлежности на несущей частоте 2182 кГц.

(6) Береговые станции могут вызывать судовые станции, оборудованные для приема сигналов избирательного вызова, в соответствии с Рекомендациями МСЭ-R M.257 и МСЭ-R M.541.

B2. Полосы частот между 4000 кГц и 27 500 кГц

§ 13. (1) Судовая станция, вызывающая береговую станцию по радиотелефону, должна пользоваться либо одной из частот вызова, указанных в п. S52.221 [п. 4375] РР, либо рабочей частотой, связанной с частотой береговой станции в соответствии с Разделом I Части B Приложения S17 [Разделом A Приложения 16] РР.

(2) Береговая станция, вызывающая судовую станцию по радиотелефону, должна пользоваться одной из частот вызова, указанных в п. S52.222 [п. 4376] РР, одной из своих рабочих частот, указанных в Списке береговых станций, или несущей частотой 4125 кГц или 6215 кГц, в соответствии с положениями пп. S52.221.2 и S52.221.3 [пп. 4375.2 и 4375.3] РР.

(3) Подготовительные действия для установления радиотелефонной связи могут также выполняться по радиотелеграфу, используя порядок, соответствующий радиотелеграфии (см. § 17 Рекомендации МСЭ-R M.1170).

(4) Положения § 13.(1) и § 13.(2) не распространяются на связь между судовыми и береговыми станциями, использующими симплексные частоты, указанные в Разделе I Части B Приложения S17 [Разделе B Приложения 16] РР.

B3. Полосы частот между 156 МГц и 174 МГц

§ 14. (1) В полосах частот между 156 и 174 МГц вызовы между судами и вызовы судна береговой станцией должны, как правило, производиться на частоте 156,8 МГц. Однако вызов судна береговой станцией можно производить по рабочему каналу или по двухчастотному каналу вызова, который применяется в соответствии с п. S52.236 РР. Кроме сообщений в случае бедствия, срочности или безопасности, для которых должна использоваться частота 156,8 МГц, вызов судном береговой станции должен, по мере возможности, производиться по рабочему или двухчастотному каналу вызова, который применяется в соответствии с п. S52.236 [п. 4391] РР. Суда, желающие воспользоваться портовой службой или службой движения судов, должны производить вызов на указанной жирным шрифтом в Списке береговых станций рабочей частоте портовой службы или службы движения судов.

(2) Если частота 156,8 МГц используется для сообщения в случае бедствия, срочности или безопасности, то судовая станция, желающая воспользоваться портовой службой, может установить связь на частоте 156,6 МГц или на другой указанной жирным шрифтом в Списке береговых станций частоте портовой службы.

B4. Порядок вызова станции лоцманской службы

§ 15. Радиотелефонная судовая станция, вызывающая станцию лоцманской службы, должна использовать для вызова в порядке предпочтительности:

a) соответствующий канал в полосах частот между 156 и 174 МГц;

b) рабочую частоту в полосах частот между 1605 и 4000 кГц;

c) несущую частоту 2182 кГц и только после этого определять, какую использовать рабочую частоту.

C. Форма ответа на вызовы

§ 16. Ответ на вызовы состоит из:

– позывного или другого опознавательного сигнала вызывающей станции, передаваемого не более трех раз;

– слов THIS IS (или DE, произносимого с помощью кодовых слов DELTA ECHO в случае языковых затруднений);

– позывного или другого опознавательного сигнала вызываемой станции, передаваемого не более трех раз.

D. Частота для ответа

D1. Полосы частот между 1605 кГц и 4000 кГц

§ 17. (1) Если судовая станция вызывается на несущей частоте 2182 кГц, она должна отвечать на этой же несущей частоте, если вызывающая станция не указывает другую частоту.

(2) Если судовая станция вызывается с помощью избирательного вызова в соответствии с Рекомендацией МСЭ-R M.257, то она должна отвечать на частоте, на которой ведет дежурство береговая станция.

(3) Если судовая станция вызывается на рабочей частоте береговой станцией той же национальной принадлежности, она должна отвечать на рабочей частоте, обычно связанной с частотой, используемой береговой станцией для вызова.

(4) Если судовая станция вызывает береговую или другую судовую станцию, она должна указать частоту, на которой ей должен быть передан ответ, если эта частота не является частотой, которая обычно связана с частотой, используемой для вызова.

(5) Судовая станция, которая часто ведет обмен с береговой станцией другой национальной принадлежности, может, если заинтересованные администрации на то согласны, применять тот же порядок для ответа, что и суда национальной принадлежности береговой станции.

(6) Как общее правило, береговая станция должна отвечать:

a) на несущей частоте 2182 кГц на вызовы, переданные на несущей частоте 2182 кГц, если вызывающей станцией не будет указана другая частота;

b) на рабочей частоте на вызовы, переданные на рабочей частоте;

c) на рабочей частоте в Районах 1 и 3 и в Гренландии на вызовы, переданные на несущей частоте 2191 кГц (присвоенная частота 2192,4 кГц).

D2. Полосы частот между 4000 кГц и 27 500 кГц

§ 18. (1) Судовая станция, вызываемая береговой станцией, должна отвечать либо на одной из частот вызова, указанных в п. S52.221 [п. 4375] РР, или на рабочей частоте, связанной с рабочей частотой береговой станции в соответствии с Разделом I Части B Приложения S17 [Разделом A Приложения 16] РР.

(2) Береговая станция, вызываемая судовой станцией, должна отвечать на одной из частот вызова, указанных в п. S52.222 [п. 4376] РР, или на одной из своих рабочих частот, указанных в Списке береговых станций.

(3) Если станция вызывается на несущей частоте 4125 кГц, то она должна отвечать на этой же частоте, если вызывающая станция не указывает другую частоту.

(4) Если станция вызывается на несущей частоте 6215 кГц, то она должна отвечать на этой же частоте, если вызывающая станция не указывает другую частоту.

(5) Положения § 18.(1) и § 18.(2) не распространяются на связь между судовыми и береговыми станциями, использующими симплексные частоты, указанные в Разделе I Части B Приложения S17 [Разделе B Приложения 16] РР.

D3. Полосы частот между 156 МГц и 174 МГц

§ 19. (1) Если станция вызывается на частоте 156,8 МГц, то она должна ответить на этой же частоте, если вызывающая станция не указала другую частоту.

(2) Если береговая станция, открытая для общественной корреспонденции, вызывает судно либо голосом, либо с помощью избирательного вызова в соответствии с Приложением 2 к Рекомендации МСЭ-R M.257, используя двухчастотный канал, то судовая станция должна отвечать голосом на частоте, связанной с частотой береговой станции; и наоборот, береговая станция должна отвечать на вызов судовой станции на частоте, связанной с частотой этой судовой станции.

E. Указание частоты, используемой для обмена

El. Полосы частот между 1605 и 4000 кГц

§ 20. Если контакт установлен на несущей частоте 2182 кГц, то береговая и судовая станции должны для осуществления обмена перейти на рабочие частоты.

E2. Полосы частот между 4000 кГц и 27 500 кГц

§ 21. После установления контакта между судовой станцией и береговой станцией или другой судовой станцией на частоте вызова выбранной полосы частот обмен должен производиться на соответствующих рабочих частотах этих станций.

E3. Полосы частот между 156 и 174 МГц

§ 22. (1) Когда между береговой станцией в службе общественной корреспонденции и судовой станцией установлен контакт либо на частоте 156,8 МГц, либо по двухчастотному каналу вызова (см. п. S52.237 [п. 4392] РР), то станции должны перейти для осуществления обмена на одну из своих обычных пар рабочих частот. Вызывающая станция должна сообщить канал, на который она предлагает перейти, указывая частоту в МГц или, предпочтительно, номер канала.

(2) Если на частоте 156,8 МГц установлен контакт между береговой станцией портовой службы и судовой станцией, то судовой станции следует указать требуемый вид обслуживания (навигационные сведения, указания о движении в порту и т. д.); береговая станция затем должна сообщить канал, используемый для обмена, указывая частоту в МГц или, предпочтительно, номер канала.

(3) Если на частоте 156,8 МГц установлен контакт между береговой станцией службы движения судов и судовой станцией, то береговая станция должна сообщить канал, используемый для обмена, указав частоту в МГц или, предпочтительно, номер канала.

(4) Судовая станция после того, как она установила контакт с другой судовой станцией на частоте 156,8 МГц, должна указать канал для связи между судами, который ею предлагается использовать для обмена, указывая частоту в МГц или, предпочтительно, номер канала.

(5) Однако когда важно, чтобы передачу приняли все суда, находящиеся в зоне приема, то нет необходимости в том, чтобы небольшой обмен, длящийся менее одной минуты и относящийся к безопасности навигации, осуществлялся на рабочей частоте.

(6) Станции, принимающие передачу, касающуюся безопасности навигации, должны слушать сообщение до тех пор, пока не убедятся в том, что сообщение к ним не относится. Они не должны вести никакой передачи, которая могла бы помешать передаче этого сообщения.

F. Согласие на частоту, которая должна быть использована для обмена

§ 23. (1) Если вызываемая станция согласна с вызывающей станцией, то она должна передать:

a) извещение, что начиная с этого момента она будет слушать на рабочей частоте или в канале, указанном вызывающей станцией;

b) извещение о том, что она готова к приему обмена вызывающей станции.

(2) Если вызываемая станция не согласна с вызывающей станцией в отношении рабочей частоты или канала, которые должны быть использованы, она должна передать извещение о рабочей частоте или канале, которые она предлагает.

(3) При связи между береговой станцией и судовой станцией береговая станция должна принять окончательное решение относительно частоты или канала, которые должны быть использованы.

(4) По достижении согласия относительно рабочей частоты или канала, которые вызывающая станция должна использовать для своего обмена, вызываемая станция должна сообщить о своей готовности к приему обмена.

G. Указания относительно обмена

§ 24. Если вызывающая станция желает провести более одного радиотелефонного разговора или передать одну или несколько радиотелеграмм, она должна сообщить об этом после установления контакта с вызываемой станцией.

H. Трудности при приеме

§ 25. (1) Если вызываемая станция не в состоянии принять обмен немедленно, она должна ответить на вызов, как указано в § 16, и передать вслед за ответом фразу "ждите . . . минут" (или $\overline{\text{AS}}$, произносимую с помощью кодовых слов ALFA SIERRA . . . (минут) в случае языковых затруднений), указывая вероятную продолжительность ожидания в минутах. Если эта вероятная продолжительность превышает десять минут, то должна быть указана причина задержки. Вызываемая станция может указать любым другим удобным способом, что она не готова к немедленному приему обмена.

(2) Когда станция принимает вызов, не будучи уверенной в том, что этот вызов предназначается для нее, она не должна отвечать до тех пор, пока не будет повторен вызов и пока он не будет ею понят.

(3) Если станция принимает предназначенный ей вызов, но сомневается в опознавании вызывающей станции, она должна немедленно ответить и просить вызывающую станцию повторить ее позывной или иной опознавательный сигнал.

Раздел IV. Ведение (маршрутизация) обмена

A. Частота для обмена

§ 26. (1) Каждая станция должна передавать свой обмен (радиотелефонные разговоры или радиотелеграммы) на одной из своих рабочих частот в той полосе, в которой был сделан вызов.

(2) В добавление к своей обычной рабочей частоте, указанной в Списке береговых станций жирным шрифтом, береговая станция может пользоваться одной или несколькими дополнительными частотами в той же полосе в соответствии с положениями Статьи S52 [Статьи 60] РР.

(3) Использование для обмена частот, выделенных для вызова, воспрещается, за исключением обмена в случае бедствия (см. Приложение S13 [Главу IX] РР).

(4) После того как был установлен контакт на частоте, используемой для обмена, передаче радиограммы или радиотелефонному разговору предшествует передача:

– позывного сигнала или другого опознавательного сигнала вызываемой станции;

– слов THIS IS (или DE, произносимого с помощью кодовых слов DELTA ECHO в случае языковых затруднений);

– позывного сигнала или другого опознавательного сигнала вызывающей станции.

(5) Позывной сигнал или другой опознавательный сигнал не должен передаваться более одного раза.

B. Проведение разговоров по радиотелефону и передача радиотелеграмм

B1. Проведение разговоров по радиотелефону

§ 27. (1) Чтобы провести разговор по радиотелефону, береговая станция должна возможно скорее установить соединение с телефонной сетью. Тем временем судовая станция должна продолжать дежурство на соответствующей рабочей частоте, указанной береговой станцией.

(2) Однако, если соединение не может быть быстро установлено, береговая станция должна соответственно уведомить об этом судовую станцию. В этом случае судовая станция должна:

a) продолжать дежурство на соответствующей частоте до тех пор, пока не окажется возможным установить эффективную связь; *или*

b) вновь связаться с береговой станцией в согласованное между станциями время.

(3) Окончание радиотелефонного разговора производится в порядке, указанном в § 29.(3), за исключением тех случаев, когда у какой-либо из станций имеются на очереди другие вызовы.

B2. Передача радиотелеграмм

§ 28. (1) Передача радиотелеграммы должна производиться следующим образом:

– радиотелеграмма начинается: от . . . (название морского или воздушного судна);

– номер . . . (порядковый номер радиотелеграммы);

– число слов . . . ;

– дата . . . ;

– время . . . (время подачи радиотелеграммы на борту морского или воздушного судна);

– служебные отметки (если таковые имеются);

– адрес . . . ;

– текст . . . ;

– подпись . . . (если таковая имеется);

– радиотелеграмма заканчивается, конец.

(2) Как общее правило, радиотелеграммы всех видов, переданные судовыми станциями, должны нумероваться ежесуточными сериями, причем номером 1 следует отмечать первую радиотелеграмму, передаваемую в каждые данные сутки каждой отдельной станции.

(3) Серия номеров, начатая в радиотелеграфии, должна продолжаться в радиотелефонии и наоборот.

(4) Каждая радиотелеграмма должна передаваться передающей станцией только один раз. Однако в случае надобности она может быть повторена полностью или частично принимающей или передающей станцией.

(5) При передаче группы цифр каждая цифра должна произноситься отдельно, и передаче каждой группы или ряда групп должно предшествовать слово "цифрами".

(6) Числа, написанные буквами, следует произносить так, как они написаны, причем их передаче предшествуют слова "буквами".

B3. Подтверждение приема

§ 29. (1) Подтверждение приема радиотелеграммы или серии радиотелеграмм должно быть сделано принимающей станцией в следующей форме:

– позывной сигнал или другой опознавательный сигнал передающей станции;

– слова THIS IS (или DE, произносимое с помощью кодовых слов DELTA ECHO в случае языковых затруднений);

– позывной или другой опознавательный сигнал принимающей станции;

– "Ваш номер . . . получен, конец" (или R, произносимое с помощью кодового слова ROMEO . . . (числа), K, произносимое с помощью кодового слова KILO в случае языковых затруднений); *или*

– "Ваши с № . . . по № . . . получены, конец" (или R, произносимое с помощью кодового слова ROMEO . . . (числа), K, произносимое с помощью кодового слова KILO в случае языковых затруднений).

(2) Не следует считать передачу радиотелеграммы или серии радиотелеграмм законченной до получения подтверждения.

(3) Конец работы между двумя станциями следует указывать каждой из них посредством слова "конец" (или VA, произносимого с помощью кодовых слов VICTOR ALFA в случае языковых затруднений).

Раздел V. Продолжительность работы и руководство ею

§ 30. (1) При связи между береговой и судовой станциями судовая станция руководствуется указаниями, даваемыми береговой станцией по всем вопросам, касающимся порядка и времени передачи, выбора частоты, продолжительности и приостановки работы.

(2) При связи между судовыми станциями вызываемая станция руководит работой таким же образом, как это указано в § 30.(1). Однако если береговая станция сочтет необходимым вмешаться, эти станции должны руководствоваться указаниями, которые дает береговая станция.

РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R M.1172*

РАЗЛИЧНЫЕ СОКРАЩЕНИЯ И СИГНАЛЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ДЛЯ РАДИОСВЯЗИ В МОРСКОЙ ПОДВИЖНОЙ СЛУЖБЕ

(1995)

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

а) что имеется потребность описания различных сокращений и сигналов, используемых в морской подвижной службе,

рекомендует,

1 чтобы использование различных сокращений и сигналов для радиосвязи в морской подвижной службе соответствовало Приложению 1.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Различные сокращения и сигналы, используемые для радиосвязи в морской подвижной службе

Раздел I. Q-код

Введение

1 В настоящем Приложении указаны серии групп от QOA до QUZ.

2 Серии от QOA до QQZ предназначены для морской подвижной службы.

3 Некоторым сокращениям Q-кода можно придать утвердительный или отрицательный смысл, передавая непосредственно за сокращением букву C *или* буквы NO (произносимые в радиотелефонии как: CHARLIE или NO).

4 Значениям сокращений Q-кода может быть придан более широкий смысл *или* они могут быть дополнены другими соответствующими группами сокращений, позывных сигналов, названий местностей, цифр, номеров и т. д. Пропуски, заключенные в скобки, заполнять необязательно. Любые сведения, вносимые в места пропусков, должны быть переданы в том же порядке, в каком они приведены в тексте нижеследующих таблиц.

5 Сокращения Q-кода принимают форму вопроса, если за ними следует вопросительный знак в радиотелеграфии и RQ (ROMEO QUEBEC) в радиотелефонии. Когда за сокращением кода, употребляемым в виде вопроса, следуют дополнительные указания, вопросительный знак (или RQ) должны следовать за этими указаниями.

6 За сокращениями Q-кода со взаимно исключающими нумерованными значениями должна следовать соответствующая цифра, уточняющая смысл. Эта цифра должна передаваться непосредственно после сокращения.

7 Время должно указываться по Всемирному координированному времени (UTC), если только в вопросах или ответах не будет других указаний.

8 Звездочка * после сокращения Q-кода означает, что этот сигнал имеет то же самое значение, что и сигнал, указанный в Международном своде сигналов.

---

* Эта Рекомендация должна быть доведена до сведения Международной морской организации (ИМО).

Сокращения, применяемые в морской подвижной службе

A. Список сокращений в алфавитном порядке

Сокращение	Вопрос	Ответ или извещение
QOA	Можете ли вы вести связь радиотелеграфом (500 кГц)?	Я могу вести связь радиотелеграфом (500 кГц).
QOB	Можете ли вы вести связь радиотелефоном (2182 кГц)?	Я могу вести связь радиотелефоном (2182 кГц).
QOC	Можете ли вы вести связь радиотелефоном (канал 16 – частота 156,80 МГц)?	Я могу вести связь радиотелефоном (канал 16 – частота 156, 80 МГц).
QOD	Можете ли вы вести связь со мной на ... 0. Голландском 5. Итальянском 1. Английском 6. Японском 2. Французском 7. Норвежском 3. Немецком 8. Русском 4. Греческом 9. Испанском?	Я могу вести связь с вами на ... 0. Голландском 5. Итальянском 1. Английском 6. Японском 2. Французском 7. Норвежском 3. Немецком 8. Русском 4. Греческом 9. Испанском.
QOE	Приняли ли вы сигнал безопасности, переданный ... *(название и/или позывной сигнал)*?	Я принял сигнал безопасности, переданный ... *(название и/или позывной сигнал)*.
QOF	Каково коммерческое качество моих сигналов?	Качество ваших сигналов ... 1. некоммерческое 2. на грани коммерческого 3. коммерческое.
QOG	Какое количество телеграфной ленты имеется у вас для передачи?	У меня имеется для передачи ... телеграфных лент.
QOH	Должен ли я передавать фазирующий сигнал в течение ... секунд?	Передавайте фазирующий сигнал в течение ... секунд.
QOI	Должен ли я передавать мою ленту?	Передавайте вашу ленту.
QOJ	Слушаете ли вы на частоте ... кГц (*или* МГц) сигналы радиомаяков – указателей места бедствия?	Я слушаю на частоте ... кГц (*или* МГц) сигналы радиомаяков – указателей места бедствия.

Сокращение	Вопрос	Ответ или извещение
QOK	Приняли ли вы сигналы радиомаяка – указателя места бедствия на частоте ... кГц (*или* МГц)?	Я принял сигналы радиомаяка – указателя места бедствия на частоте ... кГц (*или* МГц).
QOL	Оборудовано ли ваше судно для приема избирательных вызовов? Если да, то какой номер вашего избирательного вызова или сигнал?	Мое судно оборудовано для приема избирательных вызовов. Номер моего избирательного вызова или сигнал ...
QOM	На каких частотах можно вызывать ваше судно с помощью избирательного вызова?	Мое судно можно вызывать с помощью избирательного вызова на следующей частоте (частотах) ... (можно добавить периоды времени, если необходимо).
QOO	Можете ли вы вести передачу на какой-либо рабочей частоте?	Я могу вести передачу на любой рабочей частоте.
QOT	Вы слышите мой вызов? Какая приблизительно задержка в минутах до того, как мы сможем начать обмен?	Я слышу ваш вызов. Приблизительная задержка ... минут.
QRA	Как называется ваше судно (*или* станция)?	Мое судно (*или* станция) называется …
QRB	На каком приблизительно расстоянии вы находитесь от моей станции?	Приблизительное расстояние между нашими станциями равно ... морским милям (*или* километрам).
QRC	Какой частной организацией (*или* государственной администрацией) производятся расчеты по таксам по вашей станции?	Расчеты по таксам по моей станции производятся частной организацией ... (*или* государственной администрацией).
QRD	Куда и откуда вы направляетесь?	Я направляюсь в ... из ...
QRE	Когда вы предполагаете прибыть в ... (*или* пролететь над ...) *(место)*?	Предполагаю прибыть в ... (*или* пролететь над ...) *(место)* в ... часов.
QRF	Возвращаетесь ли вы в ... *(место)*?	Я возвратился в ... *(место)*. *или* Возвращаюсь в ... *(место)*.

Сокращение	Вопрос	Ответ или извещение
QRG	Сообщите мне мою точную частоту (*или* точную частоту ...)?	Ваша точная частота (*или* точная частота ...) ... кГц (*или* МГц).
QRH	Меняется ли моя частота?	Ваша частота меняется.
QRI	Каков тон моей передачи?	Тон вашей передачи ... 1. хороший 2. меняющийся 3. плохой.
QRJ	Сколько у вас заказано радиотелефонных разговоров?	У меня заказано ... радиотелефонных разговоров.
QRK	Какова разборчивость моих сигналов (*или* сигналов ... *(название и/или позывной сигнал)*) ?	Разборчивость ваших сигналов (*или* сигналов ... *(название и/или позывной сигнал)*) 1. плохая 2. неудовлетворительная 3. удовлетворительная 4. хорошая 5. отличная.
QRL	Заняты ли вы?	Я занят (*или* я занят с ... *(название и/или позывной сигнал)*). Прошу не мешать.
QRM	Подвергается ли моя передача помехам?	Помехи, которым подвергается ваша передача ... 1. нулевые 2. слабые 3. умеренные 4. сильные 5. очень сильные.
QRN	Подвергаетесь ли вы атмосферным помехам?	Атмосферные помехи, которым я подвергаюсь ... 1. нулевые 2. слабые 3. умеренные 4. сильные 5. очень сильные.

Сокращение	Вопрос	Ответ или извещение
QRO	Должен ли я увеличить мощность передатчика?	Увеличьте мощность передатчика.
QRP	Должен ли я уменьшить мощность передатчика?	Уменьшите мощность передатчика.
QRQ	Должен ли я передавать быстрее?	Передавайте быстрее (... слов в минуту).
QRR	Готовы ли вы к автоматической работе?	Я готов к автоматической работе. Передавайте со скоростью ... слов в минуту.
QRS	Должен ли я передавать медленнее?	Передавайте медленнее (... слов в минуту).
QRT	Должен ли я прекратить передачу?	Прекратите передачу.
QRU	Есть ли у вас что-нибудь для меня?	У меня ничего нет для вас.
QRV	Готовы ли вы?	Я готов.
QRW	Должен ли я сообщить ... что вы вызываете его на ... кГц (*или* МГц)?	Пожалуйста, сообщите ... что я вызываю его на ... кГц (*или* МГц).
QRX	Когда вы вызовете меня снова?	Я вызову вас снова в ... часов на ... кГц (*или* МГц).
QRY	Какая моя очередь? *(Относится к сообщениям.)*	Ваша очередь № ... *(или согласно любому другому указанию). (Относится к сообщениям.)*
QRZ	Кто меня вызывает?	Вас вызывает ... (на ... кГц (*или* МГц)).
QSA	Какой силы мои сигналы (*или* сигналы ... *(название и/или позывной сигнал)*)?	Сила ваших сигналов (*или* сигналов ... *(название и/или позывной сигнал)*) ... 1. очень слабая 2. слабая 3. удовлетворительная 4. хорошая 5. очень хорошая.

Сокращение	Вопрос	Ответ или извещение
QSB	Замирают ли мои сигналы?	Ваши сигналы замирают.
QSC	Вы судовая станция, осуществляющая небольшой обмен?	Я судовая станция, осуществляющая небольшой обмен.
QSD	Искажаются ли мои сигналы?	Ваши сигналы искажаются.
QSE*	Каким является предполагаемый дрейф спасательного средства?	Предполагаемый дрейф спасательного средства определяется в ... *(цифры и единицы измерения)*.
QSF*	Выполнили ли вы спасательные работы?	Я выполнил спасательные работы и направляюсь на базу ... (с ... пострадавшими, нуждающимися в помощи).
QSG	Должен ли я передавать по ... телеграмм подряд?	Передавайте по ... телеграмм подряд.
QSH	Можете ли вы направить судно посредством вашего пеленгаторного оборудования?	Я могу направить судно посредством моего пеленгаторного оборудования (к ... *(название и/или позывной сигнал)*).
QSI		Я не мог прервать вашу передачу. *или* Сообщите ... *(название и/или позывной сигнал)*, что я не мог прервать его передачу (на ... кГц (*или* МГц)).
QSJ	Какова такса за передачу в ... включая вашу внутреннюю таксу?	Такса за передачу в ... включая мою внутреннюю таксу, составляет ... франков.
QSK	Можете ли вы меня слышать между своими сигналами и если да, то могу ли я включаться во время вашей передачи?	Я могу вас слышать между моими сигналами; включайтесь во время моей передачи.
QSL	Можете ли вы подтвердить прием?	Даю вам подтверждение приема.

Сокращение	Вопрос	Ответ или извещение
QSM	Должен ли я повторить последнюю переданную вам телеграмму (*или* одну из предыдущих телеграмм)?	Повторите последнюю переданную вами телеграмму (*или* номер(а) телеграммы (телеграмм) ...).
QSN	Слышали ли вы меня (*или* ... *(название и/или позывной сигнал)*) на ... кГц (*или* МГц)?	Я слышал вас (*или* ... *(название и/или позывной сигнал)*) на ... кГц (*или* МГц).
QSO	Можете ли вы связаться с ... *(название и/или позывной сигнал)* непосредственно (*или* посредством переприема)?	Я могу связаться с ... *(название и/или позывной сигнал)* непосредственно (*или* посредством переприема через ...).
QSP	Можете ли вы передать в (на) ... *(название и/или позывной сигнал)* бесплатно?	Я могу передать в (на) ... *(название и/или позывной сигнал)* бесплатно.
QSQ	Имеется ли у вас на борту врач (*или* ... *(фамилия лица)* на борту)?	У нас есть на борту врач (*или* ... *(фамилия лица)* на борту).
QSR	Должен ли я повторить вызов на частоте вызова?	Повторите ваш вызов на частоте вызова; я вас не услышал (*или* была помеха).
QSS	Какой рабочей частотой вы будете пользоваться?	Я буду пользоваться рабочей частотой ... кГц (*или* МГц) *(в ВЧ диапазоне обычно следует указать лишь последние три цифры частоты)*.
QSU	Должен ли я передавать или отвечать на этой частоте (*или* на ... кГц (*или* МГц)) (с излучениями класса ...)?	Передавайте или отвечайте на этой частоте (*или* на ... кГц (*или* МГц) (с излучениями класса ...).
QSV	Должен ли я передавать серии V (*или* сигналы) для настройки на этой частоте (*или* на ... кГц (*или* МГц))?	Передавайте серии V (*или* сигналы) для настройки на этой частоте (*или* на ... кГц (*или* на МГц)).

Сокращение	Вопрос	Ответ или извещение
QSW	Будете ли вы передавать на этой частоте (*или* на ... кГц (*или* МГц)) (с излучениями класса ...)?	Я сейчас буду передавать на этой частоте (*или* на ... кГц (*или* МГц)) (с излучениями класса ...).
QSX	Будете ли вы слушать ... *(название и/или позывной сигнал(ы))* на ... кГц (*или* МГц), или в полосах частот .../каналах ...?	Я слушаю ... *(название и/или позывной сигнал(ы))* на ... кГц (*или* МГц) или в полосах частот …/каналах ...
QSY	Должен ли я перейти на передачу на другой частоте?	Переходите на передачу на другой частоте (*или* на ... кГц (*или* МГц)).
QSZ	Должен ли я передавать каждое слово или группу несколько раз?	Передавайте каждое слово или группу дважды (*или* по ... раз).
QTA	Должен ли я аннулировать телеграмму (*или* сообщение) № ...?	Аннулируйте телеграмму (*или* сообщение) № ...
QTB	Согласны ли вы с моим подсчетом слов?	Я не согласен с вашим подсчетом слов. Повторяю первую букву или цифру каждого слова или группы.
QTC	Сколько у вас телеграмм для передачи?	У меня ... телеграмм для вас (*или* для ... *(название и/или позывной сигнал)*).
QTD*	Что найдено спасательным судном или спасательным воздушным судном?	Найдено ... (опознавательное указание) 1. ... *(число)* спасаемых 2. обломки судна 3. ... *(число)* трупов.
QTE	Каков мой ИСТИННЫЙ пеленг по отношению к вам?	Ваш ИСТИННЫЙ пеленг по отношению ко мне ... градусов в ... часов.
	или	*или*
	Каков мой ИСТИННЫЙ пеленг по отношению к ... *(название и/или позывной сигнал)*?	Ваш ИСТИННЫЙ пеленг по отношению к ... *(название и/или позывной сигнал)* ... градусов в ... часов.
	или	*или*

Сокращение	Вопрос	Ответ или извещение
QTE (продолж.)	Каков ИСТИННЫЙ пеленг ... *(название и/или позывной сигнал)* по отношению к ... *(название и/или позывной сигнал)*?	ИСТИННЫЙ пеленг ... *(название и/или позывной сигнал)* по отношению к ... *(название и/или позывной сигнал)* ... градусов в ... часов.
QTF	Не укажете ли вы мне мое местоположение на основании пеленгов, взятых радиопеленгаторными станциями, находящимися в вашем распоряжении?	Ваше местоположение на основании пеленгов, взятых радиопеленгаторными станциями, находящимися в моем распоряжении, ... градусов широты, ... градусов долготы *(или иные указания местоположения)*, класс ... в ... часов.
QTG	Не передадите ли вы два тире продолжительностью в десять секунд каждое (*или* несущую), затем ваш позывной сигнал (*или* название) (повторенный ... раз) на ... кГц (*или* МГц)?	Я буду передавать два тире продолжительностью в десять секунд каждое (*или* несущую), затем мой позывной сигнал (*или* название) (повторенный ... раз) на ... кГц (*или* МГц).
	или	*или*
	Не попросите ли вы ... *(название и/или позывной сигнал)* передать два тире продолжительностью в десять секунд каждое (*или* несущую), затем его позывной сигнал *(и/или название)* (повторенный ... раз) на ... кГц (*или* МГц)?	Я попросил ... *(название и/или позывной сигнал)* передать два тире продолжительностью в десять секунд каждое (*или* несущую), затем его позывной сигнал *(и/или название)* (повторенный ... раз) на ... кГц (*или* МГц).
QTH	Каково ваше местоположение по широте и долготе *(или в соответствии с любым другим указанием)*?	Мое местоположение ... градусов широты и ... градусов долготы *(или в соответствии с любым другим указанием)*.
QTI*	Каков ваш ИСТИННЫЙ курс?	Мой ИСТИННЫЙ курс ... градусов.

Сокращение	Вопрос	Ответ или извещение
QTJ*	Какова скорость вашего хода? *(Запрашивается скорость хода морского судна или воздушного судна по отношению к воде или воздуху соответственно.)*	Скорость моего хода ... узлов (*или* ... километров в час, *или* ... статутных миль в час). *(Указывается скорость хода морского судна или воздушного судна по отношению к воде или воздуху соответственно.)*
QTK*	Какова скорость вашего воздушного судна по отношению к поверхности Земли?	Скорость моего воздушного судна ... узлов (*или* ... километров в час, *или* ... статутных миль в час) по отношению к поверхности Земли.
QTL*	Каково ваше ИСТИННОЕ направление?	Мое ИСТИННОЕ направление ... градусов.
QTM*	Каково ваше МАГНИТНОЕ направление?	Мое МАГНИТНОЕ направление ... градусов.
QTN	В котором часу вы отбыли из ... *(место)*?	Я отбыл из ... *(место)* в ... часов.
QTO	Вышли ли вы из дока (*или* из порта)? *или* Взлетели ли вы?	Я вышел из дока (*или* из порта). *или* Я взлетел.
QTP	Собираетесь ли вы входить в док (*или* порт)? *или* Собираетесь ли вы сделать посадку на воду (*или* на землю)?	Я собираюсь войти в док (*или* порт). *или* Я собираюсь сделать посадку на воду (*или* на землю).
QTQ	Можете ли вы вести связь с моей станцией при помощи Международного свода сигналов (INTERCO)?	Я буду вести связь с вашей станцией при помощи Международного свода сигналов (INTERCO).
QTR	Каково точное время?	Точное время ... часов.
QTS	Не передадите ли вы ваш позывной сигнал (*и/или* название) в течение ... секунд?	Я передам мой позывной сигнал (*и/или* название) в течение ... секунд.
QTT		Следующий опознавательный сигнал наложен на другую передачу.

Сокращение	Вопрос	Ответ или извещение
QTU	В какие часы работает ваша станция?	Моя станция работает от ... до ... часов.
QTV	Должен ли я вместо вас обеспечить дежурство на частоте ... кГц (*или* МГц) (от ... до ... часов)?	Обеспечьте дежурство вместо меня на частоте ... кГц (*или* МГц) (от ... до ... часов).
QTW*	В каком состоянии находятся спасаемые?	Спасаемые находятся в ... состоянии и срочно нуждаются в ...
QTX	Будет ли ваша станция продолжать работу для поддержания связи со мной до моего дальнейшего уведомления (*или* до ... часов)?	Моя станция будет продолжать работу для поддержания связи с вами до вашего дальнейшего уведомления (*или* до ... часов).
QTY*	Направляетесь ли вы к месту происшествия и если да, то когда предполагаете его достичь?	Я направляюсь к месту происшествия и предполагаю его достичь в ... часов ... *(дата)*.
QTZ*	Продолжаете ли вы поиск?	Я продолжаю поиск ... (воздушного судна, морского судна, спасательного средства, спасаемых или обломков кораблекрушения).
QUA	Есть ли у вас известия от ... *(название и/или позывной сигнал)*?	У меня есть известия от ... *(название и/или позывной сигнал)*.
QUB*	Можете ли вы сообщить мне по порядку следующие сведения: ИСТИННОЕ направление в градусах и скорость ветра у поверхности; видимость; состояние погоды; а также количество, тип и высоту облаков от земной поверхности в ... *(место наблюдения)*?	Сообщаю требуемые вами сведения: … *(Необходимо указать единицы измерения скорости и расстояний.)*

Сокращение	Вопрос	Ответ или извещение
QUC	Какой номер *(или другое указание)* последнего сообщения, принятого вами от меня (*или* от ... *(название и/или позывной сигнал)*)?	Номер *(или другое указание)* последнего сообщения, принятого от вас (*или* от ... *(название и/или позывной сигнал)*) ...
QUD	Приняли ли вы сигнал срочности, переданный ... *(название и/или позывной сигнал)*?	Я принял сигнал срочности, переданный ... *(название и/или позывной сигнал)* в ... часов.
QUE	Можете ли вы говорить на ... *(языке)*, в случае необходимости с помощью переводчика; если да, то на каких частотах?	Я могу говорить на ... *(языке)* на ... кГц (*или* МГц).
QUF	Приняли ли вы сигнал бедствия, переданный ... *(название и/или позывной сигнал)*?	Я принял сигнал бедствия, переданный ... *(название и/или позывной сигнал)* в ... часов.
QUH*	Сообщите ли вы мне атмосферное давление на уровне моря в настоящее время?	Атмосферное давление на уровне моря в настоящее время ... *(единиц)*.
QUM	Могу ли я возобновить нормальную работу?	Можете возобновить нормальную работу.
QUN	1. *Обращение ко всем станциям:* Могут ли суда, находящиеся в непосредственной близости от меня *или* (вблизи от ... градусов широты, ... градусов долготы) *или* (вблизи от ...), указать свое положение, ИСТИННЫЙ курс и скорость хода? 2. *Обращение к одной станции:* Не укажете ли вы ваше истинное положение, ИСТИННЫЙ курс и скорость?	Мое положение, ИСТИННЫЙ курс и скорость хода следующие ...

Сокращение	Вопрос	Ответ или извещение
QUO*	Должен ли я начать поиск ... 1. воздушного судна 2. морского судна 3. спасательного средства вблизи от ... широты и ... долготы *(или в соответствии с любым другим указанием)*?	Пожалуйста, начинайте поиск... 1. воздушного судна 2. морского судна 3. спасательного средства вблизи от ... широты и ... долготы *(или в соответствии с любым другим указанием)*.
QUP*	Можете ли вы указать ваше местоположение посредством ... 1. прожектора 2. черного дыма 3. ракет?	Мое местоположение указано посредством ... 1. прожектора 2. черного дыма 3. ракет.
QUR*	Спасаемые ... 1. получили ли спасательные средства 2. подобраны ли спасательным судном 3. достигнуты ли с суши спасательной командой?	Спасаемые ... 1. получили спасательные средства, сброшенные ... 2. подобраны спасательным судном 3. достигнуты спасательной командой с суши.
QUS*	Обнаружили ли вы спасаемых или обломки кораблекрушения? Если да, то где?	Я обнаружил ... 1. спасаемых в воде 2. спасаемых на спасательных плотах 3. обломки кораблекрушения в ... широты и ... долготы *(или в соответствии с любым другим указанием)*.
QUT*	Отмечено ли место происшествия?	Место происшествия отмечено посредством ... 1. огневого или дымового буя 2. морского сигнального знака 3. морского цветного сигнального знака 4. ... *(указать иные способы отметки)*.

Сокращение	Вопрос	Ответ или извещение
QUU*	Должен ли я указать направление морскому или воздушному судну к моему местонахождению?	Укажите направление морскому или воздушному судну ... *(название и/или позывной сигнал ...)* 1. к вашему местонахождению, передавая свой позывной сигнал и длинные тире на ... кГц (*или* МГц) 2. передавая на ... кГц (*или* МГц) ИСТИННЫЙ курс, по которому можно вас достичь.
QUW*	Находитесь ли вы в зоне поисков, обозначенной ... *(обозначение или широта и долгота)*?	Я нахожусь в ... *(обозначение)* зоне поисков.
QUX	Есть ли у вас какие-либо действующие навигационные или штормовые предупреждения?	У меня есть следующие действующие навигационное(ые) или штормовое(ые) предупреждение(я): ...
QUY*	Отмечено ли местонахождение спасательного судна?	Местонахождение спасательного судна отмечено в ... часов посредством ... 1. огневого или дымового буя 2. морского сигнального знака 3. морского цветного сигнального знака 4. ... *(указать другие способы отметки)*.
QUZ	Могу ли я возобновить ограниченную работу?	Бедствие все еще в силе; ограниченную работу можно возобновить.

B. Список сигналов, употребляемых в зависимости от характера вопросов, ответов или извещений

Сокращение	Вопрос	Ответ или извещение
	Название	
QRA	Как называется ваше судно (*или* станция)?	Мое судно (*или* станция) называется …
	Курс	
QRD	Куда и откуда вы направляетесь?	Я направляюсь в ... из ...
	Положение	
QRB	На каком приблизительно расстоянии вы находитесь от моей станции?	Приблизительное расстояние между нашими станциями равно ... морским милям (*или* километрам).
QTH	Каково ваше местоположение по широте и долготе *(или в соответствии с любым другим указанием)*?	Мое местоположение ... градусов широты и ... градусов долготы *(или в соответствии с любым другим указанием)*.
QTN	В котором часу вы отбыли из ... *(место)*?	Я отбыл из ... *(место)* в ... часов.
	Качество сигналов	
QOF	Каково коммерческое качество моих сигналов?	Качество ваших сигналов ... 1. некоммерческое 2. на грани коммерческого 3. коммерческое.
QRI	Каков тон моей передачи?	Тон вашей передачи ... 1. хороший 2. меняющийся 3. плохой.

Сокращение	Вопрос	Ответ или извещение
	Качество сигналов (продолж.)	
QRK	Какова разборчивость моих сигналов (*или* сигналов ... *(название и/или позывной сигнал)*)?	Разборчивость ваших сигналов (*или* сигналов ... *(название и/или позывной сигнал)*) ... 1. плохая 2. неудовлетворительная 3. удовлетворительная 4. хорошая 5. отличная.
	Сила сигналов	
QRO	Должен ли я увеличить мощность передатчика?	Увеличьте мощность передатчика.
QRP	Должен ли я уменьшить мощность передатчика?	Уменьшите мощность передатчика.
QSA	Какой силы мои сигналы (*или* сигналы ... *(название и/или позывной сигнал)*)?	Сила ваших сигналов (*или* сигналов ... *(название и/или позывной сигнал)*) ... 1. очень слабая 2. слабая 3. удовлетворительная 4. хорошая 5. очень хорошая.
QSB	Замирают ли мои сигналы?	Ваши сигналы замирают.
	Манипуляция	
QRQ	Должен ли я передавать быстрее?	Передавайте быстрее (... слов в минуту).
QRR	Готовы ли вы к автоматической работе?	Я готов к автоматической работе. Передавайте со скоростью ... слов в минуту.

Сокращение	Вопрос	Ответ или извещение
	Манипуляция (продолж.)	
QRS	Должен ли я передавать медленнее?	Передавайте медленнее (... слов в минуту).
QSD	Искажаются ли мои сигналы?	Ваши сигналы искажаются.
	Помехи	
QRM	Подвергается ли моя передача помехам?	Помехи, которым подвергается ваша передача ... 1. нулевые 2. слабые 3. умеренные 4. сильные 5. очень сильные.
QRN	Подвергаетесь ли вы атмосферным помехам?	Атмосферные помехи, которым я подвергаюсь ... 1. нулевые 2. слабые 3. умеренные 4. сильные 5. очень сильные.
	Регулировка частоты	
QRG	Сообщите мне мою точную частоту (*или* точную частоту ...)?	Ваша точная частота (*или* точная частота ...) ... кГц (*или* МГц).
QRH	Меняется ли моя частота?	Ваша частота меняется.
QTS	Не передадите ли вы ваш позывной сигнал *(и/или название)* в течение ... секунд?	Я передам мой позывной сигнал *(и/или название)* в течение ... секунд.
	Выбор частоты и/или класса излучения	
QOO	Можете ли вы вести передачу на какой-либо рабочей частоте?	Я могу вести передачу на любой рабочей частоте.

Сокращение	Вопрос	Ответ или извещение
	Выбор частоты и/или класса излучения (продолж.)	
QSN	Слышали ли вы меня (*или ... (название и/или позывной сигнал)*) на ... кГц (*или* МГц)?	Я вас слышал (*или ... (название и/или позывной сигнал)*) на ... кГц (*или* МГц).
QSS	Какой рабочей частотой вы будете пользоваться?	Я буду пользоваться рабочей частотой ... кГц (*или* МГц) *(в ВЧ полосах обычно следует указать лишь последние три цифры частоты)*.
QSU	Должен ли я передавать или отвечать на этой частоте (*или* на ... кГц (*или* МГц)) (излучениями класса ...)?	Передавайте *или* отвечайте на этой частоте (*или* на ... кГц (*или* МГц)) (излучениями класса ...).
QSV	Должен ли я передавать серию V (*или* сигналы) для настройки на этой частоте (*или* на ... кГц (*или* МГц))?	Передавайте серию V (*или* сигналы) для настройки на этой частоте (*или* на ... кГц (*или* МГц)).
QSW	Будете ли вы передавать на этой частоте (*или* на ... кГц (*или* МГц)) (излучениями класса ...)?	Я буду передавать на этой частоте (*или* на ... кГц (*или* МГц)) (излучениями класса ...).
QSX	Будете ли вы слушать ... *(название и/или позывной сигнал(ы))* на ... кГц (*или* МГц) или в полосах частот .../каналах ...?	Я слушаю ... *(название и/или позывной сигнал(ы))* на ... кГц (*или* МГц) или в полосах частот .../каналах ...
	Изменение частоты	
QSY	Должен ли я перейти на передачу на другой частоте?	Переходите на передачу на другой частоте (*или* на ... кГц (*или* МГц)).
	Установление связи	
QOA	Можете ли вы вести связь радиотелеграфом (500 кГц)?	Я могу вести связь радиотелеграфом (500 кГц).

Сокращение	Вопрос	Ответ или извещение
	Установление связи (продолж.)	
QOB	Можете ли вы вести связь радиотелефоном (2182 кГц)?	Я могу вести связь радиотелефоном (2182 кГц).
QOC	Можете ли вы вести связь радиотелефоном (канал 16 – частота 156,80 МГц)?	Я могу вести связь радиотелефоном (канал 16 – частота 156,80 МГц).
QOD	Можете ли вы вести связь со мной на … 0. Голландском 5. Итальянском 1. Английском 6. Японском 2. Французском 7. Норвежском 3. Немецком 8. Русском 4. Греческом 9. Испанском?	Я могу вести связь с вами на ... 0. Голландском 5. Итальянском 1. Английском 6. Японском 2. Французском 7. Норвежском 3. Немецком 8. Русском 4. Греческом 9. Испанском.
QOT	Слышали ли вы мой вызов; какая приблизительно задержка в минутах, до того как мы сможем начать обмен?	Я слышу ваш вызов; приблизительная задержка ... минут.
QRL	Заняты ли вы?	Я занят (*или* я занят с ... *(название и/или позывной сигнал)*). Прошу не мешать.
QRV	Готовы ли вы?	Я готов.
QRX	Когда вы вызовете меня снова?	Я вызову вас снова в ... часов на ... кГц (*или* МГц).
QRY	Какая моя очередь? *(Относится к сообщениям.)*	Ваша очередь № ... *(или согласно любому другому указанию). (Относится к сообщениям.)*
QRZ	Кто меня вызывает?	Вас вызывает ... (на ... кГц (*или* МГц)).
QSC	Вы судовая станция, осуществляющая небольшой обмен?	Я судовая станция, осуществляющая небольшой обмен.

Сокращение	Вопрос	Ответ или извещение
	Установление связи (продолж.)	
QSR	Должен ли я повторить вызов на частоте вызова?	Повторите ваш вызов на частоте вызова; я вас не услышал (*или* была помеха).
QTQ	Можете ли вы вести связь с моей станцией при помощи Международного свода сигналов (INTERCO)?	Я буду вести связь с вашей станцией при помощи Международного свода сигналов (INTERCO).
QUE	Можете ли вы говорить на ... *(языке),* в случае необходимости с помощью переводчика; если да, то на каких частотах?	Я могу говорить на ... *(языке)* на ... кГц (*или* МГц).
	Избирательные вызовы	
QOL	Оборудовано ли ваше судно для приема избирательных вызовов? Если да, то какой номер вашего избирательного вызова или сигнал?	Мое судно оборудовано для приема избирательных вызовов. Номер моего избирательного вызова или сигнал ...
QOM	На каких частотах можно вызвать ваше судно с помощью избирательного вызова?	Мое судно можно вызвать с помощью избирательного вызова на следующей частоте(ах) ... (если необходимо, можно добавить периоды времени).
	Время	
QTR	Каково точное время?	Точное время ... часов.
QTU	В какие часы работает ваша станция?	Моя станция работает от ... до ... часов.
	Таксы	
QRC	Какой частной организацией (*или* государственной администрацией) производятся расчеты по таксам по вашей станции?	Расчеты по таксам по моей станции производятся частной организацией ... (*или* государственной администрацией).

Сокращение	Вопрос	Ответ или извещение
	Таксы (продолж.)	
QSJ	Какова такса за передачу в ... включая вашу внутреннюю таксу?	Такса за передачу в ... включая мою внутреннюю таксу, составляет ... франков.
	Транзит	
QRW	Должен ли я сообщить ... что вы вызываете его на ... кГц (*или* МГц)?	Пожалуйста, сообщите ... что я вызываю его на ... кГц (*или* МГц).
QSO	Можете ли вы связаться с ... *(название и/или позывной сигнал)* непосредственно (*или* посредством переприема)?	Я могу связаться с ... *(название и/или позывной сигнал)* непосредственно (*или* посредством переприема через ...).
QSP	Можете ли передать в (на) ... *(название и/или позывной сигнал)* бесплатно?	Я могу передать в (на) ... *(название и/или позывной сигнал)* бесплатно.
QSQ	Имеется ли у вас на борту врач (*или* ... *(фамилия лица)* на борту)?	У нас есть на борту врач (*или* ... *(фамилия лица)* на борту).
QUA	Есть ли у вас известия от ... *(название и/или позывной сигнал)*?	У меня есть известия от ... *(название и/или позывной сигнал)*.
QUC	Какой номер *(или другое указание)* последнего сообщения, принятого вами от меня (*или* от ... *(название и/или позывной сигнал)*)?	Номер *(или другое указание)* последнего сообщения, принятого от вас (*или* от ... *(название и/или позывной сигнал)*), ...
	Обмен корреспонденцией	
QOG	Какое количество телеграфной ленты имеется у вас для передачи?	У меня имеется для передачи ... телеграфных лент.
QOH	Должен ли я передавать фазирующий сигнал в течение ... секунд?	Передавайте фазирующий сигнал в течение ... секунд.

Сокращение	Вопрос	Ответ или извещение
	Обмен корреспонденцией (продолж.)	
QOI	Должен ли я передавать мою ленту?	Передавайте вашу ленту.
QRJ	Сколько у вас заказано радиотелефонных разговоров?	У меня заказано ... радиотелефонных разговоров.
QRU	Есть ли у вас что-нибудь для меня?	У меня ничего нет для вас.
QSG	Должен ли я передавать по ... телеграмм подряд?	Передавайте по ... телеграмм подряд.
QSI		Я не мог прервать вашу передачу. *или* Сообщите ... *(название и/или позывной сигнал)*, что я не мог прервать его передачу (на ... кГц (*или* МГц)).
QSK	Можете ли вы меня слышать между своими сигналами и если да, то могу ли я включиться во время вашей передачи?	Я могу вас слышать между моими сигналами; включайтесь во время моей передачи.
QSL	Можете ли вы подтвердить прием?	Даю вам подтверждение приема.
QSM	Должен ли я повторить последнюю переданную вам телеграмму (*или* одну из предыдущих телеграмм)?	Повторите последнюю переданную вами телеграмму (*или* номер (номера) телеграммы (телеграмм) ...).
QSZ	Должен ли я передавать каждое слово или группу несколько раз?	Передавайте каждое слово или группу дважды (*или* по ... раз).
QTA	Должен ли я аннулировать телеграмму (*или* сообщение) № ...?	Аннулируйте телеграмму (*или* сообщение) № ...
QTB	Согласны ли вы с моим подсчетом слов?	Я не согласен с вашим подсчетом слов. Повторяю первую букву или цифру каждого слова или группы.

Сокращение	Вопрос	Ответ или извещение
	Обмен корреспонденцией (продолж.)	
QTC	Сколько у вас телеграмм для передачи?	У меня ... телеграмм для вас (*или* для ... *(название и/или позывной сигнал)*).
QTV	Должен ли я вместо вас обеспечить дежурство на частоте ... кГц (*или* МГц) (от ... до ... часов)?	Обеспечьте вместо меня дежурство на частоте ... кГц (*или* МГц) (от ... до ... часов).
QTX	Будет ли ваша станция продолжать работу для поддержания связи со мной до моего дальнейшего уведомления (*или* до ... часов)?	Моя станция будет продолжать работу для поддержания связи с вами до вашего дальнейшего уведомления (*или* до ... часов).
	Передвижение	
QRE	Когда вы предполагаете прибыть в ... (*или* пролететь над ...) *(место)*?	Предполагаю прибыть в ... (*или* пролететь над ...) *(место)* в ... часов.
QRF	Возвращаетесь ли вы в ... *(место)*?	Я возвращаюсь в ... *(место)*. *или* Возвратился в ... *(место)*.
QSH	Можете ли вы направить судно посредством вашего пеленгаторного оборудования?	Я могу направить судно посредством моего пеленгаторного оборудования (в ... *(название и/или позывной сигнал)*).
QTI*	Каков ваш ИСТИННЫЙ курс?	Мой ИСТИННЫЙ курс ... градусов.
QTJ*	Какова скорость вашего хода? *(Запрашивается скорость хода морского судна или воздушного судна по отношению к воде или воздуху соответственно.)*	Скорость моего хода ... узлов (*или* ... километров в час *или* ... статутных миль в час). *(Указывается скорость хода морского судна или воздушного судна по отношению к воде или воздуху соответственно.)*

Сокращение	Вопрос	Ответ или извещение
	Передвижение (продолж.)	
QTK*	Какова скорость вашего воздушного судна по отношению к поверхности Земли?	Скорость моего воздушного судна ... узлов (*или* километров в час, *или* статутных миль в час) по отношению к поверхности Земли.
QTL*	Каково ваше ИСТИННОЕ направление?	Мое ИСТИННОЕ направление ... градусов.
QTM*	Каково ваше МАГНИТНОЕ направление?	Мое МАГНИТНОЕ направление ... градусов.
QTN	В котором часу вы отбыли из ... *(место)*?	Я отбыл из ... *(место)* в ... часов.
QTO	Вышли ли вы из дока (*или* из порта)?	Я вышел из дока (*или* из порта).
	или	*или*
	Взлетели ли вы?	Я взлетел.
QTP	Собираетесь ли вы войти в док (*или* порт)?	Я собираюсь войти в док (*или* порт).
	или	*или*
	Собираетесь ли вы сделать посадку на воду (*или* на землю)?	Я собираюсь сделать посадку на воду (*или* на землю).
QUN	1. *Обращение ко всем станциям:* Могут ли суда, находящиеся в непосредственной близости от меня … *или* (вблизи от ... градусов широты, ... градусов долготы) *или* (вблизи от ...) указать свое положение, ИСТИННЫЙ курс и скорость хода? 2. *Обращение к одной станции:* Не укажете ли вы ваше истинное положение, ИСТИННЫЙ курс и скорость?	Мое положение, ИСТИННЫЙ курс и скорость хода следующие ...

Сокращение	Вопрос	Ответ или извещение
	Метеорология	
QUB*	Можете ли вы сообщить мне по порядку следующие сведения: ИСТИННОЕ направление в градусах и скорость ветра у поверхности, видимость, состояние погоды, а также количество, тип и высоту облаков от земной поверхности в ... *(укажите место наблюдения)*?	Сообщаю требуемые вами сведения: … *(Необходимо указать единицы измерения скорости и расстояний.)*
QUH*	Не сообщите ли вы мне атмосферное давление на уровне моря в настоящее время?	Атмосферное давление на уровне моря в настоящее время ... *(единиц)*.
QUX	Есть ли у вас какие-либо действующие навигационные или штормовые предупреждения?	У меня есть следующее действующее навигационное или штормовое предупреждение(я): ...
	Радиопеленгация	
QTE	Каков мой ИСТИННЫЙ пеленг по отношению к вам?	Ваш ИСТИННЫЙ пеленг по отношению ко мне ... градусов в ... часов.
	или	*или*
	Каков мой ИСТИННЫЙ пеленг по отношению к ... *(название и/или позывной сигнал)*?	Ваш ИСТИННЫЙ пеленг по отношению к ... *(название и/или позывной сигнал)* ... градусов в ... часов.
	или	*или*
	Каков ИСТИННЫЙ пеленг ... *(название и/или позывной сигнал)* по отношению к ... *(название и/или позывной сигнал)*?	ИСТИННЫЙ пеленг ... *(название и/или позывной сигнал)* по отношению к ... *(название и/или позывной сигнал)* ... градусов в ... часов.

Сокращение	Вопрос	Ответ или извещение
	Радиопеленгация (продолж.)	
QTF	Не укажете ли вы мне мое местоположение на основании пеленгов, взятых радиопеленгаторными станциями, находящимися в вашем распоряжении?	Ваше местоположение на основании пеленгов, взятых радиопеленгаторными станциями, находящимися в моем распоряжении, ... градусов широты и ... градусов долготы *(или иные указания местоположения)*, класс ... в ... часов.
QTG	Не передадите ли вы два тире продолжительностью в десять секунд каждое (*или* несущую), затем ваш позывной сигнал (*или* название) (повторенный ... раз) на ... кГц (*или* МГц)?	Я буду передавать два тире продолжительностью в десять секунд каждое (*или* несущую), затем мой позывной сигнал (*или* название) (повторенный ... раз) на ... кГц (*или* МГц).
	или	*или*
	Не попросите ли вы ... *(название и/или позывной сигнал)* передать два тире продолжительностью в десять секунд каждое (*или* несущую), затем его позывной сигнал *(и/или название)* (повторенный ... раз) на ... кГц (*или* МГц)?	Я попросил ... *(название и/или позывной сигнал)* передать два тире продолжительностью в десять секунд каждое (*или* несущую), затем его позывной сигнал *(и/или название)* (повторенный ... раз) на ... кГц (*или* МГц).
	Прекращение работы	
QRT	Должен ли я прекратить передачу?	Прекратите передачу.
QUM	Могу ли я возобновить нормальную работу?	Можете возобновить нормальную работу.
QUZ	Могу ли я возобновить ограниченную работу?	Бедствие все еще в силе; ограниченную работу можно возобновить.
	Безопасность	
QOE	Приняли ли вы сигнал безопасности, переданный ... *(название и/или позывной сигнал)*?	Я принял сигнал безопасности, переданный ... *(название и/или позывной сигнал)*.

Сокращение	Вопрос	Ответ или извещение
	Безопасность (продолж.)	
QUX	Есть ли у вас какие-либо действующие навигационные или штормовые предупреждения?	У меня есть следующее действующее навигационное или штормовое предупреждение(я): ...
	Срочность	
QUD	Приняли ли вы сигнал срочности, переданный ... *(название и/или позывной сигнал)*?	Я принял сигнал срочности, переданный ... *(название и/или позывной сигнал)* в ... часов.
	Бедствие	
QOJ	Слушаете ли вы на частоте ... кГц (*или* МГц) сигналы радиомаяков – указателей места бедствия?	Я слушаю на частоте ... кГц (*или* МГц) сигналы радиомаяков – указателей места бедствия.
QOK	Приняли вы сигналы радиомаяка – указателя места бедствия на частоте ... кГц (*или* МГц)?	Я принял сигналы радиомаяка – указателя места бедствия на частоте ... кГц (*или* МГц).
QUF	Приняли ли вы сигнал бедствия, переданный ... *(название и/или позывной сигнал)*?	Я принял сигнал бедствия, переданный ... *(название и/или позывной сигнал)* в ... часов.
QUM	Могу ли я возобновить нормальную работу?	Можете возобновить нормальную работу.
QUZ	Могу ли я возобновить ограниченную работу?	Бедствие все еще в силе; ограниченную работу можно возобновить.
	Поиск и спасание	
QSE*	Каким является предполагаемый дрейф спасательного средства?	Предполагаемый дрейф спасательного средства определяется в ... *(цифры и единицы измерения)*.

Сокращение	Вопрос	Ответ или извещение
	Поиск и спасание (продолж.)	
QSF*	Выполнили ли вы спасательные работы?	Я выполнил спасательные работы и направляюсь на базу ... (с ... пострадавшими, нуждающимися в помощи).
QTD*	Что найдено спасательным судном или спасательным воздушным судном?	Найдено ... *(опознавательное указание)* 1. ... *(число)* спасаемых 2. обломки судна 3. ... *(число)* трупов.
QTW*	В каком состоянии находятся спасаемые?	Спасаемые находятся в ... состоянии и срочно нуждаются в ...
QTY*	Направляетесь ли вы к месту происшествия и если да, то когда предполагаете его достичь?	Я направляюсь к месту происшествия и предполагаю его достичь в ... часов (... *(дата)*).
QTZ*	Продолжаете ли вы поиск?	Я продолжаю поиск ... (воздушного судна, морского судна, спасательного средства, спасаемых или обломков кораблекрушения).
QUN	1. *Обращение ко всем станциям:* Могут ли суда, находящиеся в непосредственной близости от меня *или* (вблизи от ... градусов широты, ... градусов долготы) *или* (вблизи от ...), указать свое положение, ИСТИННЫЙ курс и скорость хода? 2. *Обращение к одной станции:* Не укажете ли вы ваше истинное положение, ИСТИННЫЙ курс и скорость?	Мое положение, ИСТИННЫЙ курс и скорость хода следующие ...

Сокращение	Вопрос	Ответ или извещение
	Поиск и спасание (продолж.)	
QUO*	Должен ли я начать поиск ... 1. воздушного судна 2. морского судна 3. спасательного средства вблизи от ... широты и ... долготы *(или в соответствии с любым другим указанием)*?	Начните поиск ... 1. воздушного судна 2. морского судна 3. спасательного средства вблизи от ... широты и ... долготы *(или в соответствии с любым другим указанием)*.
QUP*	Можете ли вы указать ваше местоположение посредством ... 1. прожектора 2. черного дыма 3. ракет?	Мое местоположение указано посредством ... 1. прожектора 2. черного дыма 3. ракет.
QUR*	Спасаемые ... 1. получили ли спасательные средства 2. подобраны ли спасательным судном 3. достигнуты ли с суши спасательной командой?	Спасаемые ... 1. получили спасательные средства, сброшенные ... 2. подобраны спасательным судном 3. достигнуты спасательной командой с суши.
QUS*	Обнаружили ли вы спасаемых или обломки кораблекрушения? Если да, то где?	Я обнаружил ... 1. спасаемых в воде 2. спасаемых на спасательных плотах 3. обломки кораблекрушения в ... широты и ... долготы *(или в соответствии с любым другим указанием)*.
QUT*	Отмечено ли место происшествия?	Место происшествия отмечено посредством ... 1. огневого или дымового буя 2. морского сигнального знака 3. морского цветного сигнального знака 4. ... *(указать другие способы отметки)*.

Сокращение	Вопрос	Ответ или извещение
	Поиск и спасание (продолж.)	
QUU*	Должен ли я указать направление морскому или воздушному судну к моему местонахождению?	Укажите направление морскому или воздушному судну ... *(название и/или позывной сигнал)* ... 1. к вашему местонахождению, передавая свой позывной сигнал и длинные тире на ... кГц (*или* МГц). 2. передавая на ... кГц (*или* МГц) ИСТИННЫЙ курс, по которому можно вас достичь.
QUW*	Находитесь ли вы в зоне поисков, обозначенной ... *(обозначение или широта и долгота)*?	Я нахожусь в ... *(обозначение)* зоне поисков.
QUY*	Отмечено ли местонахождение спасательного судна?	Местонахождение спасательного судна отмечено в ... часов посредством ... 1. огневого *или* дымового буя 2. морского сигнального знака 3. морского цветного сигнального знака 4. ... (указать другие способы отметки).
QUZ	Могу ли я возобновить ограниченную работу?	Бедствие все еще в силе; ограниченную работу можно возобновить.
	Опознавательные сигналы	
QTT		Следующий опознавательный сигнал наложен на другую передачу.

Раздел II. Различные сокращения и сигналы

Сокращение или сигнал	Определение
AA	Все после ... *(применяется после вопросительного знака в радиотелеграфии или после RQ в радиотелефонии (в случае языковых трудностей), или после RPT при просьбе о повторении)*.
AB	Все перед ... *(применяется после вопросительного знака в радиотелеграфии или после RQ в радиотелефонии (в случае языковых трудностей), или после RPT при просьбе о повторении)*.
ADS	Адрес *(применяется после вопросительного знака в радиотелеграфии или после RQ в радиотелефонии (в случае языковых трудностей), или после RPT при просьбе о повторении)*.
$\overline{\text{AR}}$	Конец передачи.
$\overline{\text{AS}}$	Период ожидания.
BK	Сигнал, применяемый, чтобы прервать ведущуюся передачу.
BN	Все между ... и ... *(применяется после вопросительного знака в радиотелеграфии или после RQ в радиотелефонии (в случае языковых трудностей), или после RPT при просьбе о повторении)*.
BQ	Ответ на RQ.
$\overline{\text{BT}}$	Сигнал разделения между различными частями одной и той же передачи.
C	Да, *или* "Значение предшествующей группы должно считаться утвердительным".
CFM	Подтвердите (*или* я подтверждаю).
CL	Я выключаю свою станцию.
COL	Сверьте (*или* я сверяю).
CORREC-TION	Исключите мое последнее слово *или* группу. Сейчас последует исправление *(при использовании в радиотелефонии, и произносится как КОР-РЕК-ШАН)*.
CP	Общий вызов двум *или* нескольким определенным станциям *(см. Рекомендацию МСЭ-R M.1170)*.
CQ	Общий вызов всем станциям.
CS	Позывной сигнал *(применяется при просьбе назвать позывной сигнал)*.

Примечание. – В радиотелеграфии горизонтальная черточка над буквами означает, что эти буквы должны передаваться слитно.

Сокращение или сигнал	Определение
DE	"От ..." *(применяется перед названием или любым другим опознаванием вызывающей станции)*.
DF	Ваш пеленг в ... часов был ... градусов в сомнительном секторе этой станции с возможной ошибкой в ... градусов.
DO	Пеленг сомнителен. Запросите новый пеленг позднее (*или* в ... часов).
DSC	Цифровой избирательный вызов.
E	Восток (сторона света).
ETA	Предполагаемый час прибытия.
INTERCO	Далее передаются группы Международного свода сигналов *(при использовании в радиотелефонии произносится как ИН-ТЕР-КО)*.
K	Приглашение к передаче.
$\overline{KA}$	Сигнал начала передачи.
KTS	Морских миль в час *(узлов)*.
MIN	Минута (*или* минуты).
MSG	Отметка, означающая сообщение, адресуемое командиру морского судна или исходящее от него, касающееся эксплуатации этого судна или навигации.
MSI	Информация о безопасности на море.
N	Север (сторона света).
NBDP	Узкополосная буквопечатающая телеграфия.
NIL	У меня нет ничего для передачи вам.
NO	Не (*или* нет) *(отрицание)*.
NW	Теперь.
NX	Извещение штурманам (*или* извещение штурманам следует).
OK	Мы согласны (*или* правильно).
OL	Письмо-телеграмма за океан морской службы радиосвязи.
P	Отметка, указывающая на частную радиотелеграмму.
PBL	Заголовок *(применяется после вопросительного знака или после RQ в радиотелефонии (в случае языковых трудностей), или после RPT при просьбе о повторении)*.
PSE	Пожалуйста.
R	Принято.

Сокращение или сигнал	Определение
RCC	Центр координации спасательных работ.
REF	Ссылка на ... (*или* сошлитесь на ...).
RPT	Повторите ... (*или* я повторяю) (*или* повторите ...).
RQ	Указание просьбы.
S	Юг (сторона света).
SAR	Поиск и спасательные работы.
SIG	Подпись *(применяется после вопросительного знака в радиотелеграфии или после RQ в радиотелефонии (в случае языковых трудностей), или после RPT при просьбе о повторении)*.
SLT	Письмо-телеграмма морской службы радиосвязи.
SVC	Отметка, предшествующая служебной телеграмме.
SYS	Сошлитесь на вашу служебную телеграмму.
TFC	Обмен.
TR	Применяется сухопутной станцией, чтобы запросить подвижную станцию о ее положении и о ближайшем порте остановки; служит также отметкой, предшествующей ответу.
TU	Благодарю вас.
TXT	Текст *(применяется после вопросительного знака в радиотелеграфии или после RQ в радиотелефонии (в случае языковых трудностей), или после RPT при просьбе о повторении)*.
$\overline{\text{VA}}$	Конец работы.
W	Запад (сторона света).
WA	Слово после ... *(применяется после вопросительного знака в радиотелеграфии или после RQ в радиотелефонии (в случае языковых трудностей), или после RPT при просьбе о повторении)*.
WB	Слово перед ... *(применяется после вопросительного знака в радиотелеграфии или после RQ в радиотелефонии (в случае языковых трудностей), или после RPT при просьбе о повторении)*.
WD	Слово(а) *или* Группа(ы).
WX	Метеорологический бюллетень (*или* метеорологический бюллетень следует).
XQ	Отметка, указывающая на передачу служебного замечания.
YZ	Слова, следующие за этим сокращением, передаются без шифрования (открытым текстом).

РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R M.1173*

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОДНОПОЛОСНЫХ ПЕРЕДАТЧИКОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В МОРСКОЙ ПОДВИЖНОЙ СЛУЖБЕ ДЛЯ РАДИОТЕЛЕФОНИИ В ПОЛОСАХ ЧАСТОТ МЕЖДУ 1606,5 кГц (1605 кГц В РАЙОНЕ 2) И 4000 кГц И МЕЖДУ 4000 кГц И 27 500 кГц

(1995)

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

а) что имеется потребность описания технических характеристик однополосных передатчиков для полос частот от 1606,5 кГц (1605 кГц в Районе 2) до 4000 кГц и от 4000 кГц до 27 500 кГц,

рекомендует,

1 чтобы однополосные передатчики, используемые в морской подвижной службе для радиотелефонии в полосах частот между 1606,5 кГц (1605 кГц в Районе 2) и 4000 кГц и между 4000 кГц и 27 500 кГц, проектировались с учетом обеспечения технических характеристик, приведенных в Приложении 1.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Технические характеристики однополосных передатчиков, используемых в морской подвижной службе для радиотелефонии в полосах частот между 1606,5 кГц (1605 кГц в Районе 2) и 4000 кГц и между 4000 кГц и 27 500 кГц

1 Мощность несущей:

Для излучений класса J3E мощность несущей должна быть по крайней мере на 40 дБ ниже пиковой мощности огибающей.

2 Береговые и судовые станции должны использовать только верхнюю боковую полосу.

3 Полоса звуковых частот передатчика должна составлять от 350 до 2700 Гц с допустимой неравномерностью амплитудно-частотной характеристики в 6 дБ.

4 Несущие частоты должны поддерживаться с допустимыми отклонениями частоты, указанными в Рекомендации МСЭ-R SM.1137.

5 Нежелательная частотная модуляция несущей частоты должна быть достаточно мала, чтобы предотвратить вредные искажения.

---

* Данная Рекомендация должна быть доведена до сведения Международной морской организации (ИМО).

Примечание Секретариата: Ссылки на Регламент радиосвязи (РР), имеющиеся в данной Рекомендации, относятся к РР, пересмотренному Всемирной конференцией радиосвязи 1995 года. Эти положения РР вступят в силу 1 июня 1998 года. Там, где это уместно, в квадратных скобках приведены также эквивалентные ссылки на действующий РР.

6 При использовании излучений классов H3E или J3E мощность любого нежелательного излучения, поступающего в фидер антенны на любой дискретной частоте, когда передатчик работает с полной пиковой мощностью огибающей, должна соответствовать значениям, приведенным в следующих таблицах:

a) Передатчики, установленные до 2 января 1982 г.:

Разнос частот Δ между частотами нежелательного излучения[1] и присвоенной частотой[4] (кГц)	Минимальное ослабление относительно пиковой мощности огибающей
$1{,}6 < \Delta \leq 4{,}8$	28 дБ
$4{,}8 < \Delta \leq 8$	38 дБ
$8 < \Delta$	43 дБ, причем мощность нежелательного излучения не должна превышать 50 мВт

Передатчики с подавленной несущей могут, что касается внеполосных излучений[2] и тех побочных излучений[3], которые являются результатом процесса модуляции, но не попадают в спектр внеполосных излучений[2], испытываться на соответствие настоящему требованию посредством двухтонального звукового входного сигнала с таким разносом частот между тонами, при котором все составляющие взаимной модуляции имеют частоты, удаленные от присвоенной частоты[4] по крайней мере на 1,6 кГц.

b) Передатчики, установленные после 1 января 1982 г.:

Разнос частот Δ между частотами нежелательного излучения[1] и присвоенной частотой[4] (кГц)	Минимальное ослабление относительно пиковой мощности огибающей
$1{,}5 < \Delta \leq 4{,}5$	31 дБ
$4{,}5 < \Delta \leq 7{,}5$	38 дБ
$7{,}5 < \Delta$	43 дБ, причем мощность нежелательного излучения не должна превышать 50 мВт

Передатчики с подавленной несущей могут, что касается внеполосных излучений[2] и тех побочных излучений[3], которые являются результатом процесса модуляции, но не попадают в спектр внеполосных излучений[2], испытываться на соответствие настоящему требованию посредством двухтонального звукового входного сигнала с таким разносом частот между тонами, при котором все составляющие взаимной модуляции имеют частоты, удаленные от присвоенной частоты[4] по крайней мере на 1,5 кГц.

---

1 *Нежелательное излучение:* см. п. S1.146 [п. 140] РР.

2 *Внеполосное излучение:* см. п. S1.144 [п. 138] РР.

3 *Побочное излучение:* см. п. S1.145 [п. 139] РР.

4 Присвоенная частота на 1400 Гц выше частоты несущей: см. п. S52.177 [п. 4325] РР.

РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R M.1174-2*

Технические характеристики оборудования, используемого для внутрисудовой связи в полосах между 450 и 470 МГц

(1995-1998-2004)

Резюме

В данной Рекомендации описываются технические характеристики оборудования морских подвижных служб, соответствующие положениям п. 5.287 Регламента радиосвязи (РР) для внутрисудовой связи. Эти положения справедливы для разноса каналов на 25 кГц и 12,5 кГц.

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

a) что существует необходимость в описании характеристик оборудования для внутрисудовой связи в полосах между 450 и 470 МГц;

b) что в недавнем времени были внесены изменения в список доступных частот;

c) Резолюцию 341 (ВКР-97),

рекомендует,

1 чтобы передатчики и приемники, используемые в морской подвижной службе для внутрисудовой связи в полосах между 450 и 470 МГц, соответствовали техническим характеристикам, приведенным в Приложении 1.

Приложение 1

Технические характеристики оборудования, используемого для внутрисудовой связи в полосах между 450 и 470 МГц

1 Оборудованию должны быть выделены соответствующие каналы для удовлетворительного выполнения функций, для которых оно предназначено.

2 Эффективная излучаемая мощность должна быть ограничена сверху величиной, необходимой для удовлетворительной работы, но ни в коем случае не должна превышать 2 Вт. Там где это практически осуществимо, оборудование должно оснащаться соответствующим устройством быстрого уменьшения выходной мощности по крайней мере до 10 дБ.

3 Если оборудование установлено на борту корабля стационарно, то высота антенны не должна превышать 3,5 м над уровнем мостика.

* Данную Рекомендацию необходимо довести до сведения Международной морской организации (ИМО) и Международного комитета по морской радиосвязи (CIRM).

	Каналы 25 кГц	Каналы 12,5 кГц
4	Должна использоваться только частотная модуляция с предварительным усилением 6 дБ/на октаву (фазовая модуляция).	Должна использоваться только частотная модуляция с предварительным усилением 6 дБ/на октаву (фазовая модуляция).
5	Девиация частоты, соответствующая 100% модуляции, должна максимально приближаться к ±5 кГц. Девиация частоты ни в коем случае не должна превышать ±5 кГц.	Девиация частоты, соответствующая 100% модуляции, должна максимально приближаться к ±2,5 кГц. Девиация частоты ни в коем случае не должна превышать ±2,5 кГц.
6	Допуск по частоте должен равняться 5×10^{-6}.	Допуск по частоте должен равняться $2{,}5 \times 10^{-6}$.
7	Полоса звуковых частот должна быть ограничена величиной 3000 Гц.	Полоса звуковых частот должна быть ограничена величиной 2550 Гц.

8 Сигналы управления, телеметрии и другие неречевые сигналы, например, сигналы пейджинга, должны быть закодированы таким образом, чтобы вероятность ложного отклика на сигналы помехи была минимальной. Частоты, определенные в п. 5.287 РР для внутрисудовой связи, могут использоваться для работы в одночастотном и двухчастотном симплексном режиме.

9 В дуплексном режиме частота базового передатчика должна выбираться из более низкого диапазона для повышения удобства использования.

10 Если на борту судна необходимо использовать станцию-ретранслятор, то она должна работать на следующих парных частотах (см. п. 5.287 и 5.288 РР):

457,525 МГц и 467,525 МГц
457,550 МГц и 467,550 МГц
457,575 МГц и 467,575 МГц
457,5375 МГц и 467,5375 МГц
457,5625 МГц и 467,5625 МГц.

11 Частоты

Могут использоваться частоты, определенные в п. 5.287 РР (в соответствии с национальными правилами):

При разносе каналов на 25 кГц или 12,5 кГц:

457,525 МГц
457,550 МГц
457,575 МГц
467,525 МГц
467,550 МГц
467,575 МГц.

Для оборудования, предназначенного для работы при разносе каналов на 12,5 кГц, предусмотрены следующие дополнительные частоты согласно п. 5.287 РР:

457,5375 МГц
457,5625 МГц
467,5375 МГц
467,5625 МГц.

РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R M.1187-1

Метод расчета потенциально затронутого района для сети подвижной спутниковой службы в диапазоне 1–3 ГГц, использующей круговые орбиты

(Вопросы МСЭ-R 83/8 и МСЭ-R 201/8)

(1995-2006)

Сфера применения

В Рекомендации определяется термин "активная дуга службы" и описывается метод расчета "затронутого района", используемый при присвоении частот космическим станциям систем ПСС, работающих в диапазоне 1–3 ГГц, и при содействии в выявлении администраций, чьи присвоения могут быть включены в этот "затронутый район".

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

a) что существует необходимость в разработке рекомендаций по методам координации, необходимых орбитальных данных, относящихся к негеостационарным (НГСО) спутниковым системам, а также критериев совместного использования частот;

b) что негеостационарные спутниковые системы, реализующие эти распределения для ПСС, могут иметь различные группировки спутников с отличающимися высотами и углами наклонения;

c) что необходимо определить "активную дугу службы";

d) что существует необходимость определения района, в котором могут быть затронуты другие службы, включая ПСС, и где необходимо производить координацию, для которой в данной Рекомендации не определены соответствующие критерии и методы;

e) что существует необходимость дальнейшего определения концепции "затронутый район" (который не должен смешиваться с понятием "зона координации") для ПСС, работающих в диапазоне 1–3 ГГц,

признавая,

1 что в Главе III Регламента радиосвязи (РР) содержатся процедуры проведения координации для систем ПСС в некоторых полосах частот в Таблице распределения частот Регламента радиосвязи в диапазоне частот 1–3 ГГц,

рекомендует,

1 чтобы термин "активная дуга службы" определялся следующим образом: геометрическое место орбитальных точек в группировке ПСС, указывающих на то, являются ли спутники передающими или принимающими. Оператор ПСС рассчитывает дугу с использованием конкретных характеристик этих систем, таких как орбиты группировок, характеристики антенны космического аппарата, э.и.и.м., которые в определенных зонах обслуживания достигают установленных для службы требований;

2 чтобы при опубликовании данных о конкретной активной дуге службы могла использоваться методика, изложенная в Приложении 1, при выявлении тех администраций, чьи присвоения могут быть включены в "затронутый район", как он определен в Приложении 1 (см. Примечание 1).

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Данная методика может быть в дальнейшем усовершенствована путем учета более точных технических характеристик системы ПСС.

Приложение 1

Метод расчета потенциально затронутого района для сети ПСС в диапазоне 1–3 ГГц, использующей круговые орбиты

1 Введение

В данном Приложении определяется методика расчета "затронутого района". Этот район должен использоваться для выявления ПСС с совпадающими частотами и других служб с равным или более высоким статусом у других администраций, которые могут быть затронуты работой сети ПСС. Сначала отмечаются геометрические места точек дуги орбиты спутника, соответствующие точкам, в которых спутник будет активным при обеспечении покрытия его зоны обслуживания. Затем на поверхности Земли отмечаются соответствующие подспутниковые точки. После этого затронутый район определяется этими зонами на Земле в пределах видимости космического аппарата и относится к периметру подспутникового геометрического места.

Эта методика расчета затронутого района выявляет те администрации, чьи совпадающие частотные присвоения могут быть затронуты.

Допускается, что могут использоваться и другие методики определения затронутых частотных присвоений других администраций по отношению к космической станции ПСС и соответствующей ей зоны обслуживания и что включение данной методики в Рекомендацию МСЭ-R не делает ее использование обязательным.

Применение данной методики расчета затронутого района не меняет статуса (первичного или вторичного) радиослужб в пределах этого района.

2 Расчет затронутого района

Пусть четырехсторонняя фигура A, изображенная на рисунке 1. представляет собой активную подспутниковую зону, необходимую администрации для описания системы ПСС. Отметим, что подспутниковая зона может не совпадать с границами администраций. Расстояние *D* на рисунке 1 – это расстояние от внешнего периметра A до точки области видимости (ОВ) со спутника. ОВ определяется границами видимости горизонта со стороны спутника. Тогда общим затронутым районом будет район, отстоящий от краев подспутниковой зоны на расстояние *D*. Для круговых группировок расстояние *D* будет равно постоянному расстоянию, отсчитываемому по большому кругу, увеличивающемуся с ростом высоты орбиты спутника.

2.1 Расчет ширины контура затронутого района

В этом разделе представлена методика расчета расстояния, которое должно использоваться для отображения внешнего периметра вокруг активных подспутниковых зон и для построения затронутого района.

Рисунок 2 иллюстрирует расчет расстояния *D* внешнего периметра, которое является расстоянием от края подспутниковой зоны A до ОВ спутника на внешней границе активной зоны. Затронутый район определяется следующим образом:

Затронутый район: район на поверхности Земли, рассчитанный путем определения расстояния от периметра активной подспутниковой зоны A, расстояния *D* от периметра активной подспутниковой субзоны, соответствующей максимальной области видимости со спутника, находящегося на периметре активной дуги службы. В этот район включаются также администрации, попадающие внутрь активной подспутниковой зоны.

Активная дуга службы и активная подспутниковая зона определяются следующим образом:

Активная дуга службы: см. определение в пункте 1 раздела *рекомендует*.

Активная подспутниковая зона: проекция вниз по вертикали от активной дуги службы до точек на поверхности Земли. Периметр этой зоны определяется в геоцентрических координатах (широта/долгота).

РИСУНОК 1

Представление активной подспутниковой зоны, необходимой для администрации, и соответствующий ей затронутый район

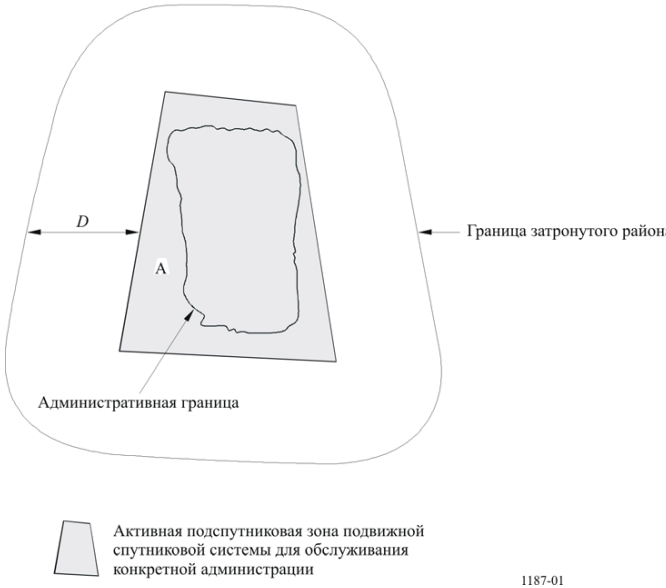
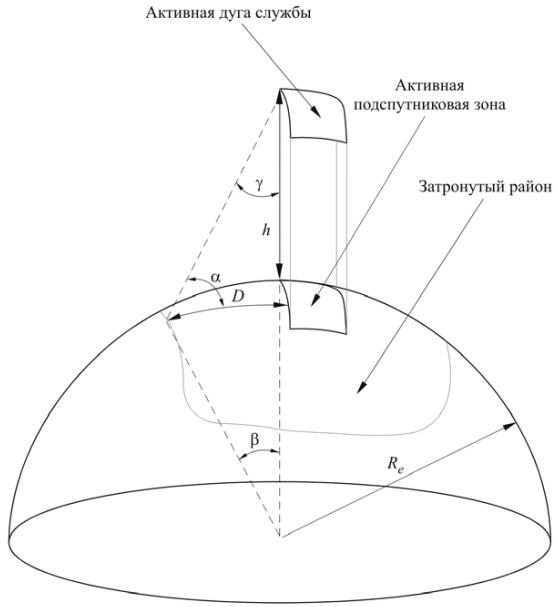


РИСУНОК 2

Геометрические построения, необходимые для расчета *D*, расстояния до огибающей вокруг подспутниковой зоны



Определения переменных:

R_e : радиус Земли

h : высота орбиты спутника

γ : угол от вертикали при нахождении спутника в точке, соответствующей краю периметра подспутниковой зоны, до края области видимости со спутника

β : геоцентрический угол от края подспутниковой зоны до края области видимости

α : угол места

D : расстояние по поверхности Земли от периметра активной подспутниковой зоны до точки с углом места 0° (максимальные границы области видимости).

Формулы для расчета расстояния D:

$$\beta = \cos^{-1} [R_e /(R_e + h)] \quad (1)$$

$$D = R_e \beta \qquad \text{радиан.} \quad (2)$$

После расчета расстояния D оно может быть использовано для определения затронутого района совместно с подспутниковой зоной.

2.2 Пример расчета затронутого района

В этом разделе дается пример расчета затронутого района подвижной спутниковой системы, которая должна обеспечивать обслуживание на территории определенной администрации. В данном примере администрацией является Италия, и на рисунке 3 показана подспутниковая зона для обслуживания Италии подвижной спутниковой системой LEO-A (см. Рек. МСЭ-R M.1184).

РИСУНОК 3

Гипотетическая активная подспутниковая зона для Италии



Параметры, необходимые для расчета затронутого района:

Высота спутника:	780 км
Радиус Земли:	6367 км
Ширина подспутниковой зоны:	1140 км
Длина подспутниковой зоны:	1625 км

Отметим, что активная подспутниковая зона выбрана при предположении, что зоной обслуживания является администрация Италии, это только пример. Действительная подспутниковая зона Италии для любой подвижной спутниковой системы может быть совершенно другой в зависимости от конкретных характеристик системы спутниковых сетей.

Используя для этого случая формулы (1) и (2), получим $\beta = 27°$ и $D = 3000$ км, т. е. расстояние D, добавляемое к подспутниковой зоне, равно 3000 км. Таким образом, для примера подспутниковой зоны из рисунка 3 получаем, что затронутый район распространяется на северо-западный Судан, западную Россию (включая Москву), северную Норвегию и Мавританию.

РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R S.1256

МЕТОДОЛОГИЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МАКСИМАЛЬНОЙ СУММАРНОЙ ПЛОТНОСТИ ПОТОКА МОЩНОСТИ НА ГЕОСТАЦИОНАРНОЙ СПУТНИКОВОЙ ОРБИТЕ В ПОЛОСЕ 6700–7075 МГц ОТ ФИДЕРНЫХ ЛИНИЙ НЕГЕОСТАЦИОНАРНЫХ СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ ПОДВИЖНОЙ СПУТНИКОВОЙ СЛУЖБЫ В НАПРАВЛЕНИИ КОСМОС-ЗЕМЛЯ

(Вопрос МСЭ-R 206/4)

(1997)

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

a) что полоса 6700–7075 МГц распределена на первичной основе фиксированной спутниковой службе (ФСС) для передач в направлении космос-Земля для использования фидерными линиями негеостационарных спутниковых сетей подвижной спутниковой службы (ПСС);

b) что полоса 6700–7075 МГц распределена на первичной основе также ФСС для передач в направлении Земля-космос, а полоса 6725–7025 МГц используется в соответствии с Планом распределения по Приложению 30B Регламента радиосвязи (РР) для геостационарных спутниковых сетей;

c) что в соответствии с положением п. S22.5A Регламента радиосвязи максимальная суммарная плотность потока мощности (п.п.м.), создаваемая в пределах ±5° от геостационарной спутниковой орбиты (ГСО) негеостационарной спутниковой системой ФСС, не должна превышать –168 дБ(Вт/м^2) в любой полосе шириной 4 кГц;

d) что Резолюция 115 Всемирной радиоконференции (Женева, 1995 г.) (ВКР-95) предлагает МСЭ-R разработать методологию для определения максимальной суммарной плотности потока мощности на ГСО от негеостационарной спутниковой сети;

e) что параметры орбиты и характеристики передачи негеостационарных спутниковых сетей подвижной спутниковой службы определены в § A.3 vii) Приложения 1 к Резолюции 46 (Пересм. ВКР-95),

рекомендует,

1 чтобы для определения максимальной суммарной плотности потока мощности (дБ(Вт/м^2)) в любой полосе шириной 4 кГц, в любой точке в пределах углов ±5° от ГСО, создаваемой фидерными линиями негеостационарной спутниковой сети, работающей в полосе 6700–7075 МГц в направлении космос-Земля, использовалась методология, приведенная в Приложении 1.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Методология

1 Описание методологии

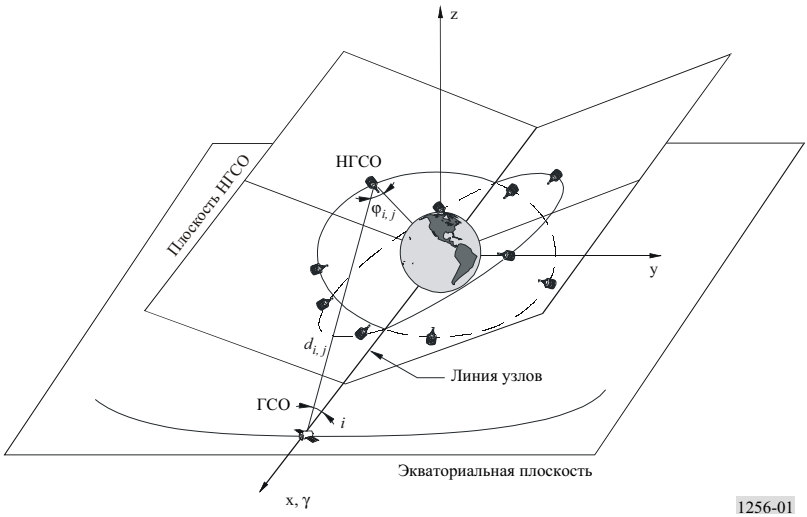
Для вычисления суммарной п.п.м., создаваемой спутниковой сетью со спутником, расположенным на негеостационарной орбите, в одиночной испытательной точке на ГСО, требуется компьютерное моделирование всей НГСО спутниковой группировки и испытательной точки на ГСО.

Учитывая, что в обычных условиях ГСО спутник делает полный оборот на геостационарной орбите за период времени около $T_{ГСО}$ = 24 ч. и что орбитальный период НГСО спутника ($T_{НГСО}$) вовсе не обязательно является полным делителем $T_{ГСО}$, для оценки наихудшего возможного сценария, при котором п.п.м. в точках ГСО имела бы максимальный уровень, необходимо выполнять статистическое моделирование, требующее значительных затрат времени.

Для оценки максимальной п.п.м. в любой точке ГСО можно выполнить простое моделирование, требующее намного меньших затрат времени. Вместо реального вращающегося на орбите ГСО спутника рассматривается фиксированная испытательная точка на ГСО, орбитальная позиция которой фиксирована на Картезианской системе координат 0xyz (см. рисунок 1), но не во вращающейся системе координат Земли. Учитывая это, поскольку орбитальный период НГСО спутников равен $T_{НГСО}$, подразумевается, что позиция НГСО спутников, как она видна из фиксированной точки на ГСО (см. рисунок 1), будет повторяться, по крайней мере, один раз за время орбитального периода $T_{НГСО}$. Более того, в том случае, когда НГСО спутники в каждой орбитальной плоскости распределены равномерно, одно и то же геометрическое расположение НГСО спутников будет повторяться с периодом, равным $T_{НГСО}/N_s$ (где N_s представляет собой количество НГСО спутников, равномерно распределенных по плоскости). На основе этих положений суммарный уровень п.п.м. (суммированный для всех видимых НГСО спутников) в испытательной точке на ГСО будет повторяться с этим же периодом.

РИСУНОК 1

Геометрия ГСО/НГСО группировки для вычисления п.п.м.: $\Delta\Omega = 0°$



Для каждого отрезка времени можно рассчитать п.п.м., а максимальная суммарная п.п.м. для выбранной испытательной точки на ГСО можно получить за период моделирования от T_0 до $T_0 + T_{НГСО}/N_s$.

Значение, полученное для конкретной точки на ГСО на рисунке 1, не обязательно будет максимальным уровнем п.п.м. Для того чтобы определить максимально возможный уровень суммарной п.п.м., эта процедура может быть выполнена для других точек ГСО при увеличении угла $\Delta\Omega$ (см. рисунок 2) между испытательной точкой на ГСО и линией, соединяющей узлы НГСО. Этот второй итерационный процесс будет выполняться для углов $\Delta\Omega$ от 0° до $\Delta\Omega_{max} = 360°/N_p$, где N_p – количество орбитальных плоскостей НГСО спутника. Если N_p – четное (как для ОЗО-F и ОЗО-D), то $\Delta\Omega_{max} = 180°/N_p$.

Этот метод можно также использовать для любой НГСО группировки, которая не удовлетворяет вышепоказанным орбитальным требованиям (например, распределение спутников на орбите – неравномерное, эллиптические орбиты). В таких случаях моделирование будет выполнено для времени, равного минимальному периоду повторения конфигурации группировки, которое во многих случаях равно периоду вращения группировки $T_{НГСО}$.

В § 2 приведены все основные уравнения, необходимые для получения суммарного уровня п.п.м., создаваемой данной НГСО сетью в данной испытательной точке на ГСО, а на рисунке 3 показан алгоритм программной реализации описанной здесь методологии.

РИСУНОК 2

Геометрия ГСО/НГСО группировки для вычисления п.п.м.: $\Delta\Omega \neq 0°$

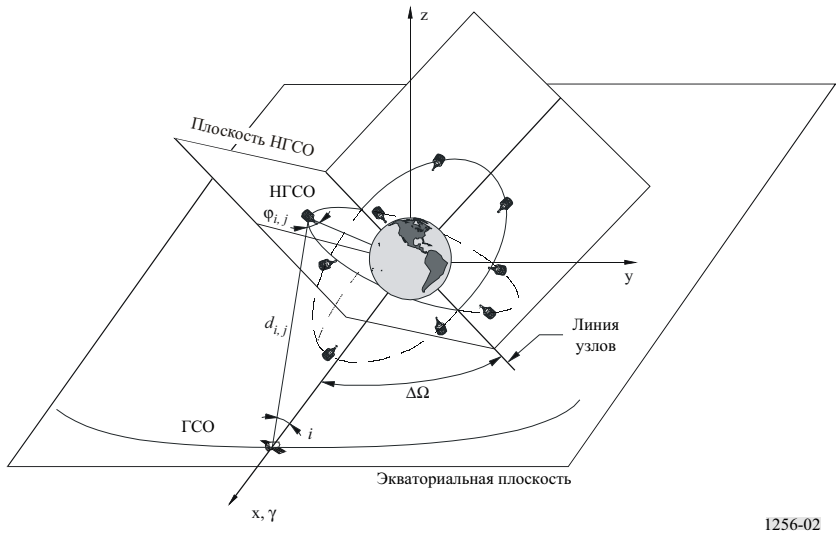
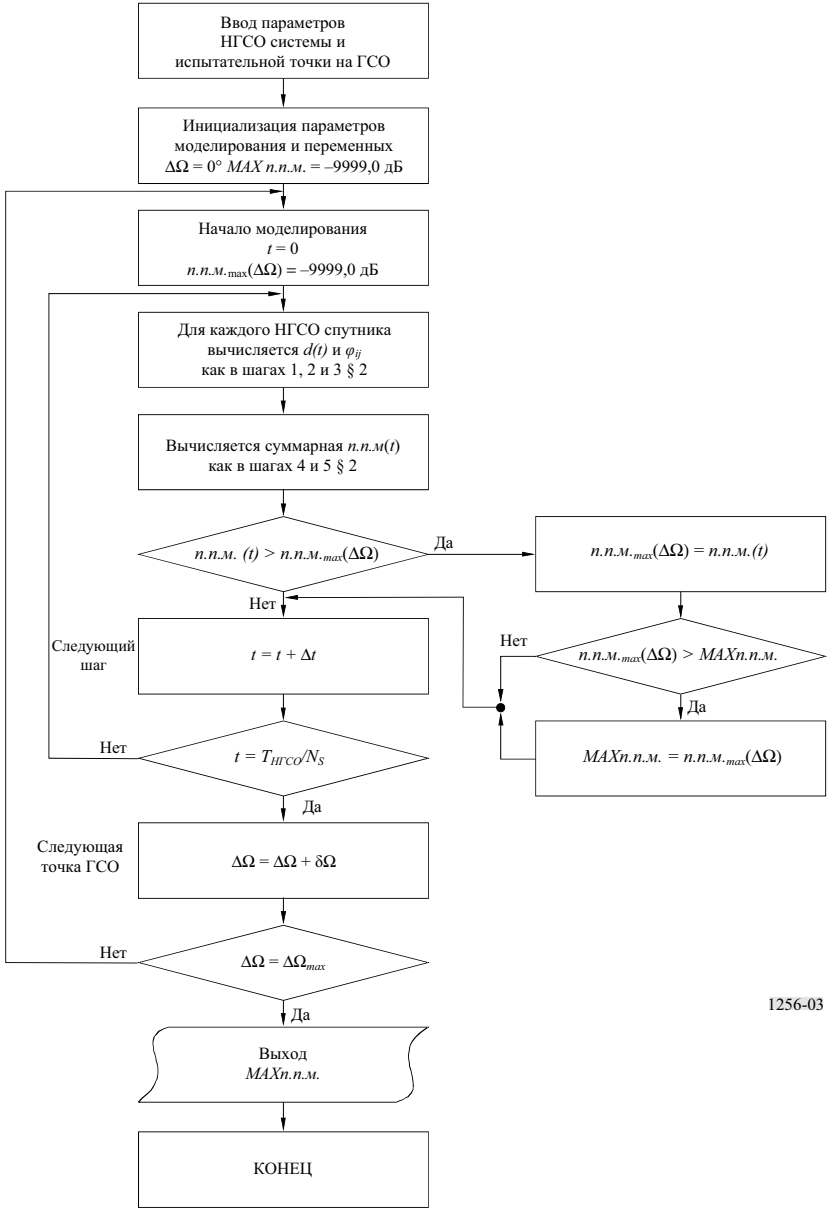


РИСУНОК 3

Последовательность операций методологии

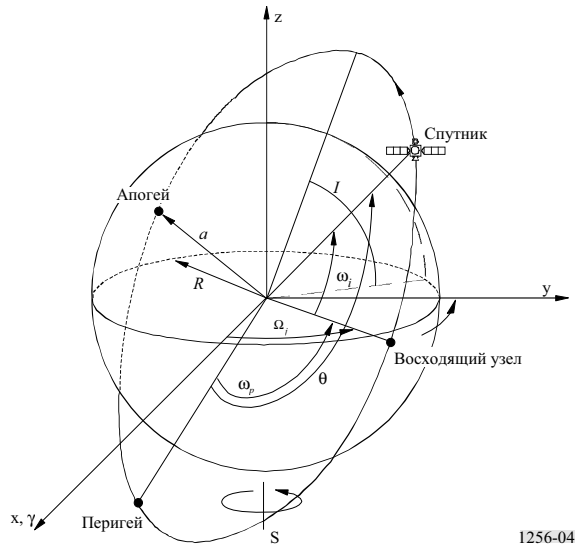


2 Основные шаги моделирования

Шаг 1: Орбитальная позиция НГСО спутников

РИСУНОК 4

Негеостационарная орбита и эталонные системы



На рисунке 4 показаны различные параметры, значения которых необходимо знать для полноценной оценки любого из моментов позиции любого НГСО спутника на его орбите. Эти параметры перечислены в § A.3 vii) Приложения 1 к Резолюции 46 (Пересм. ВКР-95):

a : большая полуось, для круговой орбиты большая полуось является постоянной и равна радиусу орбиты

I : наклон орбиты относительно экваториальной плоскости

Ω_j : прямое восхождение восходящего угла для j-той орбитальной плоскости, измеренное против часовой стрелки в экваториальной плоскости от направления точки весеннего равноденствия на точку, где спутник пересекает экваториальную плоскость, переходя из южного полушария в северное ($0° \le \Omega_j < 360°$)

ω_p : аргумент перигея, для круговой орбиты перигей равен апогею и, следовательно, ω_p можно приравнять 0°

ω_i : первоначальный фазовый угол i-го спутника на его орбитальной плоскости в эталонный момент времени $t = 0$, измеренный от точки восходящего узла ($0° \le \omega_i < 360°$)

θ : истинная аномалия спутника.

Для группировки НГСО спутников, использующих круговые орбиты, a и I будут постоянными, а ω_p будет равен нулю, при этом изменение позиции каждого спутника будет определяться параметрами Ω и θ.

Для круговой орбиты угловая скорость спутника постоянна, следовательно, угловая позиция спутника равна его истинной аномалии и вычисляется как:

$$\theta(t)_{i,j} = \frac{360^\circ}{T}\ t + \omega_{i,j} \tag{1}$$

для $i = 1–N_s$ и $j = 1–N_p$, где N_s – количество спутников в каждой орбитальной плоскости, N_p – количество орбитальных плоскостей, а T – орбитальный период в секундах, вычисляемый как:

$$T = 2\,\pi\,\sqrt{a^3/\mu}\ , \tag{2}$$

где μ – геоцентрическая гравитационная постоянная, равная 3,986 E14($м^3с^{-2}$).

Различные значения Ω_j будут зависеть от геометрии группировки и будут внесены в множество элементов, содержащихся в § A.3 vii) Приложения 1 к Резолюции 46 (Пересм. ВКР-95). Тот же принцип применяется к значениям $\omega_{i,j}$.

Зная для каждого спутника истинную аномалию $\theta_{i,j}(t)$ и прямое восхождение восходящего узла Ω_j, можно вычислить его геоцентрические координаты:

$$x(t)_{i,j} = a\left[\cos\Omega_j\ \cos\theta(t)_{i,j} - \cos I\ \sin\Omega_j\ \sin\theta(t)_{i,j}\right] \tag{3}$$

$$y(t)_{i,j} = a\left[\sin\Omega_j\ \cos\theta(t)_{i,j} + \cos I\ \cos\Omega_j\ \sin\theta(t)_{i,j}\right] \tag{4}$$

$$z(t)_{i,j} = a\left[\sin I\ \sin\theta(t)_{i,j}\right]. \tag{5}$$

Положение испытательной точки ГСО относительно линии узлов НГСО группировки определяется параметром $\Delta\Omega$ (см. § 1). Отсюда в уравнениях (3), (4) и (5) $\Omega_j = \Omega_{j,0} + \Delta\Omega$, где $\Delta\Omega$ лежит в пределах от 0 до $\Delta\Omega_{max}$ (см. § 1) и $\Omega_{j,0} = \Omega_j$ для $\Delta\Omega = 0$.

Шаг 2: Расстояние между НГСО спутником и испытательной точкой на ГСО

$x_{ГСО}$, $y_{ГСО}$ и $z_{ГСО}$ представляют собой геоцентрические координаты испытательной точки ГСО, вычисленные как:

$$x_{ГСО} = a_{ГСО} \cdot \cos I_{ГСО} \tag{6}$$

$$y_{ГСО} = 0 \tag{7}$$

$$z_{ГСО} = a_{ГСО} \cdot \sin I_{ГСО}\,, \tag{8}$$

где:

$a_{ГСО}$: большая полуось геостационарной орбиты (42 164 км)

$I_{ГСО}$: наклон геостационарной орбиты ($-5^\circ \le I_{ГСО} \le 5^\circ$).

Эти уравнения остаются постоянными во время моделирования, хотя проще изменять Ω_j в уравнениях (3), (4) и (5) путем увеличения сдвига $\Delta\Omega$.

Теперь расстояние между НГСО спутником и позицией испытательной точки на ГСО может быть вычислено с использованием теоремы Пифагора:

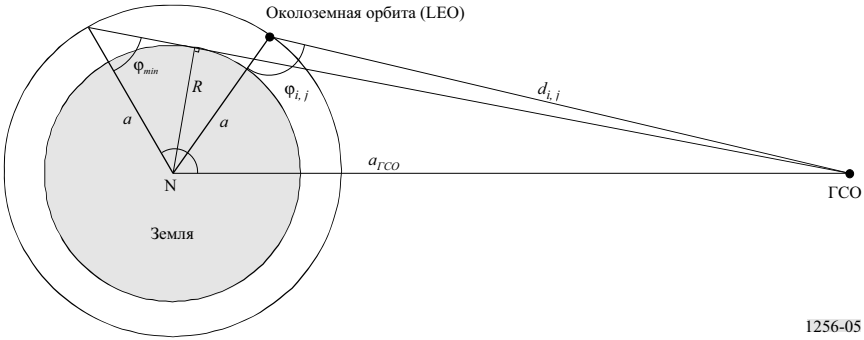
$$d(t)_{i,j} = \sqrt{\left(x_{GSO} - x(t)_{i,j}\right)^2 + y(t)_{i,j}^2 + \left(z_{GSO} - z(t)_{i,j}\right)^2}\ . \tag{9}$$

Шаг 3: Вычисление внеосевого угла излучения НГСО антенны в направлении на испытательную точку ГСО

На рисунке 5 в виде двумерной диаграммы показана геометрия внеосевого излучения НГСО спутника относительно позиции испытательной точки на ГСО.

РИСУНОК 5

Вычисление $\varphi_{i,j}$



Внеосевой угол излучения НГСО антенны можно определить с использованием теоремы Карно (известной под названием теоремы "косинуса"):

$$\varphi(t)_{i,j} = \arccos\left(\frac{a^2 + d(t)_{i,j}^2 - a_{ГСО}^2}{2ad(t)_{i,j}}\right). \tag{10}$$

Шаг 4: Вычисление коэффициента усиления НГСО антенны в боковых лепестках в направлении на испытательную точку ГСО

Зная внеосевой угол излучения, вычисленный в уравнении (10), можно вычислить коэффициенты внеосевого усиления антенны, $G(\varphi(t)_{i,j})$, для каждого видимого спутника. Однако, как видно из рисунка 5, это необходимо, только если $\varphi(t)_{i,j}$ превышает минимальное значение φ_{min}, полученное из:

$$\varphi_{min} = \arcsin\left(R/a\right). \tag{11}$$

Шаг 5: Вычисление уровня суммарной п.п.м. в направлении на испытательную точку ГСО

Суммарный уровень п.п.м. можно выразить как:

$$п.п.м.(t) = \frac{P_{пик,\,4кГц}}{4\pi} \sum_{i\cdot j=1-N(t)_v} \frac{G\left(\varphi(t)_{i,j}\right)}{d(t)_{i,j}^2} \text{ для } \varphi(t)_{i,j} \geq \varphi_{min}, \tag{12}$$

где:

$P_{пик,\,4\,кГц}$: пиковая мощность в наихудшей полосе шириной 4 кГц на входе антенны НГСО спутника, величина которой предполагается постоянной и одинаковой для всех НГСО спутников

$N(t)_v$: количество ГСО спутников, видимых из испытательной точки на ГСО в момент времени *t*.

3 Общее количество шагов моделирования и приращений шага моделирования

Для вычисления максимальной суммарной п.п.м. в направлении на ГСО от НГСО сети, времени шага Δt и шага прямого восхождения $\delta\Omega$ требуются два шага моделирования.

Хотя нет непосредственных сонаправленных помех от НГСО спутников (используют ли они антенны с малым коэффициентом усиления или помехи обусловлены боковыми лепестками передающей антенны), различные варианты моделирования (для LEO-D и LEO-F) показывают, что для получения достоверных результатов достаточно использовать приращение угла с шагом не более 0,5°. Следовательно, вычисление должно выполняться как:

$$\Delta t = \frac{T(s) \times 0{,}5^\circ}{360^\circ}$$

$$\delta\Omega = 0{,}5^\circ.$$

Полное время моделирования для каждой испытательной точки ГСО и общее количество испытательных точек ГСО показано в § 1.

РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R RS.1260-1*, **

Возможность совместного использования частот активными бортовыми космическими датчиками и другими службами в диапазоне 420–470 МГц

(Вопрос МСЭ-R 218/7)

(1997-2003)

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

a) что радары с синтезированной апертурой (SAR) могут измерять влажность почвы, биомассу лесов, обнаруживать такие скрытые геологические структуры, как сбросы, разломы, синклинали и антиклинали, а также могут размечать и измерять толщину антарктических льдов и гидрогеологические свойства засушливых и полузасушливых регионов;

b) что экспериментальные SAR, установленные на воздушных судах, продемонстрировали возможность проведения таких измерений;

c) что такие космические SAR должны работать на частотах ниже 500 МГц с целью проникновения сквозь плотную растительность и поверхность Земли на всемирной повторяющейся основе;

d) что необходимость мониторинга лесов была подчеркнута на Конференции Организации Объединенных Наций по окружающей среде и развитию (ЮНСЕД) в Рио-де-Жанейро, 1992 г.;

e) что Резолюция 727 (Пересм. ВКР-2000) предусматривает предоставление частотного спектра полосой до 6 МГц спутниковой службе исследования Земли (активной) в диапазоне частот 420–470 МГц для удовлетворения требований спутниковой службы исследования Земли (активной);

f) что полосы частот в диапазоне 420–470 МГц в настоящее время распределены радиолокационной, фиксированной, любительской службам, службе космической эксплуатации и подвижным службам;

g) что в рамках любительской службы операции со слабым сигналом (включая линии связи Земля-Луна-Земля) производятся в диапазоне частот с центром 432 МГц, а работа в любительской спутниковой службе (как на линии вверх, так и на линии вниз) осуществляется в полосе частот 435–438 МГц;

---

* ПРИМЕЧАНИЕ. – Следующие администрации – Саудовская Аравия, Джибути, Египет, Объединенные Арабские Эмираты, Иордания, Кувейт, Марокко, Мавритания, Сирийская Арабская Республика, Тунис и Йемен – возражали против утверждения данной Рекомендации. Более подробная информация содержится в соответствующем Кратком отчете АР-03.

** 7-я Исследовательская комиссия по радиосвязи внесла в данную Рекомендацию редакционные изменения.

h) что участки этих полос частот используются другими службами, в том числе:

– радарами профиля ветра в полосе 440–450 МГц, а в случае несовместимости радаров профиля ветра и других применений – в полосах 420–435 МГц и 438–440 МГц (Резолюция 217 (ВКР-97));

– приемниками устройств для подрыва запускаемых космических летательных аппаратов по команде в целях обеспечения безопасности полигонов в полосе 449,75–450,25 МГц (п. 5.286 Регламента радиосвязи (РР)), а также вблизи частот 421,0; 425,0; 427,0; 440,0 и 445,0 МГц в Соединенных Штатах Америки и Бразилии, а во французских заморских департаментах в Районе 2 и в Индии – в полосе 433,75–434,25 МГц (п. 5.281 РР);

j) что современные космические радары SAR могут создавать у поверхности Земли значения п.п.м., превышающие уровни п.п.м., необходимые для защиты фиксированной службы и сухопутной подвижной службы, которым распределены частоты в данном диапазоне;

k) что совместное использование частот с радарами профиля ветра, вероятнее всего, невозможно ввиду помех космическим активным датчикам;

l) что радары SAR и любительская служба (на первичной основе в Районе 1 и на вторичной основе в Районах 2 и 3, за исключением указанных в п. 5.278 РР) могут сосуществовать в полосе 430–440 МГц при принятии соответствующих технических и эксплуатационных мер, определенных в Приложении 1 к данной Рекомендации;

m) что в качестве дополнения, в положениях пп. 5.274, 5.275, 5.276, 5.277, 5.278, 5.281 и 5.283 РР приведен список стран, для которых определены участки полос частот между 430 и 440 МГц, имеющих первичный статус для фиксированной, подвижной, космической служб и/или любительской службы;

n) что некоторые исследования совместного использования показали, что совместное использование частот любительскими службами и некоторыми предложенными радарами SAR в составе спутниковой службы исследования Земли (ССИЗ) является возможным для некоторых любительских режимов передачи, таких как ЧМ и многостанционный доступ с временным разделением каналов (МДВР), но будет сложным для режимов работы с непрерывным излучением и на одной боковой полосе;

o) что Рекомендация МСЭ-R M.1462 содержит технические и эксплуатационные характеристики, а также критерии защиты для радаров (воздушных, судовых и отслеживающих космические объекты), функционирующих в составе радиолокационной службы, работающей в полосе 420–450 МГц;

p) что существует вероятность неприемлемых помех от некоторых космических радаров SAR наземным радарам, отслеживающим космические объекты и функционирующим в полосе 420–450 МГц, если космический радар SAR окажется в поле зрения наземных радаров (т. е. в пределах видимого горизонта радаров);

q) что некоторые космические радары SAR будут отслеживаться наземными радарами для отслеживания космических объектов, и результирующий нежелательный уровень мощности, принимаемый космическим SAR, может приближаться к его максимально допустимому уровню мощности;

r) что существует потенциальная возможность неприемлемых помех от некоторых космических радаров SAR воздушным и судовым радарам, работающим в полосе частот 420–450 МГц, вероятность и степень воздействия которых во многом зависят от характеристик SAR;

s) что любая вредная помеха, даже в течение очень коротких промежутков времени, создаваемая радарами SAR приемникам устройств для подрыва запускаемых космических летательных аппаратов по команде, может нанести ущерб безопасности человеческой жизни и имущества;

t) что ввиду сложности реализации инструментов ССИЗ (активной) на таких низких частотах ожидается наличие на орбите весьма небольшого количества платформ одновременно,

рекомендует,

1 чтобы активные космические датчики, работающие в полосах частот, используемых любительской службой, любительской спутниковой службой, фиксированной, радиолокационной службами, службой космической эксплуатации, подвижными службами, а также ПСС в диапазоне 420–470 МГц, соответствовали техническим и эксплуатационным ограничениям, оговоренным в Приложении 1 к данной Рекомендации;

2 чтобы космические активные датчики, работающие в диапазоне 420–450 МГц, не вводились в эксплуатацию в пределах видимости наземных радаров для отслеживания космических объектов, перечисленных в таблице 2, до проведения детального анализа, на основе рассмотрения каждого отдельного случая, включая рассмотрение эффектов обработки приемником радара нежелательных сигналов SAR, а также, по возможности, полевых испытаний для подтверждения совместимости со взаимными соглашениями между затронутыми администрациями;

3 чтобы космические радары SAR, предназначенные для работы в диапазоне 420–450 МГц, разрабатывались с учетом устойчивости к уровням мощности нежелательных сигналов, являющихся результатом отслеживания наземными радарами космических объектов;

4 что может потребоваться обеспечение достаточного частотного и географического разделения между космическими радарами SAR и радарами профиля ветра, работающими в диапазонах 420–432 МГц и 438–450 МГц;

5 чтобы полосы частот активных космических датчиков выбирались таким образом, чтобы избежать перекрытия с полосами частот приемников устройств для подрыва запускаемых космических летательных аппаратов по команде, перечисленными в пункте h раздела *учитывая*;

6 чтобы в случаях, вызывающих трудности с реализацией пункта 5 раздела *рекомендует*, активные космические датчики, работающие в полосах частот, распределенных приемникам устройств для подрыва запускаемых космических летательных аппаратов по команде в целях безопасности полигонов, не вводились в эксплуатацию в пределах определенного расстояния от точек использования команд для запуска ракет во избежание помех от активных космических датчиков приемникам устройств для подрыва запускаемых космических летательных аппаратов.

Приложение 1

Технические и эксплуатационные ограничения для ССИЗ (активной), работающей в диапазоне 420–470 МГц

С целью защиты станций, функционирующих в составе существующих служб, излучения передатчиков SAR станций ССИЗ (активной), работающих в диапазоне частот 420–470 МГц, являются предметом технических и эксплуатационных ограничений, определенных в данном Приложении.

Приведенные ниже ограничения базируются на исследованиях МСЭ-R. В Приложении 2 приведена информация о возможности совместного использования активными космическими датчиками и другими службами диапазона частот 420–470 МГц.

1 Технические ограничения

ТАБЛИЦА 1

Технические ограничения для оборудования ССИЗ (активной) в диапазоне 420–470 МГц

Параметр	Значение
Пиковая п.п.м. у поверхности Земли, создаваемая основным лепестком антенны	–140 дБ(Вт/(м^2 · Гц))
Максимальная средняя п.п.м. у поверхности Земли, создаваемая основным лепестком антенны	–150 дБ(Вт/(м^2 · Гц))
Максимальная средняя п.п.м. у поверхности Земли, создаваемая 1-м боковым лепестком антенны	–170 дБ(Вт/(м^2 · Гц))

2 Эксплуатационные ограничения

ССИЗ (активная), работающая в полосе 420–450 МГц, не должна вести передачу в пределах видимости наземных радаров для отслеживания космических объектов, перечисленных в таблице 2, до проведения детального анализа, включающего рассмотрение эффектов обработки приемником радара нежелательных сигналов SAR, а также, по возможности, полевых испытаний для подтверждения совместимости.

Как следствие вышеприведенных ограничений, оборудование ССИЗ (активной) должно разрабатываться таким образом, чтобы сделать возможным программируемое отключение всех РЧ излучений над географическими зонами или странами, где регламентарные положения МСЭ или национальные положения запрещают их функционирование.

Профиль работы оборудования ССИЗ (активной) должен быть программно ориентированным, нацеленным на определенные географические зоны и должен ограничивать время активности оборудования минимальным необходимым для достижения целей программы. Таким образом, измерения, выполняемые данным оборудованием, не требуют продолжительного функционирования оборудования, и можно ожидать интервалов длительностью в месяцы между успешными измерениями в одной и той же зоне.

Дежурный цикл работы в программно ориентированном режиме составит максимум 15% (обычно 10%). Оборудование будет выключаться, если оно не будет задействовано в программно ориентированном режиме.

РИСУНОК 1

Пример зоны исключения вокруг радаров для отслеживания космических объектов для SAR на орбите 550 км

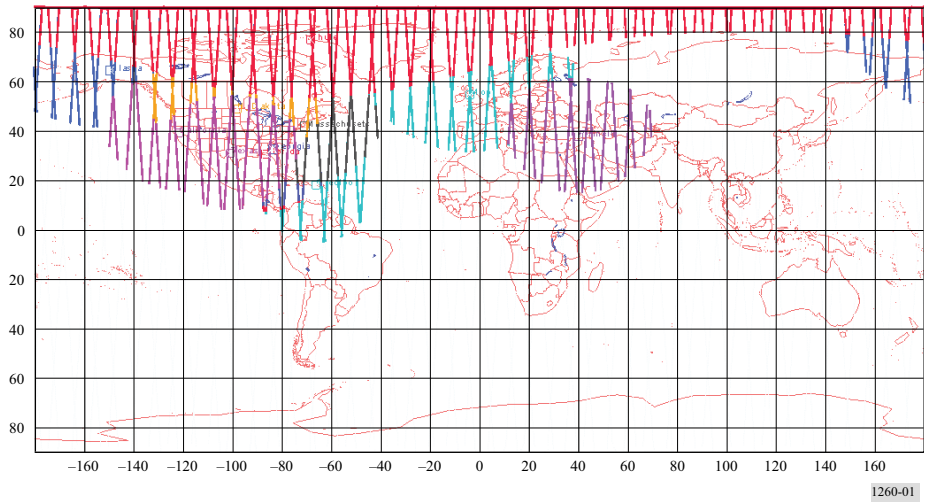


ТАБЛИЦА 2

Радары для отслеживания космических объектов, работающие в полосе частот 430–440 МГц

Расположение радара	Широта	Долгота
Массачусетс (Соединенные Штаты Америки)	41,8º с. ш.	70,5º з. д.
Техас (Соединенные Штаты Америки)	31,0º с. ш.	100,6º з. д.
Калифорния (Соединенные Штаты Америки)	39,1º с. ш.	121,5º з. д.
Джорджия (Соединенные Штаты Америки)	32,6º с. ш.	83,6º з. д.
Флорида (Соединенные Штаты Америки)	30,6º с. ш.	86,2º з. д.
Северная Дакота (Соединенные Штаты Америки)	48,7º с. ш.	97,9º з. д.
Аляска (Соединенные Штаты Америки)	64,3º с. ш.	149,2º з. д.
Туле (Гренландия)	76,6º с. ш.	68,3º з. д.
Файлингдэйлс Мур (Великобритания)	54,5º с. ш.	0,4º з. д.
Пиринклик (Турция)	37,9º с. ш.	40,0º в. д.

3 Защитные критерии для существующих служб в диапазоне частот 420–470 МГц

Не все защитные критерии, приведенные в данном разделе, содержатся в Рекомендациях МСЭ-R. Поэтому некоторые из защитных критериев были взяты из информации, полученной в ходе исследований МСЭ-R. Таблица 3 отражает информацию, доступную на момент разработки данной Рекомендации.

Необходимо отметить, что любые будущие Рекомендации, описывающие защитные критерии для любой заданной службы, будут иметь преимущество перед значениями, содержащимися в таблице и полученными из результатов исследований МСЭ-R.

ТАБЛИЦА 3

Защитные критерии для служб в диапазоне 420–470 МГц

Полоса частот (МГц)	**Службы МСЭ-R**	**Процент времени и критерии из колонок 4 и 5, которые должны применяться только в следующих географических зонах**	**Максимальный процент времени возможного превышения критерия (1)**	**Критерии помех на приемных станциях**	**Источники**
430–440	Любительская	В пределах прямой видимости (LoS) наземных любительских станций, расположенных в районах, определенных в п. 1 раздела *учитывая*	1%	п.п.м. = –204 дБ(Вт/(м^2 · Гц))(2)	Исследования МСЭ-R
435–438	Любительская спутниковая	В пределах LoS спутниковых любительских земных станций, расположенных в районах, определенных в п. 1 раздела *учитывая*	1%	п.п.м. = –197 дБ(Вт/(м^2 · Гц))	Исследования МСЭ-R
435–438	Любительская спутниковая	В пределах LoS приемников любительских космических станций	1%	п.п.м. = –187 дБ(Вт/(м^2 · Гц))	Исследования МСЭ-R
420–470(3)	Фиксированная	В пределах LoS станций фиксированной службы, включая станции, расположенные в районах, определенных в п. m раздела *учитывая*	Неприменимо	$(I/N)_{СРЕДН.}$ = –20 дБ (эквивалентно 1% частичного ухудшения качества)	Рек. МСЭ-R F.758 и МСЭ-R F.1108
420–432 и 438–450	Радиолокационная	В пределах LoS радаров профиля ветра	(4)	$(I/N)_{ПИК.}$ = –6 дБ	Рек. МСЭ-R M.1462
420–450	Космической эксплуатации	В пределах LoS приемников устройств для подрыва запускаемых КЛА, расположенных в районах, определенных в п. m раздела *учитывая*	Требуется частотное или географическое разделение		Исследования МСЭ-R

ТАБЛИЦА 3 (*окончание*)

Полоса частот (МГц)	Службы МСЭ-R	Процент времени и критерии из колонок 4 и 5, которые должны применяться только в следующих географических зонах	Максимальный процент времени возможного превышения критерия [1]	Критерии помех на приемных станциях	Источники
420–450	Радиолокационная	В пределах LoS наземных радаров для отслеживания космических объектов[5]	[4]	$(I/N)_{ПИК.} = -6$ дБ	Рек. МСЭ-R M.1462
420–450	Радиолокационная	В пределах LoS бортовых судовых радаров	[4]	$(I/N)_{ПИК.} = -6$ дБ	Рек. МСЭ-R M.1462
420–450	Радиолокационная	В пределах LoS бортовых авиационных радаров	[4]	$(I/N)_{ПИК.} = -6$ дБ	Рек. МСЭ-R M.1462
420–470[3]	Подвижная	В пределах LoS подвижных станций, включая станции, расположенные в районах, определенных в п. m раздела *учитывая*	0,1%	п.п.м. = –204 дБ(Вт/(м^2 · Гц))[2]	Исследования МСЭ-R

[1] Учитывая все активные радары SAR в этом диапазоне частот.

[2] Максимальная совокупная п.п.м., определенная для полосы 430–440 МГц, основана на максимальном приемлемом уровне помех, принимаемых усредненным боковым лепестком любительской приемной антенны.

[3] В полосе 430–440 МГц распределения фиксированной и подвижной службам существуют только для некоторых стран, указанных в примечании.

[4] Критерий, приведенный в Рекомендации МСЭ-R M.1462, основан на защите радиолокационных систем от шумоподобных помех. Совместное использование частот радиолокационными системами и активными космическими датчиками может оказаться возможным при уровнях помех выше приведенных в Рекомендации МСЭ-R M.1462, при использовании методов обработки сигнала, отфильтровывающих нежелательные импульсные излучения. В Рекомендации МСЭ-R M.1372 приводится описание некоторых из таких методов подавления помех.

[5] ССИЗ (активная), работающая в полосе 420–450 МГц, не должна вести передачу в пределах видимости наземных радаров для отслеживания космических объектов, перечисленных в таблице 2, до проведения детального анализа на основе каждого отдельного случая, включающего рассмотрение эффектов обработки приемником радара нежелательных сигналов SAR, а также, по возможности, полевых испытаний для подтверждения совместимости со взаимными соглашениями между затронутыми администрациями.

Приложение 2

Методология оценки и уменьшения уровня помех

1 Введение

В данном разделе приводится методология, позволяющая произвести оценку в отношении того, создаст ли трудности нежелательный сигнал, принимаемый другими службами в полосе 420–470 МГц от активных космических датчиков, если работа осуществляется в общих полосах частот. Большая часть содержания данного Приложения была извлечена из Приложения 1 к Рекомендации МСЭ-R SA.1280 – Выбор характеристик излучения активных космических датчиков для снижения потенциальных помех наземным радарам, работающим в полосах частот 1–10 ГГц. В расчетах выделяется ряд параметров датчика, которые надо выбирать таким образом, чтобы улучшить ситуацию совместного использования частот.

2 Расчет помех другим службам

Средняя п.п.м. мешающего сигнала, I_{pfd} (дБ(Вт/(м^2 · Гц))), и средний уровень мощности мешающего сигнала, I (дБВт), принимаемого другими службами от активных космических датчиков, рассчитываются следующим образом:

$$I_{pfd} = 10 \log P_t + 10 \log (\tau\, PRF) + G_t - (130{,}99 + 20 \log R + 10 \log B) + OTR - PG \quad (1a)$$

и

$$I = 10 \log P_t + 10 \log (\tau\, PRF) + G_t + G_r - (32{,}44 + 20 \log (f R)) + OTR - PG, \quad (1b)$$

где:

P_t: пиковая мощность передатчика космического датчика (Вт)

τ: ширина импульса космического датчика (с)

PRF: частота следования импульсов космического датчика (Гц)

G_t: коэффициент усиления антенны космического датчика в направлении других служб (дБи)

R: наклонная дальность от датчика до радара (км)

B: ширина полосы датчика (МГц)

OTR: подавление помехи при настройке приемника (дБ)

PG: выигрыш от обработки (дБ), подавление нежелательных сигналов вследствие обработки принимаемого сигнала (если неизвестен, предполагается равным нулю)

f: частота (МГц).

Выражение (1a) дает значение среднего уровня п.п.м. мешающего сигнала, а выражение (1b) дает значение среднего уровня мощности мешающего сигнала. Средний уровень мощности помехи используется, если определено, что такое использование приемлемо. Например, радар, который производит над принимаемым сигналом быстрое преобразование Фурье (БПФ), "размажет" неоднородный импульсный сигнал по некоторому числу накопителей, вследствие чего уровень мешающего сигнала усредняется. Коэффициент подавления помехи при настройке приемника рассчитывается следующим образом:

$$OTR = 10 \log (B_r / B_t) \quad \text{при } B_r \le B_t \quad (2a)$$

$$= 0 \quad \text{при } B_r > B_t, \quad (2b)$$

где:

B_r: ширина полосы пропускания приемника

B_t: ширина полосы передаваемого мешающего сигнала.

Если представляет интерес пиковый мешающий сигнал, то второй член выражения (1) отбрасывается и подавление помехи при настройке приемника рассчитывается следующим образом:

Входной импульс без частотной модуляции:

$$OTR = 20 \log (B_r \tau) \quad \text{при } B_r \tau < 1 \quad (3a)$$

$$= 0 \quad \text{при } B_r \tau > 1. \quad (3b)$$

Входной импульс с частотной модуляцией:

$$OTR = 10 \log\left(\frac{B_r^2 \tau}{B_c}\right) \qquad \text{при } \frac{B_r^2 \tau}{B_c} < 1 \tag{4a}$$

$$= 0 \qquad \text{при } \frac{B_r^2 \tau}{B_c} > 1, \tag{4b}$$

где:

B_r: ширина полосы по ПЧ приемника другой службы

B_c: ширина полосы импульса с линейной частотной модуляцией (ЛЧМ) космического датчика

τ: ширина импульса датчика.

3 Критерии помех для других служб

Конкретные критерии для определенных систем других служб приведены в таблице 1 в виде пределов максимальной совокупной п.п.м. на приемных станциях (дБ(Вт/(м^2 · Гц)), а также максимального процента времени превышения этих пределов п.п.м. Существуют несколько случаев, описанных далее, где используются другие критерии.

3.1 Обзорные радары в радиолокационной службе

Предполагается, что отношение *S*/*N* на входе приемника обзорного радара не должно ухудшаться более чем на 0,5 дБ за один период сканирования, принимаемый равным 10 с. Это выражается в отношении *I*/*N* по мощности в тракте ПЧ приемника, равном –9 дБ. Считается, что в случае обзорных радаров интерес представляет средний уровень мощности мешающего сигнала.

3.2 Радары слежения в радиолокационной службе

В радары слежения часто используются "селекторы по дальности" для исключения всех отраженных сигналов, кроме приходящих с интересующих расстояний. Важным фактором при определении чувствительности радаров слежения к последовательности мешающих импульсов является доля мешающих импульсов, совпадающая с селекторными импульсами дальности. Совпадение мешающих импульсов с селекторными импульсами дальности зависит от того, являются ли частоты следования полезных и мешающих импульсов (PRF) по отношению друг к другу целыми кратными (случай I) или нет (случай II). Доля совпадающих импульсов, f_c, определяется из выражения:

$$f_c = \frac{GCF(PRF_i, PRF_g)}{PRF_g} \qquad \text{для случая I} \tag{5a}$$

$$f_c = PRF_i(\tau_g + \tau_i) \qquad \text{для случая II,} \tag{5b}$$

где:

PRF_i: частота следования мешающих импульсов

PRF_g: частота следования селекторных импульсов

$GCF\ (PRF_i, PRF)_g$: наибольший общий множитель PRF_i и PRF_g

τ_i: ширина мешающего импульса

τ_g: ширина селекторного импульса.

Следует отметить, что в случае, если $\tau_i > \tau_g$, а полезные и мешающие PRF не связаны как целые кратные (случай II), f_c приблизительно равно коэффициенту заполнения мешающих импульсов. Данная ситуация рассматривается как типичный случай и используется для дальнейшего определения порога ухудшения эксплуатационных характеристик радаров слежения.

Для получения высокоточных данных о позиционировании интересующих объектов радары слежения используют антенны с высоким коэффициентом усиления и четко определенными узкими основными лучами. Сервопривод поддерживает наведение основного луча антенны на цель; данный сервопривод управляется сигналом ошибки, генерируемым посредством определения угла ошибки между направлением на цель и направлением луча антенны. Нежелательные сигналы на входе радара могут увеличить эту систематическую ошибку.

Порог ухудшения эксплуатационных характеристик радара слежения, выраженный в допустимой доле совпадающих мешающих импульсов, f_c, как функция отношения S/I на выходе тракта ПЧ определяется следующим образом:

$$f_c = \frac{a^2 - 1}{\dfrac{90 B_r \tau}{(S/I - 1)} - 1} \qquad \text{при } S/I > 1 \tag{6a}$$

$$f_c = \frac{a^2 - 1}{\dfrac{90 B_r \tau}{(S/I - 1)} - 1} \qquad \text{при } S/I < 1, \tag{6b}$$

где:

a: коэффициент, связанный с общей ошибкой слежения, включающий ухудшение ввиду помехи (например, $a = 1{,}1$ допускает 0,1 или 10% увеличения за счет помех)

B_r: ширина полосы пропускания фильтра ПЧ радара по уровню 3 дБ

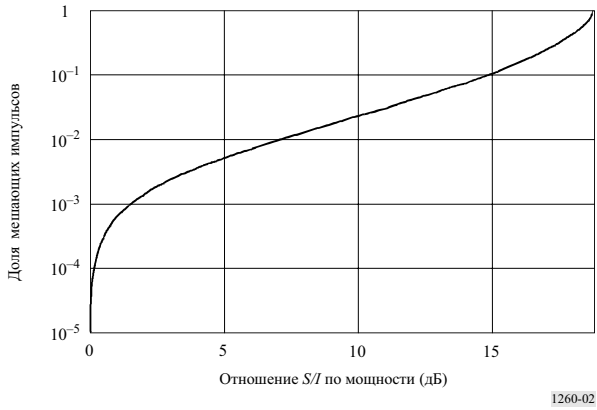
τ: длительность импульсов цели (отмечено, что для радара слежения $B_r \tau \cong 1$)

S/I: отношение S/I *(сигнал/помеха)* по мощности на выходе тракта ПЧ радара (не в дБ).

Рисунок 2 представляет собой зависимость доли совпадающих импульсов от отношения S/I на выходе тракта ПЧ радара, допускающая 10% увеличение ошибки слежения радара ввиду помехи. Доля совпадающих импульсов приблизительно равна коэффициенту заполнения импульсов датчика (6%), так что отношение S/I = 13 дБ соответствует ошибке слежения 10%. Считается, что отношение S/I должно быть ≥ 13 дБ для периодов времени более 3 с. (Так как критерий помехи разрабатывался на основании совпадения импульса помехи с селекторным импульсом дальности радара, необходимо использовать пиковое значение мощности мешающего сигнала.)

РИСУНОК 2

Отношение *S/I* радара как функция доли совпадающих мешающих импульсов (10% увеличения ошибки слежения)



4 Пример анализа нежелательного сигнала от космического датчика, оказывающего влияние на другие службы

4.1 Технические характеристики

4.1.1 Космический датчик

В таблице 4 приведены технические характеристики типичного космического датчика, используемые при дальнейшем анализе.

ТАБЛИЦА 4

Характеристики космического радара SAR1

Параметр	Значение
Высота орбиты (км)	750
Наклонение орбиты (градусы)	98,4
Пиковая излучаемая РЧ мощность (Вт)	400
Средняя излучаемая РЧ мощность (Вт)	4,4
Ширина импульса (мкс)	50
PRF (Гц)	2200
Модуляция импульсов	Линейная ЧМ
Ширина полосы импульса (МГц)	4,8
Пиковое усиление антенны (дБ)	27,9
Ориентация антенны (градусы)	37 от надира
1-й боковой лепесток антенны (дБ)	–17,6 от пикового
5-й боковой лепесток антенны (дБ)	–34 от пикового

4.1.2 Авиационные бортовые радары

В Рекомендации МСЭ-R M.1462 описываются характеристики и критерии защиты для радаров, работающих в полосе частот 420–450 МГц. Заключение предыдущих анализов гласит, что активные космические датчики технически несовместимы с высокочувствительными радарами наземного базирования для отслеживания космических объектов.

Совместимость космических радаров SAR и авиационных бортовых радаров в данной полосе частот анализировалась посредством компьютерного моделирования. Результаты для судовых радаров аналогичны результатам для авиационных бортовых радаров. Проект пересмотра данной Рекомендации указывает полосу частот пропускания приемника воздушного судна 1 МГц и плоскую антенную решетку с усилением 22 дБи в качестве радарной антенны. При анализе считалось, что антенна сканирует по азимуту с углом места 0º. Критерием защиты для радаров является отношение *I*/*N (помеха/шум)*, равное –6 дБ.

4.2 Условия и результаты анализа

4.2.1 Компьютерное моделирование

4.2.1.1 Выигрыш от обработки

Анализ потенциальных помех от космических радаров SAR приемникам радиолокационной службы не предполагал какого-либо выигрыша от обработки (т. е. возможности подавления помех вследствие обработки принятого сигнала). В случае радиолокационных систем могло бы быть полезным исследование потенциальной реакции приемника на импульсные мешающие сигналы, характерные для SAR.

Подробные данные об устойчивости радаров к мешающим импульсным сигналам обычно не публикуются. Тем не менее многие современные приемники радаров, в частности те, которые должны осуществлять функцию наблюдения при наличии значительных помех, производят доплеровскую обработку с целью различения цели на фоне мешающих отражений. Воздействие БПФ на входную импульсную помеху выразится в "размазывании" пиковой мощности импульса по соседним накопителям доплеровского сигнала/сигнала дальности, приводя к усреднению воздействия мощности помехи.

4.2.1.2 Критерий помехи для радара

В Рекомендации МСЭ-R M.1462 в качестве критерия защиты для авиационных бортовых радаров указано отношение *I*/*N*, равное –6 дБ. Процент времени или продолжительность времени, в течение которых разрешено превышение помехой этого значения, отсутствует. Нецелесообразно применение концепции разрешенного процента времени, в течение которого помеха может превышать данное значение, к радарам, в частности, к таким радарам слежения, как рассматриваемые в данном анализе авиационные бортовые радары. Концепция потери данных или разрешенного "перерыва" может применяться к линиям связи или системам датчиков, однако обнаружение целей – основная и крайне важная функция радарной системы – происходит в короткие моменты времени, в связи с чем длительные перерывы недопустимы.

В ряде аналогичных аналитических работ, проводимых МСЭ-R, использовался подход, при котором результаты моделирования рассматривались в предположении, что характеристики работы обзорного радара не могут ухудшаться в период времени, превышающий один цикл сканирования антенны. Это означает, что цель может не быть обнаружена в течение первого цикла сканирования, после чего осуществляется обнаружение. Авиационные бортовые радары, рассматривавшиеся в данном анализе, имели период вращения антенны порядка 10 с. Таким образом, помеха не должна превышать $I/N = -6$ дБ более 10 с. (Если исходить из этого предположения, то цель, приближающаяся со скоростью 800 км/ч, окажется ближе примерно на 2 км по сравнению с тем, если бы обнаружение происходило в отсутствие помех. Это может

быть приемлемым или нет в зависимости от ситуации.) После рассмотрения результатов моделирования (при котором учитывалась как пиковая, так и средняя мощность помехи для радаров) стало ясно, что совместное использование частот космическими SAR и радарами может оказаться затруднительным.

4.2.1.3 Результаты компьютерного моделирования

Моделирование проводилось с использованием радара типа SAR1 (см. таблицу 5). В таблице 6 приведены результаты компьютерного моделирования ожидаемой помеховой ситуации от космического радара SAR1 системам радиолокационной службы. Моделирование проводилось с шагом 2 с за 60-дневный период. Следует отметить, что в таблице 6 также приведены два результата касательно процента времени, в течение которого действовала помеха.

Первый из них касается процента времени, в течение которого критерий помехи превышается в периоды, когда на земной станции (станциях) видны один или несколько радаров SAR (т. е. находятся над горизонтом); второй – это процент времени, в течение которого критерий помехи превышается за весь период моделирования (т. е. включая периоды, когда в некоторых районах Земли не видно ни одного радара SAR).

ТАБЛИЦА 5

Пиковая/средняя п.п.м. помехи от основных и боковых лепестков радара SAR1 в P-диапазоне у поверхности Земли

Параметр	Значение	дБ
Мощность передатчика (Вт)	400,00	26,02
Пиковое усиление основного лепестка антенны (дБи)	27,90	27,90
Уровень боковых лепестков антенны (дБи)	–6,10	–6,10
$1/(4\pi)$	$7{,}96 \times 10^{-2}$	–10,99
$1/(\text{расстояние})^2$ (км)	972,80	–119,76
1/ширина полосы (МГц)	1/4,80	–66,81
Ширина импульса (мкс)	50	
PRF (Гц)	2200	
Пиковая плотность мощности в основном лепестке (дБВт)		–75,86
Пиковая плотность мощности в боковом лепестке (дБВт)		–109,86
Пиковая п.п.м. в основном лепестке (дБ(Вт/(м^2 · Гц)))		–143,6
Средняя п.п.м. в основном лепестке (дБ(Вт/(м^2 · Гц)))		–153,2
Пиковая п.п.м. в боковых лепестках (дБ(Вт/(м^2 · Гц)))		–177,6
Средняя п.п.м. в боковых лепестках (дБ(Вт/(м^2 · Гц)))		–187,2

ТАБЛИЦА 6

Результаты компьютерного моделирования

Приемник	Критерий	SAR1
Авиационный бортовой радар	*I*/*N*, худшее (дБ)	36,2
	I/*N*, среднее (дБ)	–4,4
	Процент времени, когда *I*/*N* > –6 дБ (SAR виден) (%)	12,0
	Процент времени, когда *I*/*N* > –6 дБ (За все время) (%)	0,6
	Максимальное время, когда *I*/*N* > –6 дБ (мин.)	4,8
	Среднее время, когда *I*/*N* > –6 дБ (с)	7,3
	Число случаев, когда *I*/*N* > –6 дБ (событий)	3823

5 Процедура использования методологии

Средняя п.п.м. активного космического датчика должна рассматриваться на этапах разработки. Уравнения с (1) по (4) могут применяться для определения параметров, которые потенциально могут быть отрегулированы в процессе разработки космического датчика с целью улучшения совместного использования частот с другими службами. Мощность передатчика, коэффициент усиления антенны (в частности, уровни боковых лепестков), ширина и частота следования импульсов, а также ширина полосы импульса с ЛЧМ, вероятно, могут быть настраиваемыми параметрами.

При анализе совместимости космического датчика с системой определенной службы необходимо учитывать выигрыш от обработки в приемной системе (в случае его наличия), так как в настоящем анализе считалось, что он отсутствует. Такое предположение справедливо для общего случая, так как не все приемные станции обеспечивают подобный выигрыш.

Для примера рассмотрим два радара, работающих в полосе частот 420–450 МГц:

– радар слежения с шириной полосы по ПЧ 0,1 МГц (радар 1)

– авиационный бортовой радар перехвата с шириной полосы по ПЧ 1 МГц (радар 2).

Если космический датчик из таблицы 4 может работать с различной шириной импульса и шириной полосы импульса с ЛЧМ, как указано в таблице 7, то может быть достигнуто значительное снижение уровня мощности нежелательного сигнала.

ТАБЛИЦА 7

Пример снижения нежелательной принимаемой мощности датчика посредством изменения ширины импульса датчика и ширины полосы импульса с ЛЧМ

	Новые значения параметров SAR1		**ΔOTR (дБ)**	**ΔP_{avg} (дБ)**	**ΔI (дБ)**
	τ (мкс)	**B_c (МГц)**			
Радар 1	25	6	–4,0	Нет данных(1)	–4,0
Радар 2	25	6	–0,0	–3,0	–3,0

(1) Считалось целесообразным использовать среднюю мощность мешающего сигнала для авиационного бортового радара и пиковую мощность мешающего сигнала для следящего радара.

6 Заключение

Было продемонстрировано, что существует возможность снижения п.п.м. для улучшения характеристик излучения активного космического датчика с целью повышения совместимости с другими службами. Мощность передатчика датчика, диаграмма направленности антенны, ширина импульса, PRF, а также ширина полосы импульса с ЛЧМ (при использовании частотной модуляции) являются вероятными характеристиками, которые можно подстраивать для улучшения совместимости.

РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R ВО.1293-2

Защитные маски и связанные с ними методы расчета помех радиовещательным спутниковым системам, использующим излучения цифровых сигналов

(Вопрос МСЭ-R 223/11)

(1997-2000-2002)

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

a) что защитные отношения и связанные с ними защитные маски являются необходимыми характеристиками телевизионных сигналов в радиовещательной спутниковой службе (РСС) и соответствующих фидерных линиях;

b) что Планы в Приложениях 30 и 30A Регламента радиосвязи (РР) были разработаны с использованием значений защитных отношений и методов расчета помех, основанных на фиксированных смещениях частоты и заданных типах сигналов;

c) что в новых системах, представленных в Бюро радиосвязи (БР), для реализации этих планов предлагается использовать новые типы сигналов, для которых отсутствуют защитные маски и имеются только ограниченные методы расчета помех;

d) что БР поручило 6-й Исследовательской комиссии по радиосвязи представить дополнительные методики и защитные критерии для оценки помех, создаваемых этими новыми типами сигналов, а также помех, испытываемых ими;

e) что определения защитных масок и соответствующих методов расчета являются весьма полезной технической информацией при пересмотре Планов в Приложениях 30 и 30A РР для Районов 1 и 3;

f) что различными администрациями и организациями был проведен ряд исследований по проверке предложенного метода расчета помех,

признавая,

a) что защитные маски расширяют полезные свойства защитных отношений, которые в свою очередь связаны с фиксированными смещениями частоты;

b) что соответствующие защитные маски для расчета помех между излучениями цифровых сигналов могут быть получены с использованием методики, приведенной в Приложении 3;

c) что Всемирная конференция радиосвязи (Стамбул, 2000 г.) (ВКР-2000) разработала новые планы РСС и соответствующих фидерных линий для Районов 1 и 3, основанные на цифровой модуляции, а также новые Списки для Районов 1 и 3, обновив таким образом Приложения 30 и 30A;

d) что администрациям дано право реализовывать их присвоения в Плане в любое время без дополнительных ограничений в отношении характеристик, на которых основаны эти планы,

рекомендует,

1 чтобы при проведении любого анализа совместимости EPM/OEPM согласно статьям 4 и 5 Приложений 30 и 30A РР применялось Приложение 1;

2 чтобы для анализов совместимости, указанных в п. 1 раздела "рекомендует" использовались соответствующие методы EPM/OEPM расчета помех, приведенные в *Приложении* 1.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – При анализе совместимости в процессе двусторонней координации между администрациями для создания защитных масок, предусмотренных в Приложении 3 для сетей РСС, использующих все типы цифровых излучений с фазовой манипуляцией, может применяться метод расчета.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Необходимы дополнительные исследования для получения масок в случаях помех между другими типами излучений (т. е. для помех типа аналог–аналог, цифра–аналог и аналог–цифра). Пока эти маски не будут разработаны, при расчете помех между излучениями в случае цифровой помехи следует использовать метод, описанный в Приложении 1.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Расчет помех от цифровых сигналов при отсутствии соответствующих защитных масок

При применении метода расчета согласно Приложению 2 желательно использовать наиболее подходящую защитную маску для рассматриваемой ситуации помех от цифровых сигналов (т. е. наиболее подходящее значение D_i (fo_i) в Приложении 2). Например, в случае помех, создаваемых цифровому излучению, эта маска может быть получена с использованием метода расчета, приведенного в Приложении 3.

Дополнительные исследования требуются также для получения подходящих общих защитных масок для случая помех, создаваемых цифровыми сигналами аналоговым.

Пока эти маски не разработаны, для расчета помех между двумя излучениями, когда источником помех являются излучения цифровых сигналов, следует использовать метод, приведенный ниже.

Величина D (fo) вычисляется следующим образом:

$$D\,(fo) = 10 \log_{10} (B/b(fo)) + K,$$

где:

$b(fo)$: ширина полосы перекрытия между мешающим и полезным сигналами (МГц)

B: необходимая ширина полосы мешающего цифрового сигнала (МГц)

K: положительный взвешивающий коэффициент.

В общем случае, метод расчета защитной маски, приведенный в Приложении 3, дает количественную оценку величины K, которая может изменяться в зависимости от параметров полезного и мешающего сигналов и от сдвига частот между двумя сигналами (в действительности, метод в Приложении 3 не дает точного расчета коэффициента K, а скорее непосредственно вычисляет величину $-D(fo)$).

При отсутствии подходящих защитных масок, которые количественно определяют коэффициент K, прямо или косвенно, следует допустить $K = 0$, что соответствует наихудшему случаю.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Методы расчета помех, связанные с Приложениями 1 и 3*

1 Введение

Цель этого Приложения – определить обобщенный метод расчета помеховой ситуации в Планах РСС с учетом различных категорий помех (например, в совмещенном канале, в соседних каналах и т. д.).

С целью установления значений, необходимых для оценки помеховой ситуации между различными излучениями согласно Планам РСС, следует применять определенный ниже обобщенный метод расчета помех, связанный с соответствующими методами расчета защитных масок.

2 Терминология, символы и операторы

Для упрощения этого Приложения и облегчения его понимания, ниже приводятся определения некоторых терминов, символов и операторов:

Единичный входной сигнал, se:	учитывается одна мешающая несущая
Суммарный, ag:	учитываются все мешающие несущие
Эквивалентный, eq:	сумма помех на совпадающей частоте и на смещенных частотах
Общий, ov:	сумма помех в фидерной линии, на линиях вверх (up) и вниз (dn)
fo:	сдвиг частот: разность между центральными частотами двух несущих
C/*I*:	отношение несущая/помеха (дБ)
PR:	защитное отношение (дБ)
EPM:	эквивалентный запас по защите (дБ)
OEPM:	общий эквивалентный запас по защите (дБ)

* Этот метод был разработан для проведения анализа совместимости присвоений, представленных в БР согласно положениям Приложений 30 и 30A РР, с параметрами, отличными от используемых при составлении Планов (ширина полосы канала, центральная частота, тип излучения и т. д.).

X: снижение общего отношения *C*/*I* из-за помех в фидерной линии (дБ)

Оператор ⊕: $A \oplus B = -10\log\left(10^{-A/10} + 10^{-B/10}\right)$

Оператор ©: $A \copyright B = -10\log\left(10^{-A/10} + 10^{-B/10}\right)$

Оператор Σ⊕ : $\sum_{n=1}^{N} \oplus A_n = -10\log\left(10^{-A_1/10} + 10^{-A_2/10} + \ldots + 10^{-A_n/10}\right).$

3 Методы расчета помех

Для расчета помеховой ситуации для данного присвоения необходимы два основных элемента:

– эквивалентное суммарное значение отношения несущая/помеха, $C/I_{eq,\ ag}$, на линии вверх и линии вниз, $C/I_{eq,\ ag,\ up}$, $C/I_{eq,\ ag,\ dn}$, соответственно,

– общие значения защитного отношения в совмещенном канале (или на совпадающей частоте) для полезной несущей, PR_{ov}.

Кроме того, требуются определения значений эквивалентных запасов по защите (EPM) (см. Примечание 1) и общего эквивалентного запаса по защите (OEPM).

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – EPM не требуется в случае применения этого метода для Плана РСС в Районе 2.

3.1 Первые элементы, т. е. значения эквивалентных суммарных отношений несущая/помеха, вычисляются следующим образом на линиях вверх и линиях вниз:

$$C/I_{eq,\,ag,\,up} = \sum_{i=1}^{m} \oplus \left(C/I_{i,\,se,\,up} + D_i(fo_i)\right)$$

$$C/I_{eq,\,ag,\,dn} = \sum_{i=1}^{n} \oplus \left(C/I_{i,\,se,\,dn} + D_i(fo_i)\right),$$

где:

m: число мешающих несущих в фидерной линии

n: число мешающих несущих на линии вниз

fo: сдвиг частот между центральными частотами полезной несущей и одной из мешающих несущих; положительное или отрицательное значение (МГц)

D(fo): разность (дБ) между соответствующим значением защитной маски при отсутствии сдвига частот (т. е. центральное значение установлено на 0 МГц) и значением защитной маски при сдвиге частот *fo* МГц.

Для случая цифровой полезной несущей и цифровой мешающей несущей, величина *D(fo)* = *–I(fo)*, где *I(fo)*(≡ *I*(Δ*f*)) определяется в Приложении 3 в предположении линейного или нелинейного канала.

Для других комбинаций типов полезных и мешающих несущих (помеха, создаваемая цифровым сигналом аналоговому) необходимо определить соответствующие маски. Пока эти маски не будут разработаны, для оценки величины *D(fo)* следует применять модель, приведенную в Приложении 1.

Исходя из этих первых элементов значения общего эквивалентного суммарного отношения несущая/помеха (обозначается как $C/I_{ov,\ eq,\ ag}$) могут быть вычислены следующим образом:

$$C/I_{ov,\ eq,\ ag} = C/I_{eq,\ ag,\ up} \oplus C/I_{eq,\ ag,\ dn}.$$

3.2 Второй важный элемент, т. е. общее защитное отношение, PR_{ov}, связан с типом полезных несущих.

В дополнение к этому второму элементу могут быть определены значения защитного отношения в фидерной линии и на линии вниз, PR_{up} и PR_{dn}, соответственно. Допуская заданное увеличение, X, защитного отношения на линии вниз для учета помех в фидерной линии, значения PR_{up} и PR_{dn} определяются следующим образом:

$$PR_{dn} = PR_{ov} + X$$

$$PR_{up} = PR_{ov} © PR_{dn}.$$

3.3 Определения EPM_{up}, EPM_{dn} и OEPM

$$OEPM = C/I_{ov,\ eq,\ ag} - PR_{ov}$$

$$EPM = C/I_{eq,\ ag,\ up} - PR_{up}$$

$$EPM = C/I_{eq,\ ag,\ dn} - PR_{dn}.$$

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Расчет защитных масок для помех между различными типами цифровых несущих

1 Метод

Предполагается, что цифровая несущая сигнала помехи может, для целей расчета помех, моделироваться в виде источника белого шума, за которым следует фильтр в виде корня квадратного из приподнятой косинусоиды. Коэффициент спада, α_i, этого фильтра может свободно устанавливаться в диапазоне $0 \le \alpha_i \le 1$ (спад от 0% до 100%). Ширина полосы пропускания фильтра по уровню 3 дБ определяется скоростью передачи символов, R_i, для мешающего цифрового сигнала.

Уровень мешающего цифрового сигнала, воздействующего на полезный цифровой сигнал, зависит от:

– разноса частот между полезным и мешающим сигналами, Δf;

– характеристик фильтра приемника;

– характеристик канала передачи, в котором переносится мешающий сигнал.

Этот фильтр также модулируется фильтром в виде корня квадратного из приподнятой косинусоиды с коэффициентом спада, α_w, где ($0 \le \alpha_w \le 1$), а ширина полосы пропускания фильтра по уровню 3 дБ определяется скоростью передачи символов, R_w, полезного сигнала.

Усиление мешающего сигнала в усилителе большой мощности вызывает дополнительный рост боковых лепестков спектра. Вклад помех за счет боковых лепестков незначителен при небольших величинах Δf, но становится все более существенным по мере увеличения разноса частот.

Необходимо учитывать только два первых боковых лепестка. Для всех практических сценариев передачи вклад помех от боковых лепестков более высокого порядка незначителен.

Уровень каждого бокового лепестка регулируется относительно основного лепестка спектра с целью отображения характеристик нелинейного канала. В относительном уровне каждого бокового лепестка сравниваются две составляющие L_S и X:

– Величина L_S, которая зависит от характеристик нелинейности усилителя большой мощности (HPA) и от уровня возбуждения усилителя (потерь выходной мощности). Величина L_S различна для каждого бокового лепестка.

– Величина X, характеризующая влияние фильтрации на выходе HPA. Предполагается, что эта величина ослабления должна быть одной и той же для всех боковых лепестков спектра. Такой подход консервативен, поскольку характеристика усиления фильтра, стоящего после HPA, не является плоской и имеет спад по мере увеличения разноса частот относительно центральной частоты канала.

Параметры L_S и X выражаются в децибелах.

Параметры R_i и R_w выражаются в Мсимвол/с. Общая ширина полосы полезного и мешающего сигналов определяется соответственно формулами R_w (1+ α_w) МГц и R_i (1+ α_i) МГц. Параметр разноса частот Δf выражается в МГц. Предполагается, что помеха на выходе фильтра приемника является шумоподобной.

Для расчета мощности полезного сигнала на входе приемника и вклада за счет мощности помех от основного лепестка спектра и от каждого из боковых лепестков спектра используется общий алгоритм. Процедура расчета каждого вклада в мощность сигнала заключается в следующем (для определения используемых ниже терминов см. § 3, ниже):

a) установите входные параметры (R_i, R_w, α_i, α_w, δf, L_S и X) в соответствующие значения с целью расчета конкретного вклада в мощность сигнала (за счет полезного сигнала, основного лепестка спектра мешающего сигнала или бокового лепестка спектра мешающего сигнала);

b) рассчитайте девять пар предельных уровней (U_n, L_n, $n = 1, \ldots, 9$);

c) рассчитайте пять составляющих членов мощности (C_m, $m = 1, \ldots, 5$);

d) рассчитайте общую принимаемую мощность, P:

$$P = 10^{\frac{L_S - X}{10}} \sum_{m=1}^{5} C_m \, .$$

Уровень мощности помех $I\ (\Delta f)$, измеренный на выходе фильтра приемника и выраженный относительно мощности полезной несущей при отношении C/I = 0 дБ для эталонной линии (т. е. предполагая равные уровни мощности полезной и мешающей несущих), вычисляется следующим образом:

Этап 1: Рассчитайте мощность полезного сигнала, P_w, на выходе фильтра приемника, используя вышеприведенный алгоритм и устанавливая следующие значения входных параметров:

$$R_i = R_w, \quad \alpha_i = \alpha_w, \quad \delta f = 0, \quad L_S = 0, \quad X = 0.$$

Этап 2: Рассчитайте вклад мощности мешающего сигнала от основного лепестка спектра, P_0, на выходе фильтра приемника, используя тот же самый алгоритм и устанавливая следующие входные параметры:

$$\delta f = \Delta f, \quad L_S = 0, \quad X = 0.$$

Этап 3: Рассчитайте вклад мощности мешающего сигнала от первого бокового лепестка спектра, P_1, со следующими установленными входными параметрами:

$$\delta f = |\Delta f| - R_i, \quad L_S = L_1 \neq 0, \quad X \neq 0.$$

Величина L_S зависит от характеристик нелинейности усилителя НРА и от уровня его возбуждения. Величина X зависит от внеполосных характеристик затухания фильтра, включенного после НРА.

Этап 4: Рассчитайте вклад мощности мешающего сигнала от первого бокового лепестка спектра, P_2, со следующими установленными входными параметрами:

$$\delta f = |\Delta f| - 2R_i, \quad L_S = L_2 \neq L_1 \neq 0, \quad X \neq 0.$$

Величина L_S, как и ранее, зависит от характеристик нелинейности усилителя НРА и от уровня его возбуждения. Величина X имеет то же значение, что и для этапа 3.

Этап 5: Рассчитайте относительную мощность помех для заданных параметров сигнала и разноса частот:

$$I(\Delta f) = 10 \log\left(\frac{P_0 + P_1 + P_2}{P_w}\right) \quad \text{дБ.}$$

2 Пример расчета защитной маски

В качестве (произвольного) примера предполагается, что полезный и мешающий сигналы имеют следующие параметры:

Полезный цифровой сигнал:

Скорость передачи символов, R_w = 27,5 Мсимвол/с

Коэффициент спада, α_w = 0,35 (косинусоидальный спад 35%).

Мешающий цифровой сигнал:

Скорость передачи символов, R_i = 27,5 Мсимвол/с

Коэффициент спада, α_i = 0,35 (косинусоидальный спад 35%).

Уровни боковых лепестков:

Уровень первого бокового лепестка, L_S1 = –17,0 дБ

Уровень второго бокового лепестка, L_S2 = –27,5 дБ.

Фильтрация после НРА:

Затухание бокового лепестка, Xf = 12,0 дБ.

Разнос частот между полезным и мешающим сигналами, Δf, предполагается равным 38,36 МГц. Применение метода расчета, описанного в § 1 и подробно изложенного в § 3 этого Приложения, приводит к следующей процедуре:

Этап 1: Рассчитайте мощность полезного сигнала, P_W, на выходе фильтра приемника:

$$R_i = R_W, \quad \alpha_i = \alpha_W, \quad L_S = 0, \quad X = 0, \quad \delta f = 0$$

$$L_1 = U_8 = U_9 = -8{,}937$$

$$U_1 = L_2 = U_2 = L_3 = U_3 = L_4 = U_4 = L_5 = U_5 = L_6 = L_7 = L_8 = L_9 = 8{,}937$$

$$U_6 = U_7 = 18{,}563$$

$$C_1 = 0{,}825, \quad C_2 = 0, \quad C_3 = 0, \quad C_4 = 0{,}088, \quad C_5 = 0$$

$$P_W = 0{,}913.$$

Этап 2: Рассчитайте мощность мешающего сигнала, P_0, обусловленную основным лепестком спектра на выходе фильтра приемника:

$$L_S = 0, \quad X = 0, \quad \delta f = \Delta f$$

$$L_1 = L_3 = L_4 = 29{,}422, \quad U_1 = L_2 = L_5 = L_7 = 8{,}937, \quad L_6 = L_9 = 47{,}297, \quad L_8 = -18{,}563$$

$$U_9 = -8{,}937, \quad U_2 = U_5 = -29{,}422, \quad U_3 = U_4 = U_6 = 18{,}563, \quad U_7 = U_8 = -19{,}797$$

$$C_1 = 0, \quad C_2 = 0, \quad C_3 = 0, \quad C_4 = 0, \quad C_5 = 0$$

$$P_0 = 0.$$

Этап 3: Рассчитайте мощность мешающего сигнала, P_1, обусловленную первым боковым лепестком спектра на выходе фильтра приемника:

$$L_S = L_{S1}, \quad X = Xf; \quad \delta f = |\Delta f| - R_i$$

$$L_1 = 1{,}923, \quad U_1 = L_2 = L_3 = L_4 = L_5 = L_7 = 8{,}937, \quad U_2 = U_5 = L_8 = -1{,}923$$

$$U_3 = U_4 = U_6 = 18{,}563, \quad L_6 = L_9 = 19{,}797, \quad U_7 = 7{,}703, \quad U_8 = U_9 = -8{,}937$$

$$C_1 = 0{,}605, \quad C_2 = 0, \quad C_3 = 0, \quad C_4 = 0, \quad C_5 = 0$$

$$P_1 = 7{,}618 \times 10^{-4}.$$

Этап 4: Рассчитайте мощность мешающего сигнала, P_2, обусловленную вторым боковым лепестком спектра на выходе фильтра приемника:

$$L_S = L_{S2}, \quad X = Xf; \quad \delta f = |\Delta f| - 2R_i$$

$$L_1 = U_8 = U_9 = -8{,}937, \quad U_1 = U_3 = U_4 = L_9 = -7{,}703, \quad L_2 = L_3 = L_4 = L_5 = L_6 = 8{,}937$$

$$U_2 = U_5 = U_7 = 18{,}563, \quad L_7 = L_8 = 25{,}578, \quad U_6 = 1{,}922$$

$$C_1 = 0{,}395, \quad C_2 = 0, \quad C_3 = 0, \quad C_4 = 0, \quad C_5 = 0$$

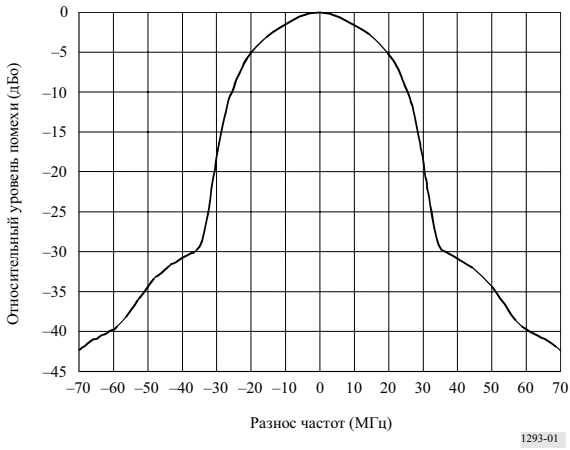
$$P_2 = 4{,}431 \times 10^{-5}.$$

Этап 5: Рассчитайте общую мощность помех относительно мощности полезного сигнала:

$$I(\Delta f) = -30{,}5.$$

Использование этой процедуры для различных значений разноса частот приводит к расчету примерной защитной маски, показанной на рисунке 1.

РИСУНОК 1



3 Алгоритмы: Расчет мощности принимаемого сигнала (полезного или мешающего)

3.1 Предельные уровни

$$A = (1 - \alpha_w)\frac{R_w}{2} \qquad B = (1 + \alpha_w)\frac{R_w}{2} \qquad C = (1 - \alpha_i)\frac{R_i}{2} \qquad D = (1 + \alpha_i)\frac{R_i}{2}$$

$L_1 = max\,(-A;\ \delta f - C)$ $L_4 = max\,(A;\ \delta f - C)$ $L_7 = max\,(A;\ -\delta f + C)$

$U_1 = min\,(A;\ \delta f + C)$ $U_4 = min\,(B;\ \delta f + C)$ $U_7 = min\,(B;\ -\delta f + D)$

$L_2 = max\,(-A - \delta f;\ C)$ $L_5 = max\,(A;\ -\delta f - C)$ $L_8 = max\,(-B;\ -\delta f + C)$

$U_2 = min\,(A - \delta f;\ D)$ $U_5 = min\,(B;\ -\delta f + C)$ $U_8 = min\,(-A;\ -\delta f + D)$

$L_3 = max\,(-A + \delta f;\ C)$ $L_6 = max\,(A;\ \delta f + C)$ $L_9 = max\,(-B;\ \delta f + C)$

$U_3 = min\,(A + \delta f;\ D)$ $U_6 = min\,(B;\ \delta f + D)$ $U_9 = min\,(-A;\ \delta f + D)$

ПРИМЕЧАНИЕ 1:

max (a; b): максимальное значение *a* и *b*

min (a; b): минимальное значение *a* и *b*

δf = частота мешающего сигнала – частота полезного сигнала

3.2 Функции

Если $1 \le n \le 3$:

$$p_n(a,b) = f_n(a) - f_n(b) \quad \text{при} \quad a > b$$
$$= 0 \quad \text{при} \quad a \le b$$

$$f_1(x) = \left(\frac{x}{R_i} \right) \qquad f_2(x) = \frac{\alpha_i}{2\pi} \cos\left(\frac{\pi}{2} \frac{2x - R_i}{\alpha_i R_i} \right) \qquad f_3(x) = \frac{\alpha_w R_w}{2\pi R_i} \cos\left(\frac{\pi}{2} \frac{2x - R_w}{\alpha_w R_w} \right).$$

Если $4 \le n \le 5$:

$$p_n(a,b,\delta f) = f_n(a,\delta f) - f_n(b,\delta f) \quad \text{при} \quad a > b$$
$$= 0 \quad \text{при} \quad a \le b$$

$$f_4(x,y) = f_{4a}(x,y) \quad \text{при} \quad \alpha_w R_w = \alpha_i R_i$$
$$= f_{4b}(x,y) \quad \text{при} \quad \alpha_w R_w \ne \alpha_i R_i$$

$$f_5(x,y) = f_{5a}(x,y) \quad \text{при} \quad \alpha_w R_w = \alpha_i R_i$$
$$= f_{5b}(x,y) \quad \text{при} \quad \alpha_w R_w \ne \alpha_i R_i$$

$$f_{4a}(x,y) = \frac{1}{16\pi R_i} \left(2\pi\, x \cos\left(\frac{\pi}{2} \frac{2y + R_i - R_w}{\alpha_i R_i} \right) - \alpha_i R_i \sin\left(\frac{\pi}{2} \frac{4x - 2y - R_i - R_w}{\alpha_i R_i} \right) \right)$$

$$f_{4b}(x,y) = \frac{\alpha_i \alpha_w R_w}{4\pi\left(\alpha_i^2 R_i^2 - \alpha_w^2 R_w^2 \right)} \left(\alpha_i R_i \cos\left(\frac{\pi}{2} \frac{2x - R_w}{\alpha_w R_w} \right) \sin\left(\frac{\pi}{2} \frac{2y - 2x + R_i}{\alpha_i R_i} \right) + \alpha_w R_w \sin\left(\frac{\pi}{2} \frac{2x - R_w}{\alpha_w R_w} \right) \cos\left(\frac{\pi}{2} \frac{2y - 2x + R_i}{\alpha_i R_i} \right) \right)$$

$$f_{5a}(x,y) = \frac{1}{16\pi R_i} \left(\alpha_i R_i \sin\left(\frac{\pi}{2} \frac{4x - 2y - R_i + R_w}{\alpha_i R_i} \right) - 2\pi x \cos\left(\frac{\pi}{2} \frac{2y + R_i + R_w}{\alpha_i R_i} \right) \right)$$

$$f_{5b}(x,y) = \frac{\alpha_i \alpha_w R_w}{4\pi\left(\alpha_i^2 R_i^2 - \alpha_w^2 R_w^2 \right)} \left(\alpha_i R_i \cos\left(\frac{\pi}{2} \frac{2x + R_w}{\alpha_w R_w} \right) \sin\left(\frac{\pi}{2} \frac{2x - 2y - R_i}{\alpha_i R_i} \right) - \alpha_w R_w \sin\left(\frac{\pi}{2} \frac{2x + R_w}{\alpha_w R_w} \right) \cos\left(\frac{\pi}{2} \frac{2x - 2y - R_i}{\alpha_i R_i} \right) \right).$$

3.3 Составляющие мощности

$$C_1 = p_1(U_1, L_1) + \frac{1}{2} \sum_{n=2}^{5} p_1(U_n, L_n) + \frac{1}{4} \sum_{n=6}^{9} p_1(U_n, L_n)$$

$$C_2 = p_2(U_2, L_2) + p_2(U_3, L_3) + \frac{1}{2}\left[p_2(U_6 - \delta f,\, L_6 - \delta f) + p_2(U_7 + \delta f,\, L_7 + \delta f) + p_2(U_8 + \delta f,\, L_8 + \delta f) + p_2(U_9 - \delta f,\, L_9 - \delta f) \right]$$

$$C_3 = p_3(U_4, L_4) + p_3(U_5, L_5) + \frac{1}{2}\left[p_3(U_6, L_6) + p_3(U_7, L_7) + p_3(-L_8, -U_8) + p_3(-L_9, -U_9) \right]$$

$$C_4 = p_4(U_6, L_6, \delta f) + p_4(U_7, L_7, -\delta f)$$

$$C_5 = p_5(U_8, L_8, -\delta f) + p_5(U_9, L_9, \delta f)$$

3.4 Общая мощность принимаемого сигнала

$$\text{Мощность} = 10^{\frac{L_S - X}{10}} \sum_{m=1}^{5} C_m \, .$$

ДОБАВЛЕНИЕ 1

К ПРИЛОЖЕНИЮ 3

Заявление параметров, связанных с излучениями цифровых сигналов

Применение метода, описанного в Приложении 3, для расчета защитных масок в случае помех между излучениями цифровых сигналов, требует заявления параметров, связанных с каждым излучением цифровых сигналов. Этими параметрами являются:

– вид цифровой модуляции (этот метод применим только к сигналам с фазовой манипуляцией);

– скорость передачи символов (Мсимвол/с);

– коэффициент спада фильтра, формирующего цифровые импульсы (предполагается применение фильтра с косинусоидальным спадом или приближение к этому), значение в диапазоне от 0 до 1;

– относительные уровни первого и второго боковых лепестков, Ls1 и Ls2 (дБ);

– затухание бокового лепестка, X (дБ), обусловленное фильтрацией после НРА.

Первые три из этих пунктов уже требуются в Приложении 4 к РР. Кроме того, рекомендуется, чтобы два последних пункта были представлены в качестве добавления к Приложению 4 РР на будущей компетентной конференции.

Большинство цифровых ТВ несущих на линии вниз занимают всю полосу пропускания ретранслятора, и данный ретранслятор используется в режиме насыщения для максимальной мощности на линии вниз. Исследования показали, что при этих условиях подходящие относительные уровни боковых лепестков составляют –18 дБ и –30 дБ, соответственно. Кроме того, поскольку на выходе бортового НРА (усилитель на лампе бегущей волны (TWTA)) всегда имеет место фильтрация (выходное устройство уплотнения), параметр X не равен нулю. Точное значение X изменяется от системы к системе. По-видимому, величина 12 дБ является консервативным минимальным значением, которое должно превышаться всеми новыми системами, работающими в соседних каналах при совпадающей поляризации.

На линиях вверх фильтр после усилителя НРА, как правило, отсутствует, но с целью регулирования уровней внеполосных боковых лепестков НРА работает с потерями выходной мощности. Маловероятно, чтобы в фидерных линиях систем РСС превышались уровни боковых лепестков –29 дБ и –39,5 дБ.

РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R S.1340*,**

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 (РР);

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 РР);

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 РР 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 РР 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 (АР-2000).

m) что технические и эксплуатационные характеристики станций воздушной радионавигационной службы достаточно хорошо известны;

n) что технические и эксплуатационные характеристики фидерных линий не определены;

o) что для того, чтобы обеспечить защиту станций воздушной радионавигации, требуется методика определения координационных расстояний и дистанций разноса между земными станциями фидерных линий и станциями воздушной радионавигации;

p) 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:

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

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

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

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)

φ: 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:

– 515 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: <3,5° вертикальная, инверсная косеканс до –31°
0,35° 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: ±1,5°

– Максимальный диапазон горизонтального сканирования: 360°.

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°, диаграмма направленности антенны по углу места определяется следующим образом, где φ является углом места (градусы):

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

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 φ является углом азимута (градусы):

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

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 φ – угол места (градусы):

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

2.1.2 Диаграммы направленности антенн по азимуту

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

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

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

$$G(\varphi)=\begin{cases}33-2\varphi^2 & \text{дБи} \quad \text{для} \quad 0\le\varphi<3\\ 15 & \text{дБи} \quad \text{для} \quad 3\le\varphi<5\\ 32{,}5-25\log\varphi & \text{дБи} \quad \text{для} \quad 5\le\varphi<48\\ -9{,}53 & \text{дБи} \quad \text{для} \quad 48\le\varphi\le180.\end{cases}$$

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: ±45°

– Максимальный диапазон сканирования по вертикали: ±20°.

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

$$G(\varphi)=\begin{cases}30 & \text{дБи} \quad \text{для} \quad 0\le\varphi<20\\ 30-0{,}56\,(\varphi-20)^2 & \text{дБи} \quad \text{для} \quad 20\le\varphi<25\\ 16 & \text{дБи} \quad \text{для} \quad 25\le\varphi<29\\ 39{,}86-25\log(\varphi-20) & \text{дБи} \quad \text{для} \quad 29\le\varphi<68\\ -2{,}17 & \text{дБи} \quad \text{для} \quad 68\le\varphi\le180\,.\end{cases}$$

3.2 Другие характеристики

3.2.1 Передача

– Пековая 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 оконечных 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 радарами 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 упреждающей коррекции ошибок (FEC) 3/4, используемых с коэффициентом ошибок по битам (КОБ), равным 1×10^{-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:

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

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

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

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

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}/МГц, в полосе сигнала в фидерной линии шириной BW (МГц), которая меньше чем $1/PW$, составляет:

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

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

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

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, φ, выражен в градусах.

3.2.1 Пределы E_{eff} для ALS

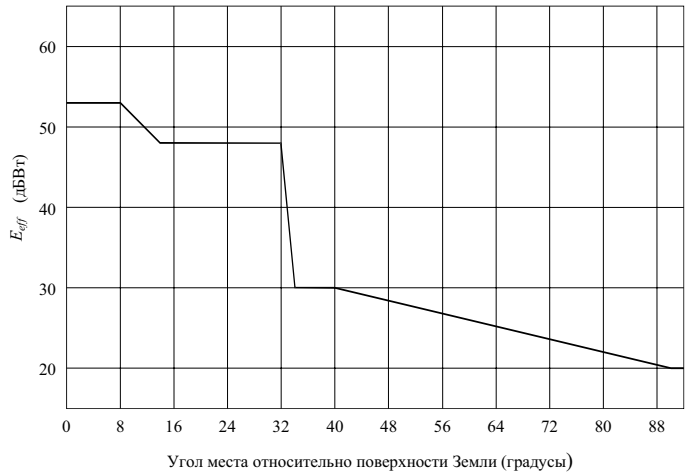
Для сигналов фидерных линий с полосой шире 3 МГц:

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

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:

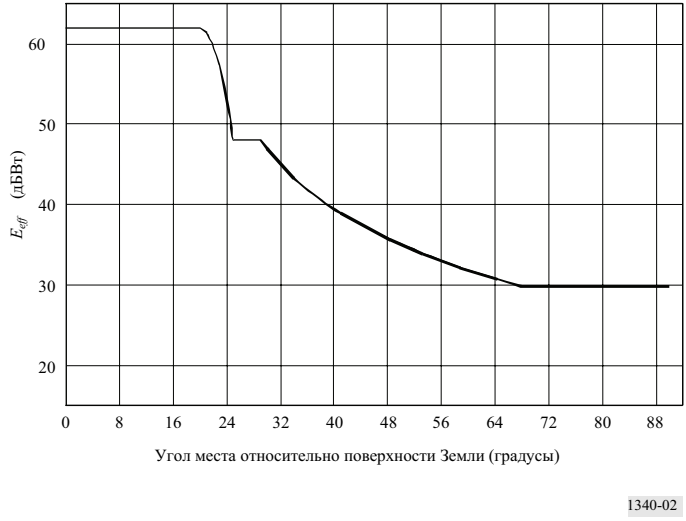
$$E_{eff} = \begin{cases} 62 & \text{дБВТ} \quad \text{для} \quad 0 \le \varphi < 20 \\ 62 - 0{,}56\,(\varphi - 20)^2 & \text{дБВТ} \quad \text{для} \quad 20 \le \varphi < 25 \\ 48 & \text{дБВТ} \quad \text{для} \quad 25 \le \varphi < 29 \\ 71{,}86 - 25 \log\,(\varphi - 20) & \text{дБВТ} \quad \text{для}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

Эта функция показана на рисунке 2.

Величина E_{eff} для RSMS при углах места более 0° составляет –13,1 дБВт.

РИСУНОК 2

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



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 FEC 3/4, отношение сигнал/помеха C/I для КОБ = 1×10^{-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.

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

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)

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

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)

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

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:

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

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_{fsl} (км)	372	518	172,7
D_{as} (км)	100	0	40
L_{fsl} (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:

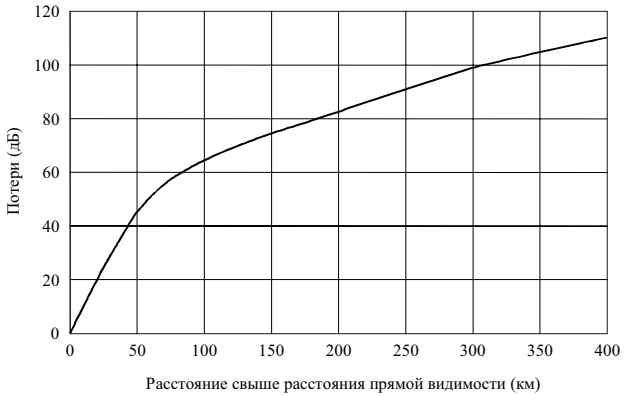
ТАБЛИЦА 3

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.

РИСУНОК 3

Потери, добавленные к потерям в свободном пространстве на расстоянии прямой видимости



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°, и эта антенна работает при углах места более 5°. 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.

РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R S.1341*

СОВМЕСТНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЧАСТОТ В ПОЛОСЕ 15,4–15,7 ГГц ФИДЕРНЫМИ ЛИНИЯМИ ПОДВИЖНОЙ СПУТНИКОВОЙ СЛУЖБЫ В НАПРАВЛЕНИИ КОСМОС-ЗЕМЛЯ И ВОЗДУШНОЙ РАДИОНАВИГАЦИОННОЙ СЛУЖБОЙ И ЗАЩИТА РАДИОАСТРОНОМИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ В ПОЛОСЕ 15,35–15,4 ГГц

(Вопрос МСЭ-R 242/4)

(1997)

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

a) что Резолюция 116 (ВКР-95) Всемирной административной радиоконференции (Женева, 1995 г.) предусматривает проведение Сектором МСЭ-R исследований возможности и условий совместного использования частот в полосе 15,4–15,7 ГГц фидерными линиями (космос-Земля) 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 (РР);

c) что ВКР-95 дополнительно распределила частоты в этой полосе фиксированной спутниковой службе (ФСС) для фидерных линий негеостационарных (НГСО) спутниковых сетей ПСС в направлении космос-Земля;

d) что в данной полосе необходимо разместить фидерные линии (космос-Земля) НГСО спутников ПСС;

e) что излучения спутников могут создавать недопустимые помехи работе станций воздушной радионавигационной службы;

f) что были определены пределы плотности потока мощности (п.п.м.) излучений негеостационарных космических станций, необходимые для защиты воздушной радионавигационной службы в соответствии с п. S5.511A Регламента радиосвязи (РР), который пересматривается Сектором МСЭ-R;

g) что считается непрактичным проводить координацию спутниковых передач со станциями воздушной радионавигации;

h) что сигналы станций воздушной радионавигации, распространяющиеся вдоль земной поверхности, могут создать вредные помехи земным станциям фидерных линий;

j) что требуется разработать методику определения координационных расстояний и дистанций разноса между земными станциями фидерных линий и станциями воздушной радионавигации, обеспечивающих защиту земных станций фидерных линий;

k) что в соответствии с п. S5.511B РР станциям, расположенным на воздушных судах, не позволено вести передачи в полосе 15,45–15,65 ГГц;

l) что эта полоса достаточно широко используется станциями воздушной радионавигационной службы, расположенными на воздушных судах, на земной поверхности и в океане;

m) что технические и эксплуатационные характеристики станций воздушной радионавигационной службы достаточно хорошо известны;

n) что технические и эксплуатационные характеристики фидерных линий точно не определены;

o) что спутниковые системы в этом диапазоне частот, как правило, не работают с малыми углами места земных станций;

p) что по вопросу, поставленному в § o, были проведены исследования;

---

* Данная Рекомендация должна быть доведена до сведения 7-й и 8-й Исследовательских комиссий по радиосвязи.

q) что соседняя полоса 15,35–15,4 ГГц распределена радиоастрономической службе и другим пассивным службам и что требуется обеспечить их защиту от вредных помех, создаваемых излучениями космических станций (см. S5.511A РР);

r) что в соответствии с п. S5.340 РР запрещены все излучения в полосе 15,35–15,4 ГГц, за исключением тех, что перечислены в п. S5.341 РР;

s) что в Рекомендации МСЭ-R RA.769 указаны пороговые уровни вредных помех радиоастрономической службе,

рекомендует,

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

2 что временная п.п.м. на поверхности Земли, создаваемая излучениями фидерных линий космической НГСО спутниковой системы при всех условиях и для всех методов модуляции не должна превышать значений, указанных в § 2.1, при условиях, указанных в § 2.2 (Примечание 2);

2.1 в полосе частот 15,43–15,63 ГГц, где φ – угол прихода луча (градусы) над горизонтальной плоскостью:

-127	дБ(Вт/м^2) в 1 МГц	для	$0 \le \varphi < 20$
$-127 + 0{,}56\,(\varphi - 20)^2$	дБ(Вт/м^2) в 1 МГц	для	$20 \le \varphi < 25$
-113	дБ(Вт/м^2) в 1 МГц	для	$25 \le \varphi < 29$
$-136{,}9 + 25\log(\varphi - 20)$	дБ(Вт/м^2) в 1 МГц	для	$29 \le \varphi < 31$
-111	дБ(Вт/м^2) в 1 МГц	для	$31 \le \varphi \le 90$;

2.2 что эти пределы относятся к п.п.м., которая будет достигнута в предположении, что распространение происходит в свободном пространстве;

3 что с пределами п.п.м., указанными в п. 2 раздела *рекомендует*, не требуется проведения координации спутниковых передач с приемными станциями воздушной радионавигационной службы;

4 что наземные радары, описанные в Приложении 1, не должны работать в полосе 15,43–15,63 ГГц;

5 что пороговые расстояния для координации излучений, создаваемых станциями воздушной радионавигационной службы, относительно земных станций фидерных линий ПСС, рассчитанные для коэффициента усиления антенны земной станции в локальной горизонтальной плоскости, равного 11,5 дБи, составляют:

– 150 км от наземного сегмента для систем посадки самолетов (ALS);

– 600 км от бортовых радаров общего назначения воздушных судов;

– 60 км от места посадки самолетов для радиолокационных датчиков и измерительных систем;

6 что передачи земных станций фидерных линий должны быть ограничены углами над горизонтальной плоскостью не более 5°;

7 что излучения фидерных линий космических НГСО спутниковых систем для всех условий и всех методов модуляции должны учитывать пороговые уровни для радиоастрономической службы, указанные в Рекомендации МСЭ-R RA.769 для полосы 15,35–15,4 ГГц (см. Примечание 3);

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

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Полоса частот, указанная в п. 1 раздела *рекомендует*, меньше, чем полоса, распределенная ВКР-95 для фидерных НГСО линий ПСС. 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. – Возможность разработки и эксплуатации фидерных линий в направлении космос-Земля с временными предельными значениями, указанными в п. 2.1 раздела *рекомендует*, пока еще не изучена. Более того, временные значения п.п.м., указанные в п. 2.1 раздела *рекомендует*, должны быть пересмотрены для обеспечения защиты ВРНС.

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – 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, в соответствии с п. 7 раздела *рекомендует*.

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 местах посадки воздушных судов.

1.1 Диаграммы направленности антенн

– Номинальная ширина луча по уровню 3 дБ: <3,5° вертикальная, инверсная косеканс до –31°
0,35° 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: ±1,5°;

– Максимальный диапазон горизонтального сканирования: 360°.

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°, диаграмма направленности антенны по углу места определяется следующим образом, где φ является углом места (градусы):

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

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 φ является углом азимута (градусы):

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

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 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 приложениях имеют некоторые различия.

2.1 Диаграммы направленности антенн наземных станций

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

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

Часть антенны ALC, 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: на 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 20 градусов над горизонтом

– Диапазон частот: 15,4–15,7 ГГц

– Поляризация: горизонтальная и вертикальная

– Коэффициент усиления: 33 дБи

– Максимальный уровень боковых лепестков: на 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 φ – угол места (градусы):

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

2.1.2 Диаграммы направленности антенн по азимуту

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

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

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

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

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 ±45°

– Максимальный диапазон сканирования по вертикали ±20°.

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

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

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 показателям 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 является одним из наиболее критичных параметров эксплуатации воздушных судов, особенно, когда их результаты используются на оконечных 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: 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 защиты воздушной радионавигационной службы и совместное использование частот в полосе 15,4–15,7 ГГц с фидерными линиями ПСС (космос-Земля) и защита радиоастрономической службы в полосе 15,35–15,4 ГГц (Наземные радары (SBR), расположенные на суше и на кораблях, используемые для обнаружения, определения места положения и движения воздушных судов и других транспортных средств в областях посадки воздушных судов)

1 Характеристики систем воздушной радионавигации

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

2 Анализ

2.1 Пределы п.п.м. для наихудшего случая

Общее выражение для вычисления предела п.п.м. для данного случая имеет вид:

$$п.п.м. \leq -217{,}6 + 10 \log B - 20 \log \lambda - G/T + I/N \qquad \text{дБ}(\text{Вт}/\text{м}^2) \text{ в } B, \tag{1}$$

где:

B: ширина полосы частот (Гц)

λ: длина волны (м)

G/T: усиление антенны/шумовая температура (дБ)

I/N: допустимые помехи/шум (дБ)

Так как эти системы эксплуатируются в ВРНС, и считаются системами безопасности, требования к их защите могут быть более жесткими, чем для других служб. Предполагая, что предел для I/N равен –10 дБ, в результате решения уравнения (1) для параметров SBR, указанных в Приложении 1, получаем предел п.п.м., равный –146 дБ(Вт/м^2) в 1 МГц. В результате решения уравнения (1) для параметров системы, указанных в Приложении 1, получаем предел п.п.м., равный –111 дБ(Вт/м^2) в 1 МГц для ALS и RSMS, и равный –133 дБ(Вт/м^2) в 1 МГц для MPR. Эти значения получены для максимальных значений усиления антенны рассматриваемых систем.

Предел п.п.м., равный –146 дБ(Вт/м^2) в 1 МГц, предполагает использование очень больших антенн земных станций (с диаметром более 15 м), что не может считаться практичным (см. § 2.3). Однако, наземные радары (SBR) могут работать в полосе 15,63–15,7 ГГц и это снимает ограничения с фидерных линий в полосе 15,43–15,63 ГГц.

Основная область использования MPR располагается над океанами, которые в большинстве случаев находятся 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).

Система RSMS не накладывает существенных ограничений на значения п.п.м., но могут использоваться географические ограничения.

Предел п.п.м., равный –133 дБ(Вт/м^2) в 1 МГц при низких углах места, может чрезмерно ограничить использование земных станций фидерных линий ПСС. При п.п.м., равной –127 дБ(Вт/м^2) в 1 МГц, диаметры антенн земных станций могут быть вполовину меньше, чем для п.п.м. = –133 дБ(Вт/м^2) в 1 МГц (см. § 2.3.) Так как MPR использует сканирующую антенну с узким лучом, помехи будут возникать в течение коротких периодов времени, когда главный луч антенны направлен на спутник. Кроме того, нормальная работа MPR не должна рассматриваться как работа

службы безопасности. Следовательно, для коротких промежутков времени может быть допустимым увеличение шума в системе на величину до 40 процентов, в результате чего получаем предел п.п.м. = –127 дБ(Вт/м^2) в 1 МГц.

2.2 Пределы п.п.м. в зависимости от угла прихода сигнала

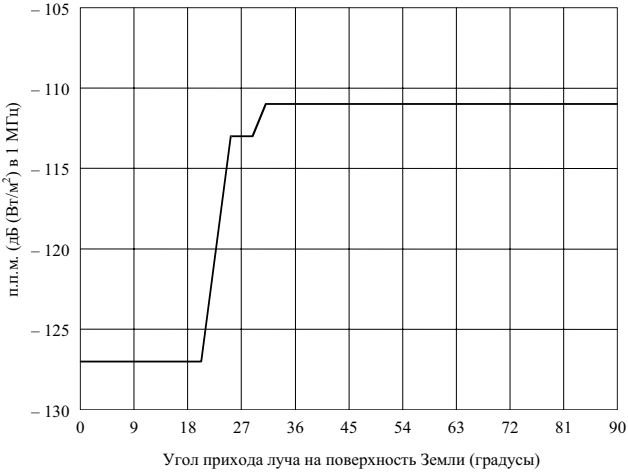
Из § 2.1 видно, что ALS и MPR будут работать в полосе 15,4–15,7 ГГц, включая полосу 15,43–15,63 ГГц, используемую совместно с фидерными линиями.

Объединив значения п.п.м., указанные в § 2.1, с функциями усиления антенны, приведенными в разделах 2 и 3 Приложения 1, получим показанные ниже пределы п.п.м., изображенные на рисунке 1, где φ выражен в градусах, т. е.:

$$p.p.m. \begin{cases} \le -127 & \text{дБ(Вт/м}^2\text{) в 1 МГц} \quad \text{для} \quad 0 \le \varphi < 20 \\ \le -127 + 0{,}56(\varphi - 20)^2 & \text{дБ(Вт/м}^2\text{) в 1 МГц} \quad \text{для} \quad 20 \le \varphi < 25 \\ \le -113 & \text{дБ(Вт/м}^2\text{) в 1 МГц} \quad \text{для} \quad 25 \le \varphi < 29 \\ \le -136{,}9 + 25\ \log(\varphi - 20) & \text{дБ(Вт/м}^2\text{) в 1 МГц} \quad \text{для} \quad 29 \le \varphi < 31 \\ \le -111 & \text{дБ(Вт/м}^2\text{) в 1 МГц} \quad \text{для} \quad 31 \le \varphi \le 90 \end{cases}.$$

РИСУНОК 1

Максимальные пределы п.п.м. спутника (ALS, MPR и RSMS)



1341-01

2.3 Воздействие на параметры фидерной линии

Излучение спутника всегда будет приходить на поверхность Земли под низкими углами. При низких углах предел п.п.м. составляет –127 дБ(Вт/м^2) в 1 МГц. Диаметр антенны земной станции, D, для данной п.п.м. можно рассчитать при помощи выражения:

$$D = \left[(C/N)_t \, (k \, T \, B \, / \, n.n.m.) \, (4M / \pi \, \eta) \right]^{0,5} \quad \text{м}, \tag{2}$$

где:

$(C/N)_t$: пороговое отношение сигнал/шум

k: постоянная Больцмана

T: шумовая температура приемной системы (К)

B: ширина полосы (Гц), используемая для определения п.п.м.

M: запас

η: эффективность использования апертуры антенны.

Земные станции фидерных линий ПСС, как правило, проектируются так, чтобы обеспечить готовность линии связи порядка 99,99%. Для работы при углах места менее 20° (в зависимости от климатической зоны дождей, где она эксплуатируется) требования по допуску на замирания в дожде, объединенные с необходимостью поддерживать предел п.п.м. –127 дБ(Вт/м^2) в 1 МГц, могут ограничить использование земных станций фидерных линий ПСС в полосе частот 15,43–15,63 ГГц.

Подставив в уравнение (2) значения $(C/N)_t$ = 12 дБ, T = 24 дБ(К), а η = 0,6 и значения п.п.м. = –127 дБ(Вт/м^2) в 1 МГц, п.п.м. = –133 дБ(Вт/м^2) в 1 МГц и п.п.м. = –146 дБ(Вт/м^2) в 1 МГц, получим следующие значения D:

ТАБЛИЦА 1

M (дБ)	п.п.м.		
	–127 дБ(Вт/м^2) в 1 МГц	–133 дБ(Вт/м^2) в 1 МГц	–146 дБ(Вт/м^2) в 1 МГц
	D (м)	D (м)	D (м)
7	1,7	3,4	15
10	2,4	4,8	22
13	3,4	6,8	30,4
16	4,8	9,6	43
19	6,8	13,6	61
22	9,6	19,2	86
25	13,6	27,1	121
28	19,2	38,3	171

2.4 Помехи от НГСО спутников радиоастрономическим приемникам в полосе 15,35–15,4 ГГц

В Рекомендации МСЭ-R RA.769 указаны пороговые уровни вредных помех радиоастрономической службе, работающей на первичной основе в полосе 15,35–15,4 ГГц. Это следующие уровни –156 дБ(Вт/м^2) в 1 МГц и –233 дБ(Вт/м^2) в 1 Гц на поверхности Земли. Экстраполировав значение предела в 1 Гц до значения в 1 МГц, получим величину –173 дБ(Вт/м^2) в 1 МГц. Значение –127 дБ(Вт/м^2) в 1 МГц относится к углам прихода до углов порядка 20° и

возрастает до –111 дБ(Вт/м^2) в 1 МГц для углов выше примерно 30° в полосе 15,43–15,63 ГГц. При этом требуется развязка около 46 дБ на частоте 15,4 ГГц, которая возрастает до 62 дБ при углах выше 30°. Величина 62 дБ может быть достигнута с использованием 6-полюсного фильтра (неравномерность 0,1 дБ) на 30 МГц с полосой пропускания 50 МГц. Эксплуатация линий космос-Земля на частотах, очень близких к частоте 15,4 ГГц, представляется невозможным. Однако, если полоса 15,4–15,43 ГГц не используется для фидерных линий, можно обеспечить наличие защитной полосы шириной 30 МГц, в которой для защиты радиоастрономической службы, работающей в полосе 15,35–15,4 ГГц, можно использовать полосовые фильтры и другие средства.

Уровни внеполосных излучений фидерных линий должны учитывать потребности радиоастрономической службы, работающей в полосе 15,35–15,4 ГГц.

3 Резюме

Пределы п.п.м., указанные в разделе 2.2, являются необходимыми для защиты воздушной радионавигационной службы от помех, создаваемых фидерными линиями, работающими в направлении космос-Земля в полосе частот 15,4–15,7 ГГц.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

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

1 Характеристики системы воздушной радионавигации

Известны несколько систем, предназначенных для работы в этой полосе. Они включают в себя ALS и MPR. Характеристики и анализ, необходимые для определения координационных пороговых расстояний, приведены в последующих разделах.

2 Координационные расстояния

2.1 Анализ

Координационное расстояние, D_c, необходимое для обеспечения того, чтобы не возникали возможные недопустимые помехи, создаваемые станциям воздушной радионавигации работе земных станций фидерных линий ПСС, можно вычислить так, как это будет показано в последующих параграфах:

$$D_c = D_{fsl} + D_{oth} + D_{as} \quad \text{км}, \tag{3}$$

где:

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

D_{oth}: расстояние за горизонтом, соответствующее необходимым потерям при распространении за горизонтом (км)

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

$$D_{fsl} = (2r\,h_1)^{0,5} + (2r\,h_2)^{0,5} \quad \text{км}, \tag{4}$$

где:

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

h_1: высота станции ВРНС (км)

h_2: высота земной станции фидерной линии (км)

$$L_{oth} = E_{eff}/\text{МГц} + 168,6 - L_{fsl} + G\,(\varphi) - 10\log T - I/N \quad \text{дБ}, \tag{5}$$

где:

L_{oth}: потери за счет распространения за горизонт, добавленные к величине L_{fsl} (дБ) (эта функция показана далее и на рисунке 2, полученном из 5%-х функций для 15 ГГц, приведенных в Рекомендации МСЭ-R P.528; т. е. для потерь, превышаемых в течение 95% времени)

E_{ef}/МГц: максимальная эффективная плотность э.и.и.м., создаваемая станцией ВРНС в направлении горизонта (см. Приложение 2 Рекомендации МСЭ-R S.1340)

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

$G(\varphi)$: усиление антенны фидерной линии как функция угла φ над горизонтом (дБи)

T: шумовая температура земной станции (K)

I/N: допустимое отношение помеха/шум для земной станции фидерной линии (дБ).

Значения D_{oth} для некоторых значений L_{oth} определяются из следующей таблицы 2:

ТАБЛИЦА 2

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 2, определяются в результате интерполяции:

$$D_{oth} = D_{ith} + 25 \left[(L_{oth} - L_{ith}) / (L_{jth} - L_{ith}) \right] \quad \text{км}, \tag{6}$$

где:

L_{ith}: ближайшее меньшее значение L_{oth} в таблице, относительно L_{oth}, определенного из уравнения (5)

L_{jth}: ближайшее значение L_{oth} в таблице, относительно L_{oth}, определенного из уравнения (5)

2.2 Вычисленные координационные расстояния

Для определения координационных расстояний используются параметры, показанные в таблице 3.

Если горизонтальная плоскость совпадает с боковыми лепестками антенны земной станции, то:

$$L_{oth}\ (\text{дБ}) = 87{,}2 - 25 \log \varphi \qquad \text{для ALS} \tag{7}$$

$$L_{oth}\ (\text{дБ}) = 75{,}0 - 25 \log \varphi \qquad \text{для MBR.}$$

Огибающая боковых лепестков диаграммы направленности считается равной 29 – 25 log φ (дБи), где φ выражается в градусах.

Результаты, полученные при использовании уравнения (7) для определения L_{oth}, при расчете соответствующих расстояний из уравнений (6) и (3), показаны в таблице 4 для ALS и MPR. Расстояния для RSMS лежат в пределах расстояния прямой видимости.

ТАБЛИЦА 3

Параметр	ALS	MBR	RSMS
h_1 (км)	0,01	15	1,5
h_2 (км)	0,01	0,01	0,01
D_{fsl} (км)	26	518	25(1)
D_{as} (км)	0	0	40
L_{fsl} (дБ)	145	171	Неприменимо
10 log T (дБ(K))	24	24	24
I/N (дБ)	–10	–10	–10
E_{eff}/МГц (дБВт)	48,2	62	–13,1
L_{oth} (дБ)	69,7	57,4	0
D_{oth} (км)	129	77	0
D_c (км)	155	595	65

(1) Эти результаты получены для распространения в свободном пространстве и для угла прихода луча на земную станцию = 3,2°.

ТАБЛИЦА 4

Угол места φ (градусы)	Координационные расстояния (км)		
	ALS	MPR	RSMS
5	155	595	65
10	120	578	54
15	104	569	47
20	96	565	
25	91	562	
30	87	560	

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.

3 Факторы снижения уровня помех, позволяющие уменьшить расстояние разноса в пределах координационного порогового расстояния

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

– Как правило, ширина луча антенны земной станции фидерной линии не превышает 1°, и эта антенна работает при углах места более 5°. Следовательно, может быть достигнута значительная развязка антенны земной станции относительно мешающих сигналов, создаваемых наземными станциями.

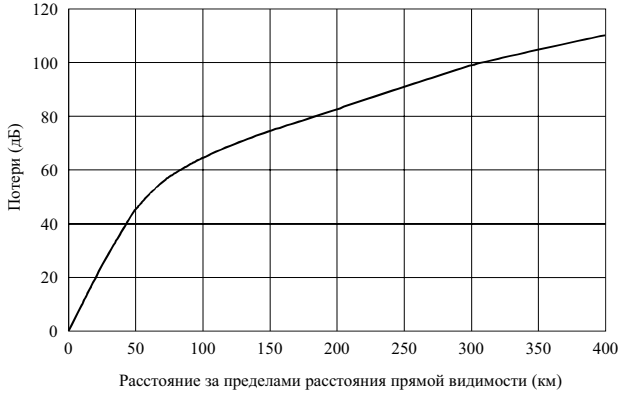
– Наземные станции воздушной радионавигации могут обеспечить дополнительную развязку антенны, зависящую от их эксплуатации. Это, в частности, верно для ALS, где в пределы сканирования по горизонтали не попадают азимуты на земные станции (см. Приложение 1).

– Использование искусственно сооружаемых насыпей, специально созданных вокруг антенн(ы) земной станции фидерной линии для обеспечения дополнительной развязки приемной системы земной станции фидерной линии.

– При выборе места расположения земной станции фидерной линии необходимо учитывать естественные препятствия рельефа местности, которые способны повысить потери на пути распространения.

РИСУНОК 2

Потери, добавленные к потерям в свободном пространстве на расстоянии прямой видимости



4 Резюме

– В данном Приложении представлен метод определения координационных расстояний, необходимых для защиты земных станций фидерных линий от помех, создаваемых станциями воздушной радионавигации в полосе 15,4–15,7 ГГц.

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

– При ограничении угла места значением 5°, при котором только боковые лепестки антенны земной станции фидерной линии направлены к горизонту, для ALS является приемлемым координационное расстояние, измеренное от посадочной поверхности, равное примерно 150 км, а для RSMS – 60 км.

– Радары MPR могут работать без координации на расстояниях более 600 км от земной станции фидерной линии (например, над морскими поверхностями).

РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R S.1428-1

Эталонные диаграммы направленности земных станций ФСС для использования в процессе оценки помех в ситуациях с негеостационарными спутниками в полосах частот между 10,7 ГГц и 30 ГГц

(Вопрос МСЭ-R 42/4)

(2000-2001)

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

a) что для антенн земных станций ФСС в Рекомендации МСЭ-R S.465 должны определяться эталонные диаграммы направленности, представляющие собой огибающую пиковых уровней боковых лепестков;

b) что эталонные диаграммы антенн в виде огибающих пиковых уровней требуются для расчета помех в ситуации, когда рассматривается неподвижный приемник и один неподвижный источник помех для обеспечения учета наихудшего случая, и что такие условия работы ФСС доминировали в прошлом;

c) что в условиях, когда имеются множество источников помех или приемников, положение которых значительно меняется во времени, уровень принимаемых помех неизбежно зависит от провалов и пиков диаграммы направленности установки, испытывающей помехи, и источника помех, соответственно, а также, что такие ситуации в ФСС встречаются все чаще и чаще;

d) что для земных станций ФСС необходима подходящая эталонная диаграмма направленности для использования в вычислениях помех от подвижных источников или помех подвижным приемникам;

e) что для упрощения ее использования в компьютерном моделировании помех эталонная диаграмма должна охватывать все внеосевые углы от 0° до ±180° во всех плоскостях, через которые проходят основные оси;

f) что эталонная диаграмма должна соответствовать как теории антенн, так и результатам измерений в возможно более широком диапазоне антенн земных станций ФСС;

g) что может оказаться целесообразным определение различных диаграмм для различных диапазонов значений D/λ и для различных полос частот ФСС;

h) что с целью определения показателей качества антенны приемлемы эталонные диаграммы в виде огибающих пиковых уровней, представленные в Рекомендации МСЭ-R S.580;

j) что применение эталонной диаграммы должно привести к уровням помех, которые будут соответствовать уровням, принимаемым антеннами с диаграммами, основанными на Рекомендациях МСЭ-R,

рекомендует,

1 чтобы для расчетов, в которых рассматриваются подвижные источники или приемники помех в ФСС, использовалась следующая эталонная диаграмма направленности земной станции:

Для $20 \le \frac{D}{\lambda} \le 25$:

$G(\varphi) = G_{max} - 2{,}5 \times 10^{-3} \left(\frac{D}{\lambda} \varphi \right)^2$ дБи для $0 < \varphi < \varphi_m$

$G(\varphi) = G_1$ для $\varphi_m \le \varphi < \left(95 \frac{\lambda}{D} \right)$

$G(\varphi) = 29 - 25 \log \varphi$ дБи для $95 \frac{\lambda}{D} \le \varphi < 33{,}1°$

$G(\varphi) = -9$ дБи для $33{,}1° < \varphi \le 80°$

$G(\varphi) = -5$ дБи для $80° < \varphi \le 180°$.

Для $25 < \frac{D}{\lambda} \le 100$:

$G(\varphi) = G_{max} - 2{,}5 \times 10^{-3} \left(\frac{D}{\lambda} \varphi \right)^2$ дБи для $0 < \varphi < \varphi_m$

$G(\varphi) = G_1$ для $\varphi_m \le \varphi < \left(95 \frac{\lambda}{D} \right)$

$G(\varphi) = 29 - 25 \log \varphi$ дБи для $95 \frac{\lambda}{D} \le \varphi \le 33{,}1°$

$G(\varphi) = -9$ дБи для $33{,}1° < \varphi \le 80°$

$G(\varphi) = -4$ дБи для $80° < \varphi \le 120°$

$G(\varphi) = -9$ дБи для $120° < \varphi \le 180°$,

где:

D: диаметр антенны

λ: длина волны, выраженная в тех же единицах*

φ: внеосевой угол антенны (градусы)

$G_{max} = 20 \log \left(\frac{D}{\lambda} \right) + 7{,}7$ дБи

$G_1 = 29 - 25 \log \left(95 \frac{\lambda}{D} \right)$

$\varphi_m = \frac{20 \lambda}{D} \sqrt{G_{max} - G_1}$ градусы.

* D – эквивалентный диаметр для несимметричных антенн.

Для $\frac{D}{\lambda} > 100$:

$G(\varphi) = G_{max} - 2{,}5 \times 10^{-3} \left(\frac{D}{\lambda}\varphi\right)^2$ дБи для $0 < \varphi < \varphi_m$

$G(\varphi) = G_1$ для $\varphi_m \le \varphi < \varphi_r$

$G(\varphi) = 29 - 25 \log \varphi$ дБи для $\varphi_r \le \varphi < 10°$

$G(\varphi) = 34 - 30 \log \varphi$ дБи для $10° \le \varphi < 34{,}1°$

$G(\varphi) = -12$ дБи для $34{,}1° \le \varphi < 80°$

$G(\varphi) = -7$ дБи для $80° \le \varphi < 120°$

$G(\varphi) = -12$ дБи для $120° \le \varphi \le 180°$,

где:

$G_{max} = 20 \log \left(\frac{D}{\lambda}\right) + 8{,}4$ дБи

$G_1 = -1 + 15 \log \frac{D}{\lambda}$ дБи

$\varphi_m = \frac{20\,\lambda}{D}\sqrt{G_{max} - G_1}$ градусы

$\varphi_r = 15{,}85 \left(\frac{D}{\lambda}\right)^{-0{,}6}$ градусы.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – При вычислениях или компьютерном моделировании суммарной мощности на выходе антенны, обусловленной воздействием нескольких источников помех с различной поляризацией, следует предположить, что вклад от кроссполяризованных компонентов при внеосевых углах до 30°, а в зонах приема по боковым лепесткам при углах до 120°, пренебрежимо мал. За пределами этих угловых зон, даже несмотря на то, что избирательность по поляризации у параболической антенны очень мала, в расчетах помех НГСО/ГСО вкладом от кроссполяризованных компонентов можно пренебречь.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Настоящая Рекомендация основана на исследованиях ряда параболических антенн. Требуются дальнейшие исследования применимости рекомендованных здесь эталонных диаграмм направленности к плоским антенным решеткам.

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – В будущем, когда будут получены данные измерений характеристик антенн в диапазоне 20/30 ГГц, может потребоваться пересмотр настоящей Рекомендации.

ПРИМЕЧАНИЕ 4. – В рамках настоящей Рекомендации использование термина "подвижный" (moving) в применении к земной станции ФСС означает земную станцию слежения в ФСС, а не подвижную земную станцию.

РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R ВО.1443-2

Эталонные диаграммы направленности антенн земных станций РСС для использования с целью оценки помех, вызываемых спутниками НГСО в полосах частот, охватываемых Приложением 30 к РР*

(Вопрос МСЭ-R 73/6)

(2000-2002-2006)

Сфера применения

Целью настоящей Рекомендации является предоставление трехмерных эталонных диаграмм направленности антенн земных станций для радиовещательной спутниковой службы (РСС), которые могут быть использованы для расчета помех, создаваемых НГСО спутниками ФСС антеннам земных станций РСС.

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

a) что для антенн земных станций РСС были использованы эталонные диаграммы направленности приемных антенн ГСО РСС, указанные в Дополнении 5 к Приложению 30 РР, с целью разработки Планов РСС и установления эталонной диаграммы направленности излучения, представляющей собой огибающую боковых лепестков;

b) что такие эталонные диаграммы направленности излучения необходимы для расчетов помех, задействующих фиксированные или перевозимые приемники РСС и спутники ГСО, для обеспечения надлежащей защиты Планов РСС;

c) что в условиях существования нескольких мешающих источников, положение которых значительно меняется со временем, уровень неизбежно принимаемой помехи зависит от провалов и пиков диаграмм направленности усиления затронутой антенны земной станции РСС;

d) что в отношении земных станций РСС подходящие эталонные диаграммы направленности необходимы с целью использования при оценке помех от НГСО систем ФСС;

e) что для упрощения компьютерного моделирования помехи эталонные диаграммы направленности должны охватывать все внеосевые углы от 0° до ±180° во всех плоскостях;

f) что эталонные диаграммы направленности должны соответствовать результатам измерений в широком диапазоне потребительских антенн земных станций РСС;

g) что целесообразно установить различные эталонные диаграммы направленности для различных диапазонов размеров антенн;

h) что диаграммы направленности могут иметь характеристики, которые могут быть важны при моделировании помех НГСО, например в случае небольших антенн со смещенным облучателем,

---

* Основа для диаграмм направленности, представленных в настоящей Рекомендации, включая методику анализа и нанесения на график данных, с помощью которых измеряют точность соответствия наборов данных рекомендуемой диаграмме направленности, содержится в Отчете МСЭ-R ВО.2029 – Измерения и относящийся к ним анализ диаграмм направленности земных станций радиовещательной спутниковой службы. Этот Отчет вместе с исходными данными и сравнительными таблицами, используемыми для проведения графического анализа, содержится на CD-ROM, предоставляемом МСЭ.

рекомендует,

1 чтобы для расчетов помех, создаваемых НГСО спутниками ФСС антеннам земных станций РСС, обязательно применялись эталонные диаграммы направленности излучения антенн земных станций, описанные в Приложении 1;

2 чтобы использовалась описанная в Приложении 2 методика преобразования относительного азимута и угла места обследуемого спутника НГСО в ту же самую систему координат, которая применяется для трехмерной диаграммы направленности антенны;

3 чтобы следующие примечания считались частью настоящей Рекомендации:

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Диаграмма направленности излучения с кроссполяризацией может иметь важность при расчетах помех НГСО. Вопрос требует дальнейшего изучения.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Настоящая Рекомендация основана на измерениях и анализе параболических антенн. Если будут разрабатываться или рассматриваться для использования в РСС новые антенны земных станций, то эталонные диаграммы направленности антенн, представленные в данной Рекомендации, должны быть соответствующим образом обновлены.

Приложение 1

Эталонные диаграммы направленности излучения антенн РСС

Для $11 \le D/\lambda \le 25{,}5$

$$G(\varphi) = G_{max} - 2{,}5 \times 10^{-3} \left(\frac{D\varphi}{\lambda} \right)^2 \quad \text{для} \quad 0 \le \varphi < \varphi_m$$

$$G(\varphi) = G_1 \quad \text{для} \quad \varphi_m \le \varphi < 95\lambda/D$$

$$G(\varphi) = 29 - 25 \log(\varphi) \quad \text{для} \quad 95\lambda/D \le \varphi < 36{,}3°$$

$$G(\varphi) = -10 \quad \text{для} \quad 36{,}3° \le \varphi < 50°$$

для $56{,}25° \le \theta < 123{,}75°$

$$G(\varphi) = M_1 \cdot \log(\varphi) - b_1 \quad \text{для} \quad 50° \le \varphi < 90°$$

$$G(\varphi) = M_2 \cdot \log(\varphi) - b_2 \quad \text{для} \quad 90° \le \varphi < 180°,$$

где:

$$M_1 = \frac{2 + 8 \cdot \sin(\theta)}{\log\left(\frac{90}{50}\right)} \quad \text{и} \quad b_1 = M_1 \cdot \log(50) + 10$$

где:

$$M_2 = \frac{-9 - 8 \cdot \sin(\theta)}{\log\left(\frac{180}{90}\right)} \quad \text{и} \quad b_2 = M_2 \cdot \log(180) + 17$$

для $0° \le \theta < 56{,}25°$ и $123{,}75° \le \theta < 180°$

$$G(\varphi) = M_3 \cdot \log(\varphi) - b_3 \quad \text{для} \quad 50° \le \varphi < 120°$$

$$G(\varphi) = M_4 \cdot \log(\varphi) - b_4 \quad \text{для} \quad 120° \le \varphi < 180°,$$

где:

$$M_3 = \frac{2 + 8 \cdot \sin(\theta)}{\log\left(\frac{120}{50}\right)} \quad \text{и} \quad b_3 = M_3 \cdot \log(50) + 10,$$

где:

$$M_4 = \frac{-9 - 8 \cdot \sin(\theta)}{\log\left(\frac{180}{120}\right)} \quad \text{и} \quad b_4 = M_4 \cdot \log(180) + 17$$

для $180° \le \theta < 360°$

$$G(\varphi) = M_5 \cdot \log(\varphi) - b_5 \quad \text{для} \quad 50° \le \varphi < 120°$$

$$G(\varphi) = M_6 \cdot \log(\varphi) - b_6 \quad \text{для} \quad 120° \le \varphi < 180°,$$

где:

$$M_5 = \frac{2}{\log\left(\frac{120}{50}\right)} \quad \text{и} \quad b_5 = M_5 \cdot \log(50) + 10,$$

где:

$$M_6 = \frac{-9}{\log\left(\frac{180}{120}\right)} \quad \text{и} \quad b_6 = M_6 \cdot \log(180) + 17,$$

где:

D: диаметр антенны

λ: длина волны, выраженная в тех же единицах, что и диаметр

G: усиление

φ: внеосевой угол антенны относительно осевого направления (градусы)

θ: плоский угол антенны (градусы) (азимут 0° в горизонтальной плоскости).

$$G_{max} = 20 \log\left(\frac{D}{\lambda}\right) + 8{,}1 \quad \text{дБи}$$

$$G_1 = 29 - 25 \log\left(95 \frac{\lambda}{D}\right) \quad \text{дБи}$$

$$\varphi_m = \frac{\lambda}{D} \sqrt{\frac{G_{max} - G_1}{0{,}0025}} \quad \text{градусы}$$

Для $25{,}5 < D/\lambda \le 100$

$G(\varphi) = G_{max} - 2{,}5 \times 10^{-3} (D\varphi/\lambda)^2$ дБи для $0 < \varphi < \varphi_m$

$G(\varphi) = G_1$ для $\varphi_m \le \varphi < (95\lambda/D)$

$G(\varphi) = 29 - 25 \log \varphi$ дБи для $(95\lambda/D) \le \varphi < 33{,}1°$

$G(\varphi) = -9$ дБи для $33{,}1° < \varphi \le 80°$

$G(\varphi) = -4$ дБи для $80° < \varphi \le 120°$

$G(\varphi) = -9$ дБи для $120° < \varphi \le 180°$,

где:

$G_{max} = 20 \log (D/\lambda) + 8{,}1$ дБи

$G_1 = 29 - 25 \log (95\lambda/D)$ дБи

$$\varphi_m = (\lambda/D) \sqrt{\frac{G_{max} - G_1}{0{,}0025}}$$

Для $D/\lambda > 100$

$G(\varphi) = G_{max} - 2{,}5 \times 10^{-3} (D\varphi/\lambda)^2$ дБи для $0 < \varphi < \varphi_m$

$G(\varphi) = G_1$ для $\varphi_m \le \varphi < \varphi_r$

$G(\varphi) = 29 - 25 \log \varphi$ дБи для $\varphi_r \le \varphi < 10°$

$G(\varphi) = 34 - 30 \log \varphi$ дБи для $10° \le \varphi < 34{,}1°$

$G(\varphi) = -12$ дБи для $34{,}1° \le \varphi < 80°$

$G(\varphi) = -7$ дБи для $80° \le \varphi < 120°$

$G(\varphi) = -12$ дБи для $120° \le \varphi < 180°$,

где:

$G_{max} = 20 \log (D/\lambda) + 8{,}1$ дБи

$G_1 = -1 + 15 \log (D/\lambda)$ дБи

$$\varphi_m = (\lambda/D) \sqrt{\frac{G_{max} - G_1}{0{,}0025}}$$

$\varphi_r = 15{,}85 (D/\lambda)^{-0{,}6}$ градусы.

Приложение 2

Геометрические преобразования для использования с трехмерной моделью антенны

Определение θ

θ определяется как плоский угол спутника НГСО относительно плоскости под углом ноль градусов модели антенны (соответствующей стандартной сборке смещенного облучателя, смонтированной на основании). Если смотреть с земной станции, то линия $\theta = 0$ находится справа, а θ возрастает в направлении против хода часовой стрелки.

Подход к *расчету*

На рисунке 1 показан геометрический подход к расчету плоского угла θ. Все расчеты показаны с использованием градусов, хотя обычно при расчете тригонометрических величин они должны быть преобразованы в радианы.

Входные данные

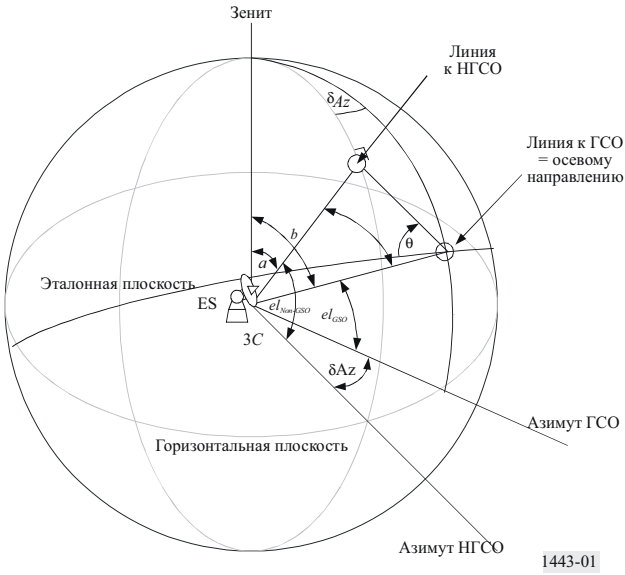
Спутник ГСО (азимут, угол места)

Спутник НГСО (азимут, угол места)

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Необходима разница в азимуте, поэтому если она известна, реальные азимуты не потребуются.

В следующем разделе показано, каким образом рассчитываются эти параметры исходя из векторов каждой станции.

РИСУНОК 1



Из рис. 1:

$$a = 90 - el_{non-GSO}$$

$$b = 90 - el_{GSO}$$

$$\delta Az = Az_{non-GSO} - Az_{GSO}$$

Значение δAz должно быть установлено в диапазоне {–180 – +180}

Затем может быть рассчитан внеосевой угол φ (топоцентрический угол разноса между спутниками) с использованием формулы из сферической геометрии:

$$\cos(c) = \cos(a)\cos(b) + \sin(a)\sin(b)\cos(C),$$

где $C = \delta Az$ и $c = \varphi$.

Та же самая формула может быть использована для определения угла B:

$$\cos(B) = \frac{\cos(b) - \cos(c)\cos(a)}{\sin(c)\sin(a)},$$

из которой может быть получен плоский угол θ:

если ($\delta Az > 0$ и $B < 90$) $\theta = 90 - B$

если ($\delta Az > 0$ и $B > 90$) $\theta = 450 - B$

если ($\delta Az < 0$) $\theta = 90 + B$

В случае, если оба спутника имеют одинаковый азимут, т. е. $\delta Az = 0$,

$$\varphi = \left| el_{GSO} - el_{non-GSO} \right|$$

если $el_{GSO} > el_{non-GSO}$ $\theta = 270$

или $\theta = 90$

Примерные данные

Для следующих положений:

Станция	Широта (градусы)	Долгота (градусы)	Высота (км)
Земная станция	10	20	0
Спутник ГСО	0	30	35 786,055
Спутник НГСО	0	–5	1 469,200

Затем для земной станции могут быть рассчитаны следующие азимуты/углы места (по отношению к земной станции относительно горизонта и направлению на север):

Станция	Азимут (градусы)	Угол места (градусы)
Спутник ГСО	134,5615	73,4200
Спутник НГСО	–110,4248	10,0300

Следовательно, внеосевые и плоские углы равны:

Станция	φ (внеосевой) (градусы)	θ (плоский) (градусы)
Спутник НГСО	87,2425	26,69746

Расчет азимута и угла места

Следующее может быть использовано для расчета азимута и угла места исходя из задействованных векторов.

Заданы:

Радиус-вектор земной станции: $\underline{r}_G$

Радиус-вектор спутника ГСО: $\underline{r}_S$

Радиус-вектор спутника НГСО: $\underline{r}_N$

Затем строят:

Вектор от земной станции на ГСО $\underline{r}_{GS} = \underline{r}_S - \underline{r}_G$

Вектор от земной станции на НГСО $\underline{r}_{GN} = \underline{r}_N - \underline{r}_G$

Единичный вектор радиус-вектора земной станции $\hat{\underline{r}}_G$

Тогда углы места:

$$el_S = 90 - \angle(\underline{r}_{GS}, \underline{r}_G)$$

$$el_N = 90 - \angle(\underline{r}_{GN}, \underline{r}_G).$$

Для расчета разницы в азимуте преобразуют вектора, направленные от каждой земной станции к ГСО/НГСО, с тем чтобы они оказались в горизонтальной плоскости, перпендикулярной вектору зенита, т. е.

$$\underline{r'}_{GS} = \underline{r}_{GS} - (\hat{\underline{r}}_G \cdot \underline{r}_{GS})\hat{\underline{r}}_G$$

$$\underline{r'}_{GN} = \underline{r}_{GN} - (\hat{\underline{r}}_G \cdot \underline{r}_{GN})\hat{\underline{r}}_G.$$

Тогда:

$$\delta Az = \angle(\underline{r'_{GS}}, \underline{r'_{GN}}).$$

Знак δAz будет тем же, что и знак разницы в долготе двух спутников.

_____

РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R М.1583*

Расчет помех между негеостационарными системами подвижной спутниковой или радионавигационной спутниковой служб и местами расположения радиоастрономических телескопов

(2002)

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

a) что в некоторых случаях радиоастрономическая служба и космические службы (космос-Земля) располагаются в соседних или близлежащих полосах частот;

b) что радиоастрономическая служба основана на приеме излучений с уровнями мощности гораздо ниже тех, которые, в основном, используются в других радиослужбах;

c) что вследствие этих низких уровней принимаемой мощности, радиоастрономическая служба, в основном, более восприимчива к помехам от нежелательных излучений, чем другие службы;

d) что в некоторых примечаниях к Регламенту радиосвязи (РР) (например, пп. 5.149, 5.340, 5.372 и 5.443B) обращается внимание на защиту радиоастрономической службы, в частности, от бортовых передатчиков;

e) что вследствие характеристик негеостационарных (НГСО) спутниковых систем, и, в частности, из-за изменяющегося во времени характера помех, уровень помехи радиотелескопам от таких спутников нельзя оценить таким же способом, как в случае спутников ГСО,

рекомендует,

1 чтобы администрации осуществляли расчет уровней нежелательных излучений, создаваемых системами НГСО радионавигационной спутниковой службы (РНСС) или подвижной спутниковой службы (ПСС) в местах расположения радиоастрономических станций, на основе методики, описанной в Приложении 1;

2 чтобы при выполнении этих расчетов для построения моделей радиоастрономических антенн использовалась диаграмма направленности антенны, описанная в Приложении 2;

3 чтобы процент времени, в течение которого превышается пороговый уровень эквивалентной плотности потока мощности (э.п.п.м.) (определенный исходя из предположения об усилении приемной антенны 0 дБи в направлении помехи и при данном времени интеграции), также определялся в соответствии с методикой, описанной в Приложении 3.

---

* Настоящая Рекомендация должна быть доведена до сведения 7-й Исследовательской комиссии по радиосвязи.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Расчет уровней нежелательных излучений, создаваемых системой НГСО РНСС или МСС в местах расположения радиоастрономических станций

Описанная в настоящем Приложении методика на основе метода "эквивалентной плотности потока мощности" (э.п.п.м.), определенного в п. 22.5С РР, предназначена для использования при расчете уровней плотности потока мощности (п.п.м.), создаваемой на входе радиотелескопа нежелательными излучениями спутниковой системы НГСО, и учитывает характеристики спутниковой системы и антенны радиотелескопа. Значение э.п.п.м. является суммой составляющих, создаваемых всеми излучениями от спутников, которая выражается в виде п.п.м. одного эквивалентного источника, расположенного в направлении прицеливания (пиковый уровень главного луча) радиотелескопа.

1 Требуемые параметры

Вследствие определенных характеристик спутниковых систем НГСО очевидно, что уровень помехи радиотелескопу от таких спутников нельзя оценить таким же способом, как в случае спутников ГСО. Необходим статистический метод, который учитывает динамический фактор спутников НГСО.

Оценка помех, создаваемых этими спутниками радиотелескопу за время интеграции (2000 с), должна проводиться на основе статистических расчетов и должна учитывать параметры спутников и радиотелескопа.

Параметры спутниковой системы НГСО:

– число спутников, видимых на небесной сфере радиоастрономической станции;

– п.п.м., излучаемой каждым спутником, на входе радиотелескопа в рассматриваемой полосе радиоастрономической службы, которая оценивается с использованием маски дБсп или дБн;

– расстояния между спутниками и радиоастрономической станцией;

– подробные орбитальные характеристики спутников.

Параметры радиотелескопа:

– расположение антенны;

– диаграмма направленности антенны и усиление антенны;

– практический диапазон направлений наведения;

– направление прицеливания;

– внеосевые углы между направлением прицеливания антенны радиоастрономической станции и направлениями на передающие спутники;

– время интеграции (2000 с).

2 Расчет э.п.п.м. в местах расположения радиоастрономических станций

Усиление приемной антенны радиотелескопа в направлении спутника НГСО (в отличие от ГСО) изменяется во времени главным образом из-за движения спутника и слабой угловой структуры бокового лепестка диаграммы направленности радиотелескопа. В одно время усиление телескопа

в направлении спутника будет гораздо больше 0 дБи, а в другое время будет гораздо меньше. Кроме того, в случае многих спутников системы НГСО, все их составляющие должны быть включены и надлежащим образом учтены.

Это возможно с использованием метода э.п.п.м., который первоначально предназначался для оценки условий возможного совместного использования частот системами ГСО и НГСО. В разделе, ниже, этот метод распространяется на случай радиоастрономической станции, испытывающей помехи от спутников НГСО. Определение основывается на п. 22.5C РР, принятом Всемирной конференцией радиосвязи (Стамбул, 2000 г.) (ВКР-2000).

2.1 Определение э.п.п.м.

Если антенна принимает мощность в пределах ее эталонной ширины полосы одновременно от передающих станций на различных расстояниях, в различных направлениях и с различными уровнями падающей п.п.м., то э.п.п.м. – это п.п.м., которая при получении от одного передатчика в дальней зоне антенны в направлении максимального усиления создаст такую же мощность на входе приемника, как и фактически получаемую от всех различных передатчиков.

Мгновенная э.п.п.м. вычисляется по следующей формуле:

$$epfd = 10 \log_{10} \left[\sum_{i=1}^{N_a} 10^{\frac{P_i}{10}} \cdot \frac{G_t(\theta_i)}{4\pi d_i^2} \cdot \frac{G_r(\varphi_i)}{G_{r,max}} \right], \quad (1)$$

где:

N_a: число космических станций системы НГСО, видимых с радиотелескопа;

i: индекс рассматриваемой космической станции системы НГСО;

P_i: РЧ мощность нежелательного излучения рассматриваемой передающей космической станции системы НГСО (дБВт) в эталонной ширине полосы на входе антенны (РЧ излучаемая мощность в случае активной антенны);

θ_i: внеосевой угол (в градусах) между направлением прицеливания рассматриваемой передающей космической станции системы НГСО и направлением на радиотелескоп;

$G_t(\theta_i)$: усиление передающей антенны (как отношение) рассматриваемой космической станции системы НГСО в направлении на радиотелескоп;

d_i: расстояние (в метрах) между рассматриваемой передающей станцией системы НГСО и радиотелескопом;

φ_i: внеосевой угол (в градусах) между направлением наведения радиотелескопа и направлением на рассматриваемую передающую космическую станцию системы НГСО;

$G_r(\varphi_i)$: усиление приемной антенны (как отношение) радиотелескопа в направлении на рассматриваемую передающую космическую станцию системы НГСО;

$G_{r,max}$: максимальное усиление (как отношение) радиотелескопа;

epfd: мгновенное значение плотности потока мощности (дБ(Вт/м^2)) в эталонной ширине полосы на входе радиотелескопа.

При расчете э.п.п.м. в уравнении (1) предполагается, что направление п.п.м. от всех источников помех совпадает с направлением прицеливания приемной антенны, при котором усиление антенны максимально. Однако критерии защиты радиоастрономической службы основаны на контуре 0 дБи радиоастрономической антенны. Используя метод из уравнения (1), можно определить п.п.м. от всех источников помех в направлении усиления приемной антенны 0 дБи следующим образом:

$$epfd_{G_r=0\ \text{дБи}} = 10\log_{10}\left[\sum_{i=1}^{N_a} 10^{\frac{P_i}{10}} \cdot \frac{G_t(\theta_i)}{4\pi d_i^2} \cdot G_r(\varphi_i)\right]. \quad (2)$$

Получающиеся из уравнения (2) значения $epfd_{G_r=0\ \text{дБи}}$, усредненные за время интеграции 2000 с,

можно сравнить с уровнями п.п.м. (определенными исходя из предположения об усилении приемной антенны 0 дБи в направлении помехи и при данном времени интеграции).

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Предполагается, что каждый передатчик расположен в дальней зоне радиотелескопа (т. е. на расстоянии более $2D^2/\lambda$, где D – эффективный диаметр радиотелескопа, а λ – наблюдаемая длина волны). Несмотря на то что это требование не всегда может быть удовлетворено, данная аппроксимация считается достаточной.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Для некоторых телескопов направление максимального усиления (направление прицеливания) может не всегда совпадать с геометрической осью радиотелескопа.

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – В случае активных антенн в качестве P_i следует брать излучаемую РЧ мощность, а не мощность на входе антенны.

ПРИМЕЧАНИЕ 4. – Усиление антенны передающей станции, $G_t(\theta_i)$ берется на частоте, принадлежащей рассматриваемой полосе частот радиоастрономической службы. Это усиление может отличаться от усиления на частотах, предназначенных для передач.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Модель диаграммы направленности антенны радиотелескопа

Диаграммы направленности антенн, как та, которая описана в Рекомендации МСЭ-R SA.509, не подходят для использования в изменяющейся обстановке. В таких условиях применяется модель для антенн фиксированной спутниковой службы, описанная в Рекомендации МСЭ-R S.1428. Необходима дальнейшая работа по определению диаграмм направленности антенн радиоастрономических станций. Между тем, в отсутствие измеренных диаграмм направленности, типовыми для антенн радиоастрономических станций, включая области главных и боковых лепестков, могут считаться диаграммы направленности, приведенные в Рекомендации МСЭ-R S.1428. Приведенный ниже

пример взят из Рекомендации МСЭ-R S.1428 для диаграммы направленности рефлекторных антенн, диаметр которых превышает 100 λ:

$$G(\varphi) = G_{max} - 2{,}5 \times 10^{-3} (D\,\varphi/\lambda)^2 \quad \text{дБи} \quad \text{для} \quad 0° \le \varphi < \varphi_m$$

$$G(\varphi) = G_1 \quad \text{дБи} \quad \text{для} \quad \varphi_m \le \varphi < \varphi_r$$

$$G(\varphi) = 29 - 25 \log \varphi \quad \text{дБи} \quad \text{для} \quad \varphi_r \le \varphi < 10°$$

$$G(\varphi) = 34 - 30 \log \varphi \quad \text{дБи} \quad \text{для} \quad 10° \le \varphi < 34{,}1°$$

$$G(\varphi) = -12 \quad \text{дБи} \quad \text{для} \quad 34{,}1° \le \varphi < 80°$$

$$G(\varphi) = -7 \quad \text{дБи} \quad \text{для} \quad 80° \le \varphi < 120°$$

$$G(\varphi) = -12 \quad \text{дБи} \quad \text{для} \quad 120° \le \varphi \le 180°,$$

где:

$$G_{max} = 20 \log (D/\lambda) + 8{,}4 \quad \text{дБи}$$

$$G_1 = -1 + 15 \log (D/\lambda) \quad \text{дБи}$$

$$\varphi_m = 20\,(\lambda/D)\,\sqrt{(G_{max} - G_1)} \quad \text{градусов}$$

$$\varphi_r = 15{,}85\,(D/\lambda)^{-0{,}6} \quad \text{градусов.}$$

С другой стороны, ниже приводится, вероятно, более точное представление диаграммы направленности в пределах одного градуса, которое может использоваться для этой части диаграммы направленности антенны.

1 Модель главного луча

Реалистичный подход заключается в использовании следующей модели для главного луча круговой антенны (см. Примечание 1):

$$G_r(\varphi) = G_{r,max} \cdot \left[\frac{J_1(2\pi x)}{\pi x}\right]^2, \tag{3}$$

где:

$G_{r,max} = \left[\dfrac{4\pi A_{eff}}{\lambda^2}\right]$ – максимальное усиление (выраженное в виде отношения),

где:

$A_{eff} = \pi(D/2)^2$: площадь апертуры антенны телескопа (м^2)

D: эффективный диаметр антенны телескопа (м)

λ: длина волны (м)

$x = \dfrac{\pi \cdot D \cdot \varphi}{360 \cdot \lambda}$, где φ – угол относительно направления прицеливания (градусы)

и

$J_1(x)$: функция Бесселя 1-го порядка.

Первый нуль диаграммы направленности антенны:

$\varphi_0 = 69{,}88/(D/\lambda)$ градусов от направления прицеливания

Например, если $D = 100$ м и $\lambda = 3$ см, то $G_{r,max} = 1{,}09 \times 10^8$ (соответствует значению +80,4 дБи), и:

$\varphi_0 = 0{,}0209$ градусов

Данная модель главного луча соответствует идеальному случаю, при котором эффективность апертуры равна 100%.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Уравнения (3) и (4) выражены в виде отношений.

2 Модель ближних боковых лепестков в интервале до 1° от направления прицеливания

Для ближайших боковых лепестков в интервале $\varphi_0 \le \varphi \le 1°$ предлагается следующая модель (см. Примечание 1):

$$G_r(\varphi) = B \cdot \left[\frac{\cos(2\pi x - 3\pi/4 + 0{,}0953)}{\pi x} \right]^2, \qquad (4)$$

где:

$x = \dfrac{\pi \cdot D \cdot \varphi}{360 \cdot \lambda}$, где φ – угол относительно направления прицеливания в градусах

D: эффективный диаметр антенны радиотелескопа

λ: рабочая длина волны

$B = 10^{3{,}2}\, \pi^2\, ((\pi D/2)/(180 \cdot \lambda))^2$.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Уравнения (3) и (4) выражены в виде отношений.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Распределение уровней э.п.п.м.

В настоящем Приложении описывается способ получения статистических данных об э.п.п.м. по всей небесной сфере.

1 Разделение небесной сферы на ячейки с приблизительно равными пространственными углами

Первый шаг данного метода заключается в разделении небесной сферы на M колец, параллельных горизонту и равномерно распределенных с точки зрения угла места от 0° до 90°. Ширина каждого кольца равна $90/M°$. Следующий шаг состоит в делении этих колец на ячейки, ширина азимута

которых выбирается таким образом, чтобы получить целое число ячеек в кольце, и приблизительно равна:

$$\frac{90/M}{\cos(elevation)} \quad \text{градусов.}$$

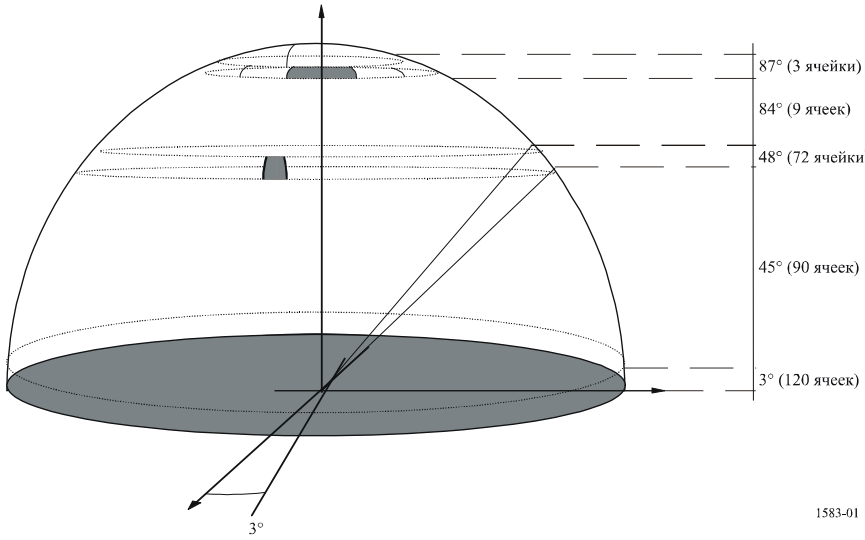
На рисунке 1 приводится пример разделения с использованием ширины шага угла места 3°, при котором небесная сфера делится на 30 колец с углом места 3°. Тогда ширина азимута приблизительно равна:

$$\frac{90/30}{\cos(elevation)} \quad \text{градусов.}$$

Угол места является средним значением угла места в данном кольце.

РИСУНОК 1

Пример разделения небесной сферы на ячейки с пространственным углом приблизительно 9 квадратных градусов



При этом небесная сфера будет разделена на 2334 ячейки с пространственным углом приблизительно 9 квадратных градусов каждый. В таблице 1 представлен ряд ячеек каждого кольца в соответствии с данным примером.

ТАБЛИЦА 1

Пример разделения небесной сферы на квадратные ячейки с пространственным углом около 9 квадратных градусов

Нижний угол места кольца (градусы)	Пространственный угол кольца (квадратные градусы)	Накопленный пространственный угол (квадратные градусы)	Шаг азимута (градусы)	Число ячеек в кольце	Пространственный угол ячейки (квадратные градусы)	Накопленное число ячеек	Процентная доля пространственного угла (%)	Накопленный пространственный угол (%)
0	1 079,51	1 079,51	3	120	9,00	120	5,23	5,23
3	1 076,55	2 156,05	3	120	8,97	240	5,22	10,45
6	1 070,64	3 226,69	3	120	8,92	360	5,19	15,64
9	1 061,79	4 288,49	3	120	8,85	480	5,15	20,79
12	1 050,04	5 338,53	3	120	8,75	600	5,09	25,88
15	1 035,41	6 373,93	3	120	8,63	720	5,02	30,90
18	1 017,94	7 391,87	3	120	8,48	840	4,94	35,84
21	997,68	8 389,55	3	120	8,31	960	4,84	40,67
24	974,68	9 364,23	3	120	8,12	1 080	4,73	45,40
27	949,01	10 313,24	3	120	7,91	1 200	4,60	50,00
30	920,75	11 233,99	4	90	10,23	1 290	4,46	54,46
33	889,95	12 123,94	4	90	9,89	1 380	4,31	58,78
36	856,72	12 980,66	4	90	9,52	1 470	4,15	62,93
39	821,14	13 801,81	4	90	9,12	1 560	3,98	66,91
42	783,31	14 585,12	4	90	8,70	1 650	3,80	70,71
45	743,34	15 328,46	4	90	8,26	1 740	3,60	74,31
48	701,32	16 029,79	5	72	9,74	1 812	3,40	77,71
51	657,39	16 687,17	5	72	9,13	1 884	3,19	80,90
54	611,65	17 298,82	5	72	8,50	1 956	2,97	83,87
57	564,23	17 863,06	6	60	9,40	2 016	2,74	86,60
60	515,27	18 378,33	6	60	8,59	2 076	2,50	89,10
63	464,90	18 843,23	6	60	7,75	2 136	2,25	91,35
66	413,25	19 256,48	8	45	9,18	2 181	2,00	93,36
69	360,47	19 616,95	9	40	9,01	2 221	1,75	95,11
72	306,70	19 923,65	10	36	8,52	2 257	1,49	96,59
75	252,09	20 175,74	12	30	8,40	2 287	1,22	97,81
78	196,79	20 372,53	18	20	9,84	2 307	0,95	98,77
81	140,95	20 513,49	24	15	9,40	2 322	0,68	99,45
84	84,73	20 598,21	40	9	9,41	2 331	0,41	99,86
87	28,27	20 626,48	120	3	9,42	2 334	0,14	100,00

2 Распределение э.п.п.м. для ячейки

Вначале осуществляется случайный выбор направления наведения антенны станции радиоастрономической службы, которое будет лежать в пределах конкретной ячейки небесной сферы, определенной в п. 1. Затем случайным образом выбирается время начала передачи группировки. Далее для каждой временной выборки оценивается э.п.п.м. за время интеграции 2000 с. И затем рассчитывается средняя э.п.п.м., соответствующая данному испытанию, при выбранном направлении наведения и времени начала передачи группировки.

Данная операция повторяется для получения статистического распределения э.п.п.м. в рассматриваемой ячейке. В этом методе используется ряд испытаний, в каждом из которых рассчитывается усредненный уровень э.п.п.м. за интервал времени интеграции 2000 с. Чем больше число испытаний, тем более точным будет данное распределение. Для получения требуемого уровня значимости результатов необходимо достаточное число испытаний. В частности, число испытаний, помноженное на время интеграции 2000 с, должно быть значительно выше периода передачи группировки. Также необходимо обеспечить достаточную статистическую выборку за весь период передачи группировки. Как только обнаружится, что в этом распределении больше не происходит никаких существенных изменений, можно сделать вывод, что выполнено достаточное число испытаний. Такая проверка может выполняться либо автоматически, как составная часть процедуры моделирования, либо вручную, путем приостановки процедуры моделирования через равные промежутки времени.

3 Распределение э.п.п.м. для наихудших случаев направлений наведения (применяется, если уровни п.п.м. со спутников постоянны для данного угла места антенны радиоастрономической службы)

Оценку распределений э.п.п.м. в ячейках небесной сферы можно упростить, если сначала вычислить распределение э.п.п.м. по направлениям наведения, соответствующим направлениям наихудшего случая. К таким направлениям можно отнести направления наведения, при которых будет наибольшая вероятность видимости спутников. Эти направления наведения можно определить по методу, приведенному в Рекомендации МСЭ-R S.1257 "Аналитический метод вычисления статистических характеристик кратковременной видимости и помех от спутников на негеостационарной орбите, видимых из точки на поверхности Земли" (уравнения (28) и (29)). Для данного угла места и данной группировки спутников НГСО эта Рекомендация позволяет вычислить азимуты для наихудшего случая (при заданном угле места обычно имеются два азимута для наихудшего случая).

Для ячеек, которые соответствуют таким наихудшим случаям направлений наведения, распределение э.п.п.м. можно вычислить для достаточного числа проб при времени интеграции 2000 с. Затем такое распределение э.п.п.м. можно сравнить с пороговым уровнем п.п.м. (определенным исходя из предположения об усилении приемной антенны 0 дБи в направлении помехи и при данном времени интеграции 2000 с).

Для любой ячейки процент времени, в течение которого превышается пороговый уровень п.п.м., можно вычислить в виде процента периодов интеграции в 2000 с, в течение которых средняя п.п.м. в месте расположения радиотелескопа превышает заданный пороговый уровень п.п.м.

При сравнении такого распределения э.п.п.м. с пороговым уровнем п.п.м. для ячеек, соответствующих данным наихудшим случаям направлений наведения, можно прийти к следующим заключениям:

– Если во всех M кольцах пороговое значение п.п.м. для наихудших случаев направлений наведения удовлетворяется в течение процента времени, превышающего процент времени критерия, то это означает, что данные критерии будут выполняться по всей небесной сфере.

– Если в кольце, определенном для данного угла места, пороговое значение п.п.м. для наихудших случаев направлений наведения удовлетворяется в течение процента времени, превышающего процент времени критерия, то это означает, что данные критерии предотвращения вредных помех будут выполняться для всего соответствующего кольца.

– Если критерии помех не выполняются, необходимы дополнительные исследования.

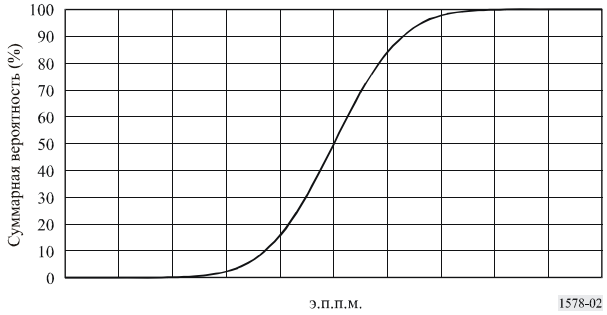
Рассмотрение таких наихудших случаев направлений наведения дает информацию о наихудших случаях расположения ячеек.

4 Выходные данные по распределению э.п.п.м.

Расчет э.п.п.м., описанный в п. 2, дает распределение уровней э.п.п.м. для каждой ячейки небесной сферы, как показано на рисунке 2.

РИСУНОК 2

Пример суммарного распределения э.п.п.м. для ячейки



РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R S.1586-1

Расчет уровней нежелательных излучений, создаваемых негеостационарной системой фиксированной спутниковой службы в местах расположения радиоастрономических станций

(Вопрос МСЭ-R 236/4)

(2002-2007)

Сфера применения

В настоящей Рекомендации описывается метод, который мог бы использоваться для расчета уровней нежелательных излучений, создаваемых негеостационарной системой фиксированной спутниковой службы в местах расположения радиоастрономических станций. В ней также содержится процедура расчета процента времени, в течение которого превышается данная эквивалентная плотность потока мощности (э.п.п.м.), определенная из предположения, что усиление приемной антенны в направлении помехи равно 0 дБи, и с учетом заданного времени интеграции.

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

a) что в некоторых случаях радиоастрономическая служба и космические службы (космос-Земля) имеют распределения в соседних или в близко расположенных полосах частот;

b) что радиоастрономическая служба основывается на приеме излучений со значительно меньшими уровнями мощности, чем обычно используемые в других службах радиосвязи;

c) что вследствие столь низких уровней мощности принимаемых сигналов радиоастрономическая служба обычно более восприимчива к помехам от нежелательных излучений, чем другие службы;

d) что в некоторых примечаниях к Регламенту радиосвязи (РР) (таких, как пп. 5.149, 5.443B и 5.511A) обращается внимание на защиту радиоастрономической службы, в частности, от космических передатчиков;

e) что вследствие характеристик негеостационарных (НГСО) спутниковых систем и, в частности, изменяющегося во времени характера помех, уровень помех радиотелескопам, создаваемых такими спутниками, нельзя оценивать тем же способом, что и для помех от спутников ГСО,

рекомендует,

1 чтобы расчеты уровней нежелательных излучений, создаваемых системой НГСО фиксированной спутниковой службы (ФСС) в местах расположения радиоастрономических станций, могли проводиться администрациями с использованием метода, приведенного в Приложении 1;

2 чтобы при выполнении таких расчетов для моделирования радиоастрономических антенн могла использоваться диаграмма направленности антенны, описанная в Рекомендации МСЭ-R RA.1631;

3 чтобы процент времени, в течение которого превышается уровень эквивалентной плотности потока мощности (э.п.п.м.) (определенной из предположения, что усиление приемной антенны в направлении помехи равно 0 дБи, и с учетом заданного времени интеграции), можно было рассчитывать в соответствии с методом, приведенным в Приложении 2.

Приложение 1

Расчет уровней нежелательных излучений, создаваемых системой НГСО ФСС в местах расположения радиоастрономических станций

Описанная здесь методика, основанная на концепции э.п.п.м., изложенной в п. 22.5C Статьи 22 РР, предназначена для использования при расчетах уровней плотности потока мощности (п.п.м.), создаваемых радиотелескопам от нежелательных излучений спутниковой системы НГСО ФСС, с учетом характеристик как спутниковой системы, так и антенны радиотелескопа. Величина э.п.п.м. равна сумме составляющих от всех излучений спутников, выраженных в виде п.п.м. единичного эквивалентного источника в направлении прицеливания (пик основного лепестка) радиотелескопа.

1 Требуемые параметры

Вследствие особых характеристик спутниковых систем НГСО очевидно, что уровень помех радиотелескопу от таких спутников нельзя вычислять тем же способом, что и для спутников ГСО. Необходим статистический подход, при котором учитывается динамический аспект спутников НГСО.

Оценку помех, создаваемых радиотелескопу от спутников при заданном времени интеграции (2000 с), следует основывать на статистических расчетах с учетом параметров как спутников, так и радиотелескопа.

Параметры спутниковой системы НГСО:

– число спутников, видимых одновременно на радиоастрономической станции;

– уровень п.п.м. в месте расположения радиотелескопа в рассматриваемой полосе частот радиоастрономической службы, вычисленный с использованием маски дБsd или дБн;

– расстояния между спутниками и радиоастрономической станцией;

– детальные характеристики орбит спутников.

Параметры радиотелескопа:

– расположение антенны;

– диаграмма направленности и усиление антенны;

– практический сектор направлений наведения антенны;

– опорное направление наведения;

– внеосевые углы между опорным направлением наведения антенны радиоастрономической станции и направлениями на передающие спутники;

– время интеграции (2000 с).

2 Расчет уровней э.п.п.м. в местах расположения радиоастрономических станций

Усиление приемной антенны радиотелескопа в направлении на спутник НГСО (в отличие от спутника ГСО) изменяется во времени в основном из-за движения спутника и тонкой угловой структуры боковых лепестков диаграммы направленности антенны радиотелескопа. Будут иметь место периоды времени, когда усиление телескопа в направлении на спутник будет значительно выше 0 дБи, а также периоды, когда он будет ниже данной величины. Кроме того, при наличии нескольких спутников в системе НГСО следует суммировать и правильно учитывать вклады всех этих спутников.

Это можно сделать с применением концепции э.п.п.м., первоначально разработанной для оценки условий возможного совместного использования частот системами НГСО и ГСО. Далее в этом разделе данная концепция приспособлена для случая воздействия помех от спутников НГСО на радиоастрономическую станцию. Определение э.п.п.м. основано на п. 22.5C РР, принятом на Всемирной конференции радиосвязи (Стамбул, 2000 г.) (ВКР-2000).

2.1 Определение э.п.п.м.

Когда на антенну в пределах ее эталонной ширины полосы частот поступают сигналы одновременно от нескольких находящихся на разных расстояниях передатчиков по различным направлениям и с разными уровнями приходящей п.п.м., то эквивалентная п.п.м. равна такой п.п.м., которая при приеме сигнала от единичного передатчика, находящегося в дальнем поле антенны в направлении ее максимального усиления, создает на входе приемника такую же величину мощности, что и та, которая реально принимается от совокупности различных передатчиков.

Мгновенная э.п.п.м. рассчитывается по следующей формуле:

$$epfd = 10 \log_{10}\left(\sum_{i=1}^{N_a} 10^{\frac{P_i}{10}} \cdot \frac{G_t(\theta_i)}{4\pi d_i^2} \cdot \frac{G_r(\varphi_i)}{G_{r,max}} \right), \quad (1)$$

где:

N_a: число негеостационарных космических станций, видимых из места расположения радиотелескопа

i: номер рассматриваемой космической станции НГСО

P_i: РЧ мощность нежелательного излучения на входе антенны (или РЧ излучаемая мощность в случае активной антенны) рассматриваемой передающей космической станции в системе НГСО в эталонной ширине полосы частот (дБВт)

θ_i: внеосевой угол между опорным направлением рассматриваемой передающей космической станции системы НГСО и направлением на радиотелескоп

$G_t(\theta_i)$: усиление передающей антенны (в виде отношения) рассматриваемой космической станции системы НГСО в направлении на радиотелескоп

d_i: расстояние (м) между рассматриваемой передающей станцией системы НГСО и радиотелескопом

φ_i: внеосевой угол между направлением наведения радиотелескопа и направлением на рассматриваемую передающую космическую станцию системы НГСО

$G_r(\varphi_i)$: усиление приемной антенны (в виде отношения) радиотелескопа в направлении рассматриваемой передающей космической станции системы НГСО (см. Рекомендацию МСЭ-R RA.1631)

$G_{r,max}$: максимальное усиление (в виде отношения) антенны радиотелескопа

$epfd$: мгновенная э.п.п.м. в эталонной ширине полосы частот в месте расположения радиотелескопа (дБ(Вт/м^2)).

При вычислении э.п.п.м. по формуле (1) предполагается, что п.п.м., создаваемая всеми источниками помех, приходит по опорному направлению приемной антенны, у которой усиление максимально. Однако критерии защиты радиоастрономии основаны на уровне 0 дБи огибающей диаграммы направленности радиоастрономической антенны. П.п.м., создаваемую всеми источниками помех в направлении усиления приемной антенны на уровне 0 дБи, можно определить следующим образом:

– Из уравнения (1), мгновенная э.п.п.м. в направлении усиления приемной антенны на уровне 0 дБи, выраженная в Вт/м^2, имеет вид:

$$epfd_{G_r=0\,\mathrm{dBi}} = \left(\sum_{i=1}^{N_a} 10^{\frac{P_i}{10}} \cdot \frac{G_t(\theta_i)}{4\pi d_i^2} \cdot G_r(\varphi_i) \right). \qquad (2)$$

– Величины $epfd_{G_r=0\,\mathrm{dBi}}$, полученные из уравнения (2) и усредненные по времени интеграции 2000 с, можно сравнивать с уровнями п.п.м., также выраженными в Вт/м^2 (определенными в предположении, что усиление приемной антенны в направлении помех при данном времени интеграции равно 0 дБи).

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Предполагается, что каждый передатчик расположен в дальнем поле радиотелескопа (т. е. на расстоянии более $2D^2/\lambda$, где D – эффективный диаметр радиотелескопа, а λ – рассматриваемая длина волны). Хотя этот подход не всегда может быть удовлетворительным, однако считается достаточной аппроксимацией.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Для некоторых телескопов направление максимального усиления (опорное направление) может не всегда совпадать с геометрической осью радиотелескопа.

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – В случае активных антенн P_i следует считать излучаемой РЧ мощностью, а не мощностью на входе антенны.

ПРИМЕЧАНИЕ 4. – Усиление антенны передающей станции, $G_t(\theta_i)$, берется на частоте рассматриваемой полосы радиоастрономической службы. Оно может отличаться от усиления на частотах передачи.

Приложение 2

Распределение уровней э.п.п.м.

В данном Приложении описан способ получения статистических данных относительно э.п.п.м. по всей небесной сфере.

1 Деление небесной сферы на ячейки с примерно одинаковым телесным углом

Первым шагом в данном подходе является разделение небесной сферы на M колец, параллельных горизонту и равномерно разнесенных по углу места в пределах от 0° до 90°. Ширина каждого кольца будет равна 90°/*M*. Следующим шагом будет разделение этих кругов на соты, ширина которых по азимуту выбирается с расчетом получения целого числа сот на каждое кольцо и примерно равна:

$$\frac{90/M}{\cos(\text{угол места})} \quad \text{градусов.}$$

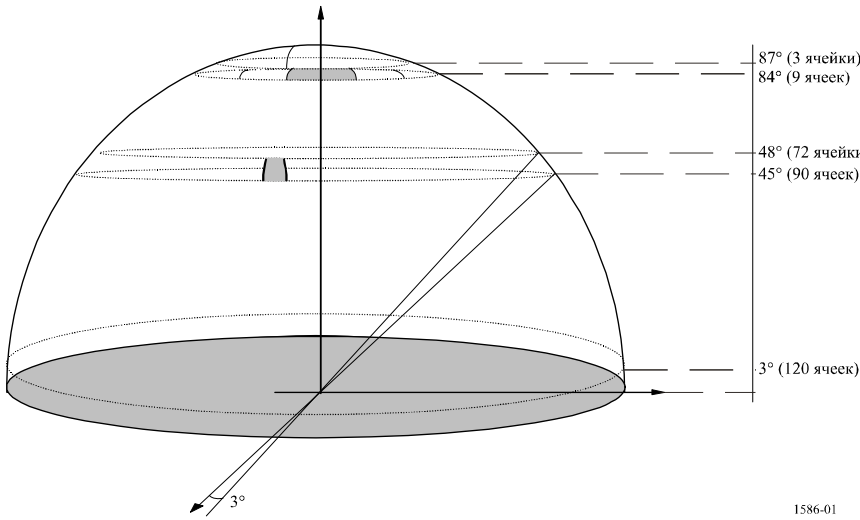
На рисунке 1 приведен пример разделения при шаге шириной 3° по углу места. При этом небесная сфера делится на 30 колец с размером по углу места, равным 3°:

$$\frac{90/30}{\cos(\text{угол места})} \quad \text{градусов.}$$

Угол места означает средний угол места для данного кольца.

РИСУНОК 1

Пример разделения небесной сферы на ячейки размером приблизительно 9 квадратных градусов телесного угла



Это приводит к разделению небесной сферы на 2334 ячейки размером примерно 9 квадратных градусов телесного угла. В таблице 1 приведено число ячеек для каждого кольца в соответствии с данным примером.

2 Распределение э.п.п.м. по ячейкам

Сначала произвольно выбирается направление наведения антенны радиоастрономической службы, которое соответствует какой-либо конкретной ячейке на небесной сфере, определенной в параграфе, выше. Затем произвольно выбирается начальное время для группировки спутников. Далее вычисляется э.п.п.м. для каждой временной выборки в пределах времени интеграции 2000 с. После этого вычисляется средняя э.п.п.м. по данному пробному измерению для выбранного направления наведения и начального времени группировки.

ТАБЛИЦА 1

Пример деления небесной сферы на ячейки размером около 9 квадратных градусов телесного угла

Угол места нижней границы кольца (градусы)	Телесный угол кольца (кв. градусы)	Суммарный телесный угол (кв. градусы)	Шаг азимута (градусы)	Число ячеек в кольце	Телесный угол ячейки (кв. градусы)	Суммарное число ячеек	Процент телесного угла (%)	Суммарный телесный угол (%)
0	1 079,51	1 079,51	3	120	9	120	5,23	5,23
3	1 076,55	2 156,05	3	120	8,97	240	5,22	10,45
6	1 070,64	3 226,69	3	120	8,92	360	5,19	15,64
9	1 061,79	4 288,49	3	120	8,85	480	5,15	20,79
12	1 050,04	5 338,53	3	120	8,75	600	5,09	25,88
15	1 035,41	6 373,93	3	120	8,63	720	5,02	30,90
18	1 017,94	7 391,87	3	120	8,48	840	4,94	35,84
21	997,68	8 389,55	3	120	8,31	960	4,84	40,67
24	974,68	9 364,23	3	120	8,12	1 080	4,73	45,40
27	949,01	10 313,24	3	120	7,91	1 200	4,60	50
30	920,75	11 233,99	4	90	10,23	1 290	4,46	54,46
33	889,95	12 123,94	4	90	9,89	1 380	4,31	58,78
36	856,72	12 980,66	4	90	9,52	1 470	4,15	62,93
39	821,14	13 801,81	4	90	9,12	1 560	3,98	66,91
42	783,31	14 585,12	4	90	8,70	1 650	3,80	70,71
45	743,34	15 328,46	4	90	8,26	1 740	3,60	74,31
48	701,32	16 029,79	5	72	9,74	1 812	3,40	77,71
51	657,39	16 687,17	5	72	9,13	1 884	3,19	80,90
54	611,65	17 298,82	5	72	8,50	1 956	2,97	83,87
57	564,23	17 863,06	6	60	9,40	2 016	2,74	86,60
60	515,27	18 378,33	6	60	8,59	2 076	2,50	89,10
63	464,90	18 843,23	6	60	7,75	2 136	2,25	91,35
66	413,25	19 256,48	8	45	9,18	2 181	2,00	93,36
69	360,47	19 616,95	9	40	9,01	2 221	1,75	95,11
72	306,70	19 923,65	10	36	8,52	2 257	1,49	96,59
75	252,09	20 175,74	12	30	8,40	2 287	1,22	97,81
78	196,79	20 372,53	18	20	9,84	2 307	0,95	98,77
81	140,95	20 513,49	24	15	9,40	2 322	0,68	99,45
84	84,73	20 598,21	40	9	9,41	2 331	0,41	99,86
87	28,27	20 626,48	120	3	9,42	2 334	0,14	100

Такая операция повторяется для получения статистического распределения значений э.п.п.м. в рассматриваемой ячейке. В данной методике проводится ряд проб, в каждой из которых вычисляется средний уровень э.п.п.м. в пределах времени интеграции 2000 с. Чем большее число таких проб, тем точнее будет определено искомое распределение. Для достижения требуемого уровня достоверности результатов требуется достаточное большое число проб. В частности, число проб, помноженное на время интеграции 2000 с, должно быть значительно больше периода обращения группировки. Необходимо также обеспечить достаточную статистическую выборку по всему периоду обращения группировки. Как только будет установлено, что в искомом распределении не произойдет более значительных изменений, то можно заключить, что выполнено достаточное число проб. Такую проверку можно провести либо автоматически как составную часть моделирования, либо вручную путем остановки моделирования через регулярные интервалы.

3 Распределение э.п.п.м. для наихудших случаев направлений наведения (применяется, если уровни п.п.м. со спутников постоянны для данного угла места наведения антенны радиоастрономической службы)

Оценку распределений э.п.п.м. в ячейках небесной сферы можно упростить, если сначала вычислить распределение э.п.п.м. по направлениям наведения, соответствующим направлениям наихудшего случая. К таким направлениям можно отнести направления наведения, при которых будет иметься наибольшая вероятность видимости спутников. Эти направления наведения можно определить по методу, приведенному в Рекомендации МСЭ-R S.1257 "Аналитический метод вычисления статистических характеристик кратковременной видимости и помех от спутников на негеостационарной орбите, видимых из точки на поверхности Земли" (уравнения (28) и (29)). Для данного угла места и данной группировки спутников НГСО эта Рекомендация позволяет вычислить азимуты для наихудшего случая (при заданном угле места обычно имеются два азимута для наихудшего случая).

Для ячеек, которые соответствуют таким направлениям наведения наихудшего случая, распределение э.п.п.м. можно вычислить для достаточного числа проб при времени интеграции 2000 с. Затем такое распределение э.п.п.м. можно сравнить с пороговым уровнем п.п.м. (вычисленным в предположении усиления приемной антенны в направлении помех, равном 0 дБи, и при заданном времени интеграции 2000 с).

Для любой ячейки процент времени, в течение которого превышается пороговый уровень п.п.м., можно вычислить в виде процента периодов интеграции в 2000 с, в течение которых средняя п.п.м. в месте расположения радиотелескопа превышает заданный пороговый уровень п.п.м.

С учетом критерия из пункта 2 раздела *рекомендует* Рекомендации МСЭ-R RA.1513, равного 2%, при сравнении такого распределения э.п.п.м. с пороговым уровнем п.п.м. для ячеек, соответствующих данным направлениям наведения наихудшего случая, можно прийти к следующим заключениям:

– Если во всех M кольцах усредненная по времени п.п.м. для направлений наведения наихудшего случая оказывается равной пороговому уровню вредной помехи, составляющему 98% времени или более (см. рисунок 2), или оказывается ниже этого уровня, то это означает, что данные критерии предотвращения вредных помех будут выполняться по всей небесной сфере.

– Если в кольце, определенном для данного угла места, усредненная по времени п.п.м. для направлений наведения наихудшего случая оказывается равной пороговому уровню вредной помехи, составляющему 98% времени или более (см. рисунок 2), или оказывается ниже этого уровня, то это означает, что данные критерии предотвращения вредных помех будут выполняться для всего соответствующего кольца.

– Если критерии помех не выполняются, необходимы дополнительные исследования.

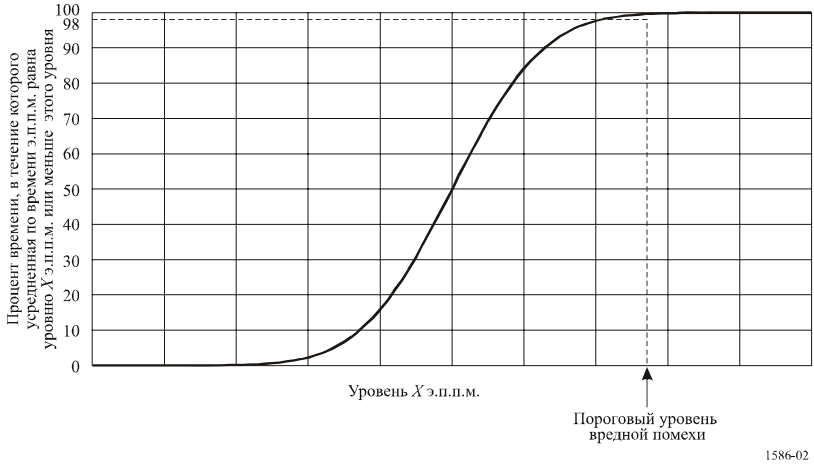
Рассмотрение таких направлений наведения наихудшего случая дает информацию о расположении ячеек для такого наихудшего случая.

4 Выходные данные по распределению э.п.п.м.

Расчет э.п.п.м., описанный в § 2, дает распределение уровней э.п.п.м. для каждой ячейки небесной сферы, как показано на рисунке 2.

РИСУНОК 2

Пример суммарного распределения э.п.п.м. для ячейки



РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R F.1613*,**

Требования к эксплуатации и развертыванию систем фиксированного беспроводного доступа фиксированной службы в Районе 3 для обеспечения защиты систем спутниковой службы исследования Земли (активной) и службы космических исследований (активной) в полосе частот 5250–5350 МГц

(Вопросы МСЭ-R 113/9 и 218/7)

(2003)

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

a) что полоса частот 5250–5350 МГц распределена спутниковой службе исследования Земли (ССИЗ) (активной) и службе космических исследований (СКИ) (активной) для активных космических датчиков, а также радиолокационной службе на первичной основе;

b) что распределения в полосе частот 5250–5350 МГц будут пересмотрены на ВКР-03 согласно пункту 1.5 повестки дня с целью распределения этой полосы фиксированной службе в Районе 3 на первичной основе;

c) что некоторые администрации в Районе 3 предложили использовать полосу 5250–5350 МГц для лицензируемых систем фиксированного беспроводного доступа (FWA) фиксированной службы;

d) что такие системы FWA, работая вне помещений, могут создавать недопустимые помехи службам ССИЗ/СКИ (активным) в упомянутой полосе частот;

e) что существует потребность определения требований к эксплуатации и развертыванию систем FWA в Районе 3 с целью защиты систем космических активных датчиков,

---

* Настоящая Рекомендация была совместно разработана 7-й и 9-й Исследовательскими комиссиями по радиосвязи, и любой будущий пересмотр будет проводиться совместно.

** Настоящая Рекомендация должна быть доведена до сведения 7-й и 8-й Исследовательских комиссий по радиосвязи.

отмечая,

а) что помехи от систем ССИЗ/СКИ (активных) системам FWA с характеристиками, описанными в Приложении 1, рассматриваются как допустимые,

признавая,

а) что существуют трудности при эксплуатации FWA и других типов систем беспроводного доступа (включая локальные радиосети (RLAN)) одновременно в одних и тех же зонах покрытия и на совпадающих частотах,

рекомендует,

1 чтобы совокупные помехи от систем FWA (сумма э.и.и.м. в направлении на спутник) были меньше –7,6 дБ (Вт/20 МГц) у поверхности Земли в зоне обслуживания активного датчика спутника ССИЗ/СКИ (см. Примечания 1, 2 и 3);

2 чтобы для оценки совокупного уровня помех от систем FWA использовалась методика, приведенная в Приложении 1;

3 чтобы на основе характеристик систем FWA, приведенных в таблице 4 для Района 3, в зоне обслуживания активного спутникового датчика разрешалось размещение максимум 23 базовых станций FWA на площади в 220 км^2. Изменения максимальной э.и.и.м., диаграмм направленности антенны и планирования частот будут вызывать изменение максимальной разрешенной плотности базовых станций FWA;

4 чтобы максимальная э.и.и.м. каждой станции FWA не превышала 3 дБ (Вт/20 МГц) (см. Примечания 4 и 5);

5 чтобы администрации осуществляли контроль этих систем для обеспечения выполнения требований в отношении развертывания систем FWA, приведенных выше в разделе *рекомендует*.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Данный совокупный уровень помех вычислен исходя из порогового уровня помех –132,35 дБ (Вт/20 МГц) для спутникового приемника, описанного для радара SAR4 в таблице 5.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Размер зоны обслуживания рассматриваемого здесь активного датчика спутника ССИЗ/СКИ составляет примерно 220 км^2.

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Совокупная помеха от систем FWA в направлении спутника с активным космическим датчиком определяются такими параметрами, как мощность передачи систем FWA, направленность антенны и число базовых станций FWA, работающих в одном и том же радиочастотном канале в зоне обслуживания активного спутникового датчика.

ПРИМЕЧАНИЕ 4. – Если направление основного лепестка антенны превышает 10° по углу места, то следует применять предел э.и.и.м. на 6 дБ ниже, т. е. максимальная э.и.и.м. должна быть равной –3 дБ (Вт/20 МГц).

ПРИМЕЧАНИЕ 5. – Необходимо осуществлять контроль направления антенн станций FWA для исключения случайного прямого облучения спутника вследствие отклонения направления антенны, например, когда антенна удаленной станции направлена не на базовую станцию.

ПРИМЕЧАНИЕ 6. – Необходимо разработать дополнительные указания для облегчения применения данной Рекомендации. Этот аспект требует дополнительного изучения.

Приложение 1

Совместное использование частот системами FWA и системами с активными космическими датчиками служб ССИЗ (активной) и СКИ (активной) в полосе 5250–5350 МГц

1 Введение

Полоса частот 5250–5350 МГц считается подходящей для работы систем FWA в фиксированной службе для обеспечения высокоскоростных доступа в Интернет или других приложений мультимедийных услуг. Поскольку данная полоса частот распределена Регламентом радиосвязи МСЭ службам ССИЗ (активной) и СКИ (активной) на глобальной основе, необходимо определить возможности совместной работы систем FWA и систем ССИЗ/СКИ (активных).

В данной полосе частот в службах ССИЗ/СКИ (активных) работают различные типы космических радаров с синтезированной апертурой (SAR), космических радиолокационных высотомеров и космических систем измерения рассеяния (рефлектометров).

В данном Приложении рассмотрены вопросы совместного использования частот системами FWA и указанными космическими активными датчиками с использованием типовых системных параметров, которые уже применяются или находятся на этапе разработки.

2 Технические характеристики космических активных датчиков

Технические характеристики космических активных датчиков, работающих в полосе частот 5250–5350 МГц, приведены в таблицах 1–3.

ТАБЛИЦА 1

Типичные характеристики космических SAR, работающих в диапазоне 5,3 ГГц

Параметр	Значение		
	SAR2	SAR3	SAR4
Высота орбиты (км)	600 (круговая)	400 (круговая)	
Наклонение орбиты (градусы)	57		
Центральная частота РЧ (МГц)	5 405	5 305	5 300
Пиковая излучаемая мощность (Вт)	4 800	1 700	
Поляризация	Горизонтальная и вертикальная (HH, HV, VH, VV)		
Импульсная модуляция	Импульс с линейной ЧМ		
Ширина полосы частот импульса (МГц)	310		40
Длительность импульса (мкс)	31	33	

ТАБЛИЦА 1 (*окончание*)

Параметр	Значение		
	SAR2	**SAR3**	**SAR4**
Частота повторения импульсов (имп./с)	4 492	1 395	
Коэффициент заполнения (%)	13,9	5,9	
Коэффициент сжатия диапазона	9 610	10 230	1 320
Тип антенны (м)	Плоская фазовая антенная решетка 1,8 × 3,8	Плоская фазовая антенная решетка 0,7 × 12,0	
Пиковое усиление антенны (дБи)	42,9	42,7/38 (полный фокус/подавление луча)	
Медианное усиление бокового лепестка антенны (дБи)	–5		
Ориентация антенны (градусы)	20–38 от надира	20–55 от надира	
Ширина луча антенны	1,7 (угол места), 0,78 (азимут)	4,9/18 (угол места), 0,25 (азимут)	
Поляризация антенны	Линейная горизонтальная/вертикальная		
Коэффициент шума приемника (дБ)	4,62		
Компрессия сигнала в 1 дБ на выходе входных блоков приемника относительно входного сигнала	–62 дБВт по входу		
Допустимая максимальная мощность на входе приемника (дБВт)	+7		
Время функционирования	30% витка		
Минимальное время получения изображений (с)	15		
Зона обслуживания	Массивы суши и прибрежные зоны		
Ширина полосы обзора (км)	20	16/320	
Зона обслуживания спутника ($км^2$)	159,03	76,5	76,5–220
Ширина полосы пропускания приемника (МГц)	356,5		46,00
Пороговый уровень помех (дБ)	$I/N = –6$		

ТАБЛИЦА 2

Типичные характеристики космического альтиметра в диапазоне 5,3 ГГц

Характеристики альтиметров космической программы Jason	
Время жизни	5 лет
Высота (км)	1 347 ± 15
Наклонение (градусы)	66
Характеристики альтиметров Poseidon 2	
Тип сигнала	Импульсная линейная частотная модуляция
ЧПИ в С-диапазоне (Гц)	300
Длительность импульса (мкс)	105,6
Частота несущей (ГГц)	5,3
Ширина полосы (МГц)	320
Пиковая мощность излучения на РЧ (Вт)	17
Средняя мощность излучения на РЧ (Вт)	0,54
Усиление антенны (дБи)	32,2
Апертура по уровню 3 дБ (градусы)	3,4
Максимальный уровень бокового лепестка (дБ)	–20
Максимальный уровень заднего лепестка (дБ)	–40
Зона обслуживания луча по уровню –3 дБ (км)	77
Пороговый уровень помех (дБВт)	–118

ТАБЛИЦА 3

Типичные характеристики космического рефлектометра в диапазоне 5,3 ГГц

Параметр	**Значение**	
Название системы	Рефлектометр 1	Рефлектометр 2
Высота орбиты (км)	780	800
Наклонение (градусы)	81,5	
Центральная частота (ГГц)	5,3	5,255
Ширина импульса	70 мкс (середина) 130 мкс (фронт/спад)	8 мс (середина) 10,1 мс (фронт/спад)
Модуляция	Прерывистая незатухающая	ЛЧМ
Полоса пропускания передатчика (кГц)	15	500
ЧПИ (Гц)	115 (середина) 98 (фронт/спад)	29,4
Тип антенны	Щелевая волноводная	

ТАБЛИЦА 3 (*окончание*)

Параметр	Значение			
Коэффициент усиления антенны (дБи)	31 (середина) 32,5 (фронт/спад)		28,5 (середина) 29,5 (фронт/спад)	
Ориентация основного лепестка антенны (градусы)	Углы падения: 18–47 (середина) 24–57 (фронт/спад)		Углы падения: 25,0–54,5 (середина) 33,7–65,3 (фронт/спад)	
Ширина луча антенны (–3 дБ) по углу места (градусы) Ширина луча по азимуту (градусы)	24 (середина) 1,3	26 (фронт/спад) 0,8	23,6 (середина) 1,1	23,9 (фронт/спад) 0,8
Угол места оборудования (градусы)	29,3		37,6	
Поляризация антенны	Вертикальная			
Пиковая мощность передатчика	4,8 кВт		120 Вт	
Коэффициент шума приемника (дБ)	3			
Зона обслуживания	Океанские и прибрежные зоны, массивы суши			
Пороговый уровень помех (дБ(Вт/Гц))	–207			

3 Технические особенности систем FWA

Для выполнения требований как высокоскоростного доступа в Интернет, так и критериев совместного использования частот с другими службами, необходимо определить технические параметры систем FWA.

Поскольку системы FWA предназначены для работы в полосе 5250–5350 МГц, следует учитывать следующие моменты:

– системы FWA включают в себя базовую станцию и множество удаленных станций в зоне покрытия, иначе называемой ячейкой. Считается, что каждая из удаленных станций связывается с базовой станцией только в выделенный временной интервал (в режиме многостационарного доступа с временным разделением (МДВР)) или в свободный интервал времени (в режиме многостанционного доступа с обнаружением несущей (МДОН). Это означает, что в любой момент времени в одной ячейке только одна станция работает на передачу. Поэтому помехи, создаваемые спутниковым станциям с космическим активным датчиком, определяются плотностью развертывания (на км^2) базовых станций FWA.

– Большое значение имеет направленность антенны при высоких углах места. При достаточной избирательности антенн станций FWA в вертикальном направлении мощность помех будет существенно подавляться.

– Коэффициент активности группы передатчиков FWA в ячейке в наихудшем случае может достигать 100%.

– Для управления плотностью развертывания систем FWA могут потребоваться меры по лицензированию.

В соответствии с вышеприведенными особенностями для предварительного анализа в данном Приложении в качестве примера приняты технические параметры систем FWA, представленные в таблице 4.

Для данного анализа выбраны характеристики, приводящие к наихудшему случаю помех узкополосному приемнику SAR. Для системы FWA такого типа, если опорное направление антенны ориентировано приблизительно вдоль горизонта для обеспечения соединения типа точка–множество точек, угол относительно опорного направления будет представлять собой угол места. При углах надира от 20° до 55° углы места для антенны станции системы FWA, направленной на космический SAR, будут находится в пределах от 69° до 30°.

ТАБЛИЦА 4

Технические характеристики систем FWA, работающих в диапазоне 5,3 ГГц

	Базовая станция	**Удаленная станция**
Полоса частот (МГц)	5 250–5 350	
Режим эксплуатации	Точка–множество точек	
Радиус ячейки (км)	1–2	
Максимальная э.и.и.м./мощность передачи (Вт)	2/0,2	2/0,063
Коэффициент усиления/характеристики антенны	10 дБи/ Рек. МСЭ-R F.1336 Всенаправленная диаграмма ($k = 0$) (рисунок 1)	15 дБи/ Рек. МСЭ-R F.1336 Антенна низкой стоимости с низким коэффициентом усиления (рисунок 2)
Ширина полосы (МГц)	20	
Коэффициент шума приемника (дБ)	8	
Пороговый уровень помех	$I/N = -6$ дБ или −128,8 дБ(Вт/20 МГц)	
Поляризация	Вертикальная или горизонтальная	
Коэффициент активности (%)	90	10

РИСУНОК 1

Диаграмма направленности антенны базовой станции

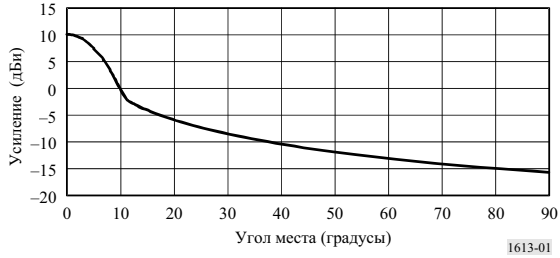
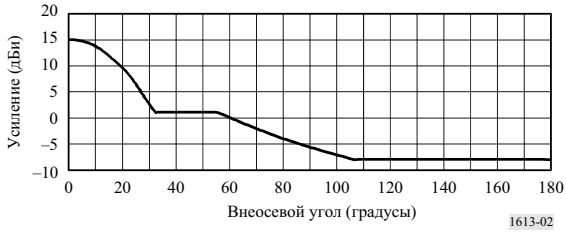


РИСУНОК 2

Диаграмма направленности антенны удаленной станции



4 Совместное использование частот космическими активными датчиками и системами FWA

4.1 Совместное использование частот SAR и FWA

4.1.1 Помехи SAR от FWA

В таблице 5 приведены результаты расчета помех, создаваемых системой FWA с параметрами согласно таблице 4 радару SAR4 с характеристиками согласно таблице 1. Несмотря на то, что пороговые уровни помех на 1 МГц для SAR2, SAR3 и SAR4 почти одинаковы, в ходе дальнейшего анализа рассматривается радар SAR4, характеризующийся наиболее жесткими требованиями по абсолютной величине. При расчете помех учитываются влияние боковых лепестков антенны FWA и влияние рассеяния поверхностью Земли и зданиями. Для учета помех от боковых лепестков удаленных станций производится расчет средней э.и.и.м., поступающей на спутник от всех удаленных станций вокруг базовой станции (см. Добавление 1 к Приложению 1). Следует отметить, что в таблице 5 принят коэффициент повторного использования частоты, равный 4.

Рассеяние поверхностью Земли или возможное рассеяние ближайшими зданиями могут оказаться возможными источниками помех. Это влияние определяется местностью развертывания систем, высотой подвеса антенн (наверху или сбоку зданий), и т. д. Можно ожидать, что системы FWA будут использоваться в городских зонах с высокой плотностью застройки, где будет иметь место рассеяние от большого числа объектов, поэтому в дополнение к рассеянию поверхностью Земли следует учитывать и другие виды рассеяния. Особо следует учитывать современные офисные здания, построенные с использованием металла, где нельзя исключать вероятности высокого уровня отражения в направлении датчика. Для наихудшего случая коэффициент рассеяния принимается равным –18 дБ. Это предположение может потребовать пересмотра.

Вышеприведенный анализ основан на предположении, что не используются передатчики FWA с секторными антеннами. Наличие секторных антенн усложнит сценарий совместного использования частот из-за учета рассеяния.

Результаты показывают, что в зоне обслуживания SAR4 на площади 220 км^2 при помехах спутниковому приемнику SAR ниже допустимого уровня могут работать 23 ячейки системы FWA. Если параметры систем FWA отличаются от приведенных в таблице 4, включая случай использования на базовых станциях секторных антенн, то число ячеек, которое можно разместить в зоне обслуживания спутника, будет другим. Таблицу 5 следует пересчитать с учетом фактических параметров.

ТАБЛИЦА 5

Помехи SAR4 от системы FWA

Параметр			20° от надира		55° от надира	
			Значение	**дБ**	**Значение**	**дБ**
Мешающая э.и.и.м. от бокового лепестка антенны FWA	От базовой станции	Пиковая мощность передачи (Вт)	0,2	–7,00	0,2	–7,00
		Усиление передающей антенны (дБи)		–14,20		–8,80
		Коэффициент активности	90%	–0,46	90%	–0,46
		э.и.и.м. (дБВт)		–21,66		–16,26
	От удаленных станций	Пиковая мощность передачи (Вт)	0,063	–12,00	0,063	–12,00
		Среднее усиление передающей антенны (дБи)		–4,96		–2,34
		Коэффициент активности	10%	–10,00	10%	–10,00
		э.и.и.м. (дБВт)		–26,96		–24,34
	Общая э.и.и.м. от бокового лепестка (дБВт)			–20,54		–15,63
Мощность помехи ввиду поверхностного рассеяния	От базовой станции	Пиковая мощность передачи (Вт)	0,2	–7,00	0,2	–7,00
		Коэффициент активности	90%	–0,46	90%	–0,46
		Мощность передачи (дБВт)		–7,46		–7,46
	От удаленных станций	Пиковая мощность передачи (Вт)	0,063	–12,00	0,063	–12,00
		Коэффициент активности	10%	–10,00	10%	–10,00
		Мощность передачи (дБВт)		–22,00		–22,00
	Общая мощность передачи (дБВт)			–7,31		–7,31
	Коэффициент рассеяния (дБ)			–18,00		–18,00
	Общая э.и.и.м. рассеяния (дБВт)			–25,31		–25,31
Общая мешающая э.и.и.м. от ячейки (дБВт)				–19.29		–15,19
Мощность помех, принимаемая SAR	Усиление приемной антенны (дБ)			42,70		42,70
	Потери на поляризацию (дБ)			–3,00		–3,00
	Потери при распространении в свободном пространстве (дБ)		(427 км)	–159,55	(749 км)	–164,43
	Принимаемая мощность (дБВт)			–139,14		–139,92
Чувствительность приемника SAR	Коэффициент шума (дБ)			4,62		4,62
	kT		$4,0 \times 10^{-21}$	–203,98	$4,0 \times 10^{-21}$	–203,98
	Ширина полосы пропускания приемника (МГц)		20,0	73,01	20,0	73,01
	Мощность шума (дБВт)			–126,35		–126,35
	Пороговый уровень помех SAR (I/N = –6 дБ) (дБВт)			–132,35		–132,35
Допустимое число ячеек FWA	Запас (дБ)			6,79		7,57
	Максимальное число ячеек FWA, использующих тот же РЧ канал в пределах зоны обслуживания SAR		4,78		5,71	
	Максимальное число ячеек FWA при коэффициенте повторного использования частоты 4		19,1		22,8	

4.1.2 Помехи FWA от SAR

Первым этапом анализа вероятных помех от космических SAR системам FWA является определение мощности сигнала боковых лепестков космического SAR вблизи поверхности Земли. В данном анализе использован медианный уровень усиления боковых лепестков, так как эти боковые лепестки покрывают существенно большую зону обслуживания, нежели основной лепесток, что приводит к помехам большей длительности. В таблице 6 приведены уровни помех, создаваемых системам FWA боковыми лепестками спутников SAR4. SAR4 выбран для демонстрации наихудшего случая. В таблице 6 показан положительный запас порядка 20 дБ, что дает благоприятный сценарий совместного использования частот с точки зрения учета влияния боковых лепестков.

ТАБЛИЦА 6

Помехи FWA от боковых лепестков SAR4

Параметр	20° от надира		55° от надира	
	Помехи базовой станции	Помехи удаленной станции	Помехи базовой станции	Помехи удаленной станции
Мощность передачи (дБВт)	32,3		32,3	
Усиление передающей антенны (дБи)	–5,0		–5,0	
Потери при распространении в свободном пространстве (дБ)	–159,5 (427 км)		–164,4 (749 км)	
Усиление приемной антенны (дБи)	–14,2	–2,2	–8,8	2,3
Потери в фидере FWA (дБ)	–5,0	–10,0	–5,0	–10,0
Принимаемая мощность (дБВт)	–151,4	–144,4	–150,9	–144,8
Сужение полосы частот (дБ)	–3,0		–3,0	
Принимаемая мощность (дБ(Вт/20 МГц))	–154,4	–147,4	–153,9	–147,8
Пороговый уровень помех FWA (дБ(Вт/20 МГц))	–128,8		–128,8	
Запас (дБ)	25,6	18,6	25,1	19,0

Однако пиковый коэффициент усиления антенны на 43–47,7 дБ выше среднего коэффициента усиления боковых лепестков, равного –5 дБи. Поэтому во время пролета спутника уровень помех у поверхности Земли будет выше порогового уровня помех для FWA. Хотя этот уровень и превышается, частота появления этих повышенных помех, по предположениям, составит один раз в 8–10 дней, а продолжительность каждого такого события оценивается как 0,5–1 с.

4.1.3 Резюме

Было показано, что совместное использование частот системой SAR и системой FWA в полосе 5250–5350 МГц возможно при выполнении определенных требований к эксплуатации и развертыванию системы FWA. На системы FWA в короткие промежутки времени во время пролета над ними спутника могут воздействовать повышенные помехи от SAR. Такие помехи считаются приемлемыми с учетом ожидаемой небольшой вероятности одновременного появления помех от SAR и замираний в системе FWA. Однако могут потребоваться дальнейшие исследования для уточнения влияния помех на системы FWA.

4.2 Совместное использование частот комическим альтиметром и FWA

4.2.1 Помехи космическим альтиметрам от FWA

В таблице 7 показан расчет помех от системы FWA космическому альтиметру. Результаты показывают достаточный запас в 42,6 дБ относительно порогового уровня, равного –118 дБВт. Поэтому можно считать, что системы FWA не будут причинять неприемлемых помех работе космического альтиметра.

ТАБЛИЦА 7

Помехи от FWA космическому альтиметру

Параметр			От надира	
			Значение	дБ
Мешающая э.и.и.м. от бокового лепестка антенны FWA	От базовой станции	Пиковая мощность передачи (Вт)	0,2	–7,00
		Усиление передающей антенны (дБи)		–15,84
		Коэффициент активности	90%	–0,46
		э.и.и.м. (дБВт)		–23,30
	От удаленной станции	Пиковая мощность передачи (Вт)	0,063	–12,00
		Среднее усиление передающей антенны (дБи)		–5,71
		Коэффициент активности	10%	–10,00
		э.и.и.м. (дБВт)		–27,71
	Общая э.и.и.м. от бокового лепестка (дБВт)			–21,96
Мощность помехи вследствие рассеяния на поверхности Земли	От базовой станции	Пиковая мощность передачи (Вт)	0,2	–7,00
		Коэффициент активности	90%	–0,46
		Мощность передачи (дБВт)		–7,46
	От удаленной станции	Пиковая мощность передачи (Вт)	0,063	–12,00
		Коэффициент активности	10%	–10,00
		Мощность передачи (дБВт)		–22,00
	Общая мощность передачи (дБВт)			–7,31
	Коэффициент рассеяния (дБ)			–18,00
	Общая э.и.и.м. вследствие рассеяния (дБВт)			–25,31
Общая мешающая э.и.и.м. от ячейки (дБВт)				–20,31
Мощность помехи, принимаемая приемником альтиметра	Усиление приемной антенны (дБи)			32,20
	Потери на поляризацию (дБ)			–3,00
	Потери при распространении в свободном пространстве (дБ)		(1 347 км)	–169,53
	Принимаемая мощность (дБВт)			–160,64
Пороговый уровень помех альтиметра (дБВт)				–118,00
Запас (дБ)				42,64

4.2.2 Помехи FWA от космического альтиметра

В таблице 8 приведены уровни помех, причиняемых базовой станции и удаленной станции от основного лепестка космического альтиметра. В обоих случаях имеется существенный запас.

ТАБЛИЦА 8

Помехи FWA от космического альтиметра

Параметр	К надиру	
	Помехи базовой станции	Помехи удаленной станции
Мощность передачи (дБВт)	12,3	
Усиление передающей антенны (дБи)	32,2	
Потери при распространении в свободном пространстве (дБ)	–169,5 (1 347 км)	
Усиление приемной антенны (дБ)	–15,8	–5,7
Потери в фидере FWA (дБ)	–5,0	–10,0
Принимаемая мощность (дБВт)	–145,8	–140,7
Сужение полосы частот (20 МГц/320 МГц) (дБ)	–12,0	
Принимаемая мощность (дБ(Вт/20 МГц))	–157,8	–152,7
Пороговый уровень помех FWA (дБ(Вт/20 МГц))	–128,8	
Запас (дБ)	29,0	23,9

4.2.3 Резюме

Было показано, что совместное использование частот системами космических альтиметров и системами FWA в полосе частот 5250–5350 МГц возможно.

4.3 Совместное использование частот рефлектометром и FWA

4.3.1 Помехи рефлектометру от FWA

В таблице 9 приведен анализ помех от FWA рефлектометру 1. Рефлектометр 1 выбран для демонстрации наихудшего случая. Таблица 9 демонстрирует отсутствие неприемлемых помех от FWA.

4.3.2 Помехи FWA от рефлектометра

В таблице 10 приведен анализ помех FWA от рефлектометра. Отрицательное значение запаса означает, что системы FWA могут испытывать краткие периоды высокого уровня помех в течение пролета системы рефлектометра.

ТАБЛИЦА 9

Помехи рефлектометру 1 от FWA

Параметр			18° от надира (Угол места: 69,7°)		57° от надира (Угол места: 19,7°)	
			Значение	дБ	Значение	дБ
Мешающая э.и.и.м. от бокового лепестка антенны FWA	От базовой станции	Пиковая мощность передачи (Вт)	0,2	–7,00	0,2	–7,00
		Усиление передающей антенны (дБи)		–14,20		–5,94
		Коэффициент активности	90%	–0,46	90%	–0,46
		э.и.и.м. (дБВт)		–21,66		–13,40
	От удаленной станции	Пиковая мощность передачи (Вт)	0,063	–12,00	0,063	–12,00
		Среднее усиление передающей антенны (дБи)		–4,93		0,64
		Коэффициент активности	10%	–10,00	10%	–10,00
		э.и.и.м. (дБВт)		–26,96		–21,36
	Общая э.и.и.м. от бокового лепестка (дБВт)			–20,54		–12,76
Мощность помехи вследствие рассеяния на поверхности Земли	От базовой станции	Пиковая мощность передачи (Вт)	0,2	–7,00	0,2	–7,00
		Коэффициент активности	90%	–0,46	90%	–0,46
		Мощность передачи (дБВт)		–7,46		–7,46
	От удаленной станции	Пиковая мощность передачи (Вт)	0,063	–12,00	0,063	–12,00
		Коэффициент активности	10%	–10,00	10%	–10,00
		Мощность передачи (дБВт)		–22,00		–22,00
	Общая мощность передачи (дБВт)			–7,31		–7,31
	Коэффициент рассеяния (дБ)			–18,00		–18,00
	Общая э.и.и.м. вследствие рассеяния (дБВт)			–25,31		–25,31
Общая мешающая э.и.и.м. от ячейки (дБВт)				–19,29		–12,53
Мощность помех, принимаемая SAR	Усиление приемной антенны (дБи)			31,00		32,50
	Потери на поляризацию (дБ)			–3,00		–3,00
	Потери при распространении в свободном пространстве (дБ)		(825 км)	–165,27	(1 745 км)	–171,78
	Принимаемая мощность (дБВт)			–156,56		–154,81
	Принимаемая мощность (дБ(Вт/Гц))			–229,57		–227,82
Пороговый уровень помех рефлектометра (дБ(Вт/Гц))				–207,00		–207,00
Запас (дБ)				22,57		20,82

ТАБЛИЦА 10

Помехи FWA от рефлектометра 1

Параметры	18° от надира (Угол места: 69,7°)		57° от надира (Угол места: 19,7°)	
	Помехи базовой станции	Помехи удаленной станции	Помехи базовой станции	Помехи удаленной станции
Мощность передачи (дБВт)	36,8		36,8	
Усиление передающей антенны (дБи)	31,0		32,5	
Потери при распространении в свободном пространстве (дБ)	–165,3 (825 км)		–171,8 (1 745 км)	
Усиление приемной антенны (дБ)	–14,2	–4,9	–5,9	0,6
Потери в фидере FWA (дБ)	–5,0	–10,0	–5,0	–10,0
Принимаемая мощность (дБВт)	–116,7	–112,4	–113,4	–111,9
Пороговый уровень помех FWA (дБВт)	–128,8		–128,8	
Запас (дБ)	–12,1	–16,4	–15,4	–16,9

4.3.3 Резюме

Было показано, что совместное использование частот системами рефлексометров и системами FWA возможно. Системы FWA могут испытывать краткие периоды высокого уровня помех от систем рефлексометров в течение отрезков времени их пролета. Эти помехи рассматриваются как приемлемые ввиду невысокой предполагаемой вероятности одновременных помех от рефлектометра и замираний в системах FWA. Однако могут потребоваться дальнейшие исследования для детального рассмотрения влияния помех на системы FWA.

5 Заключение

Совместное использование частот системами ССИЗ/СКИ (активными) и системами FWA возможно при условии управления развертыванием систем FWA таким образом, чтобы полная э.и.и.м. помех от систем FWA, поступающая на спутник ССИЗ/СКИ, не превышала –7,6 дБ(Вт/20 МГц) в зоне обслуживания активного датчика спутника. На системы FWA в периоды пролета спутников в короткие промежутки времени могут воздействовать помехи от активных датчиков ССИЗ/СКИ. Такие помехи считаются приемлемыми в этой полосе частот с учетом предполагаемой невысокой вероятности одновременных помех от активного датчика и замираний в системах FWA.

Необходимо отметить, что данное заключение относится только к совместной работе систем FWA и ССИЗ/СКИ (активных) и не касается возможного повышения совокупных помех ССИЗ/СКИ со стороны мобильных устройств, которые также могут работать в зоне обслуживания ССИЗ/СКИ (активных). Однако исследования показали, что будет затруднено использование систем FWA или других систем беспроводного доступа (включая сети RLAN) одновременно на совпадающих частотах и зонах покрытия. Этот аспект требует дополнительных исследований, однако ожидается, что результаты не повлияют на выводы данной Рекомендации.

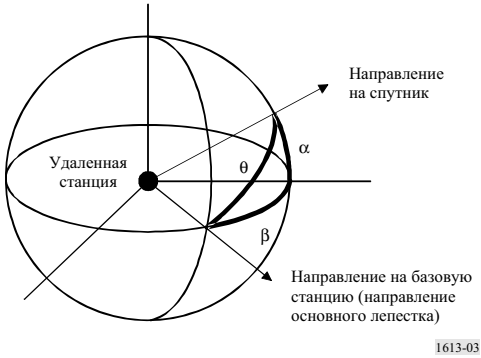
Добавление 1
к Приложению 1

Помехи активным космическим датчикам, создаваемые боковыми лепестками удаленных станций FWA

В ячейке FWA удаленные станции размещены вокруг базовой станции. Предполагается, что удаленные станции равномерно размещены вокруг базовой станции относительно их углов азимута при наблюдении с удаленной станции. Поскольку основной лепесток антенны удаленной станции направлен на базовую станцию, то угол между основным лепестком удаленной станции и направлением на спутник будет больше угла места, под которым виден спутник ССИЗ/СКИ за счет разноса по азимуту, как показано на рисунке 3.

РИСУНОК 3

Внеосевой угол: θ с удаленной станции на спутник ССИЗ/СКИ



Внеосевой угол θ направления на спутник от удаленной станции рассчитывается из следующего соотношения, полагая, что угол места антенны удаленной станции равен 0°:

$$\cos\theta = \cos\alpha \cdot \cos\beta,$$

где:

α: угол места направления на спутник

β: угол азимута между направлениями на спутник и на базовую станцию.

Полагая, что β равномерно распределен между 0° и 360°, среднее усиление в направлении на спутник рассчитывается, как показано в таблице 11.

ТАБЛИЦА 11

Средний коэффициент усиления антенны удаленной станции в направлении на спутник

Угол места спутника (градусы)	70	30
Средний коэффициент усиления (дБи)	–4,96	–2,34

Добавление 2 к Приложению 1

Перечень сокращений

Az	Азимут
BW	Ширина полосы частот
МДОН	Многостанционный доступ с обнаружением несущей
CW	Незатухающая волна
ССИЗ	Спутниковая служба исследования Земли
El	Угол места
ЧМ	Частотная модуляция
FWA	Фиксированный беспроводный доступ
ЧПИ	Частота повторения импульсов
РЧ	Радиочастота
RLAN	Локальная вычислительная радиосеть
SAR	Радар с синтезированной апертурой
СКИ	Служба космических исследований
МДВР	Многостанционный доступ с временным разделением каналов

РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R RA.1631

Эталонная диаграмма направленности радиоастрономической антенны для использования при анализе совместимости между НГСО системами и станциями радиоастрономической службы на основе концепции э.п.п.м.

(Вопрос МСЭ-R 146/7)

(2003)

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

a) что существует необходимость определения уровней помех, которые могут возникать в типичных местах расположения обсерваторий от различных источников помех;

b) что для определения этих уровней помех необходимо определить эталонную диаграмму направленности;

c) что в Рекомендации МСЭ-R SA.509 приводится эталонная диаграмма направленности антенны, представляющая уровни усиления боковых лепестков, которые, как предполагается, не будут превышаться для большей части внеосевых углов большинства антенн, используемых в этой службе;

d) что диаграмма направленности антенны, приведенная в Рекомендации МСЭ-R SA.509, приемлема для проведения отдельных исследований совместимости или совместного использования частот;

e) что при использовании для определения совокупной помехи от многочисленных источников помех диаграммы направленности антенны с огибающей пиков боковых лепестков, приведенной в Рекомендации МСЭ-R SA.509, расчетный уровень помех окажется больше, чем существующий на практике;

f) что в Рекомендации МСЭ-R S.1586 и Рекомендации МСЭ-R M.1583 предлагается методика, основанная на концепции э.п.п.м., как она определена в п. 22.5C Регламента радиосвязи, для расчета уровня нежелательных излучений, создаваемого радиоастрономическим станциям со стороны негеостационарной системы;

g) что для прогнозирования уровня помех радиоастрономической станции от одной или нескольких быстро перемещающихся космических станций, видимых под непрерывно меняющимися углами, как например НГСО системы, необходимо использовать диаграмму направленности антенны, представляющую усредненные уровни боковых лепестков;

h) что для представления диаграммы направленности антенны с усредненными уровнями боковых лепестков предпочтительна простая математическая формула;

j) что для определения на радиоастрономических станциях уровня э.п.п.м., являющегося результатом воздействия нежелательных излучений, создаваемых негеостационарной системой, необходимо использовать типичную антенну станций радиоастрономической службы (RAS) с максимальным усилением,

рекомендует,

1 чтобы в отсутствие конкретной информации относительно диаграммы направленности рассматриваемой радиоастрономической антенны для проведения анализов совместимости радиоастрономических станций и НГСО систем на частотах выше 150 МГц использовалась приведенная ниже математическая модель усредненной диаграммы направленности:

$G(\varphi) = G_{max} - 2{,}5 \times 10^{-3} \left(\frac{D}{\lambda}\varphi\right)^2$	дБи	для	$0 < \varphi < \varphi_m$
$G(\varphi) = G_1$		для	$\varphi_m \le \varphi < \varphi_r$
$G(\varphi) = 29 - 25 \log \varphi$	дБи	для	$\varphi_r \le \varphi < 10°$
$G(\varphi) = 34 - 30 \log \varphi$	дБи	для	$10° \le \varphi < 34{,}1°$
$G(\varphi) = -12$	дБи	для	$34{,}1° \le \varphi < 80°$
$G(\varphi) = -7$	дБи	для	$80° \le \varphi < 120°$
$G(\varphi) = -12$	дБи	для	$120° \le \varphi \le 180°$,

где:

$$G_{max} = 20 \log\left(\frac{D}{\lambda}\right) + 20 \log \pi \quad \text{дБи}$$

$$G_1 = -1 + 15 \log \frac{D}{\lambda} \quad \text{дБи}$$

$$\varphi_m = \frac{20\lambda}{D}\sqrt{G_{max} - G_1} \quad \text{градусов}$$

$$\varphi_r = 15{,}85 \left(\frac{D}{\lambda}\right)^{-0{,}6} \quad \text{градусов}$$

D: диаметр телескопа (м)

λ: длина волны (м);

2 что для более точного представления основного лепестка диаграммы направленности на частотах выше 150 МГц может быть принята следующая математическая модель диаграммы направленности антенны:

$$G(\varphi) = G_{max}\left[\frac{J_1(2\pi x)}{\pi x}\right]^2 \quad \text{(выражено в виде отношения, а не в дБ),}$$

где:

$J_1(x)$: функция Бесселя первого порядка

$G_{max} = \left[\frac{4\pi A_{eff}}{\lambda^2}\right]$: максимальный коэффициент усиления (выражен в виде отношения, а не в дБ)

$A_{eff} = \pi(D/2)^2$: площадь апертуры телескопа (м^2)

D: диаметр телескопа (м)

λ: длина волны (м)

и где:

$$x = \frac{\pi \cdot D \cdot \varphi}{360 \cdot \lambda},$$ где φ – угол относительно опорного направления (градусы) ($0 \le \varphi < \varphi_0$)

φ_0: первый нуль диаграммы направленности антенны 69,88/(D/λ) (градусов) от опорного направления,

и что для более точного представления диаграммы направленности на частотах выше 150 МГц для ближних боковых лепестков, отстоящих от опорного направления на угол до 1°, может быть принята следующая математическая модель диаграммы направленности антенны:

$$G(\varphi) = B\left[\frac{\cos(2\pi x - 3\pi/4 + 0{,}0953)}{\pi x}\right]^2$$ (выражено в виде отношения, а не в дБ),

где:

$$x = \frac{\pi \cdot D \cdot \varphi}{360 \cdot \lambda},$$ где φ – угол относительно опорного направления (градусы) ($\varphi_0 \le \varphi \le 1°$)

D: диаметр телескопа

λ: длина волны

и:

$$B = 10^{3{,}2}\,\pi^2\,((\pi D/2)/(180 \cdot \lambda))^2,$$

эта модель основного лепестка соответствует идеальному случаю 100%-ной эффективности использования поверхности антенны;

3 чтобы при анализе совместимости между НГСО системами и радиоастрономическими станциями (РАС) использовались следующие типичные величины максимального коэффициента усиления антенны РАС.

Распределенная РАС полоса частот (МГц)	**Типичный максимальный коэффициент усиления антенны**
150,05–153	44
322–328,6	51
406,1–410	53
608–614	56
1 400–1 427	63
1 610,6–1 613,8	64
1 660–1 670	65
2 690–2 700	69
4 990–5 000	74

Распределенная РАС полоса частот (ГГц)	Типичный максимальный коэффициент усиления антенны
10,6–10,7	81
14,47–14,5	84
15,35–15,4	84
22,21–22,5	87
23,6–24	88
31,3–31,7	90
42,5–43,5	93

Соответствующий диаметр антенны может быть получен из следующих выражений (см. пункт 2 раздела *рекомендует*):

$$G_{max} = \left[\frac{4\pi A_{eff}}{\lambda^2} \right]$$

максимальный коэффициент усиления (выраженный в виде отношения),

где:

$A_{eff} = \pi(D/2)^2$: площадь апертуры телескопа (м^2)

D: диаметр телескопа (м)

λ: длина волны (м).

РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R RS.1632*

Совместное использование частот в полосе 5250–5350 МГц системами спутниковой службы исследования Земли (активной) и системами беспроводного доступа (включая локальные вычислительные радиосети) подвижной службы

(Вопрос МСЭ-R 218/7)

(2003)

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

a) что полоса частот 5250–5350 МГц распределена спутниковой службе исследования Земли (ССИЗ) (активной) и радиолокационной службе на первичной основе;

b) что некоторые администрации предложили использовать полосу частот 5250–5350 МГц для маломощных высокоскоростных беспроводных локальных вычислительных сетей (WLAN) или беспроводных локальных вычислительных радиосетей (RLAN);

c) что эти высокоскоростные WLAN предлагается развертывать в данной полосе частот как нелицензируемые устройства, что делает невозможным регламентарное управление их развертыванием,

признавая,

a) что в МСЭ-R продолжаются исследования с целью улучшения совместного использования частот системами беспроводного доступа (включая RLAN) и ССИЗ (активной),

отмечая,

a) что некоторые администрации приняли технические ограничения, позволяющие использование систем беспроводного доступа (включая RLAN) при ограничении уровня э.и.и.м. до 1 Вт, в то время как другие администрации приняли более жесткие ограничения э.и.и.м.,

рекомендует,

1 что совместное использование частот космическими активными датчиками службы ССИЗ с характеристиками, приведенными в Приложении 1, и высокоскоростными сетями WLAN в полосе 5250–5350 МГц возможно, если в системах беспроводного доступа (включая RLAN) соблюдаются ограничения, указанные в Приложении 2;

2 что необходимый для систем ССИЗ уровень защиты, указанный в Приложении 1, может быть достигнут при использовании альтернативных наборов эксплуатационных и технических ограничений, исследуемых согласно пункту a) раздела *признавая*.

---

* 7-я Исследовательская комиссия по радиосвязи внесла в данную Рекомендацию редакционные изменения.

Приложение 1

Технические характеристики космических активных датчиков в полосе частот 5250–5570 МГц

Технические характеристики космических активных датчиков в диапазоне частот 5,3 ГГц приведены в таблицах 1 и 2.

ТАБЛИЦА 1

Типичные характеристики космических радаров для получения изображений, работающих в диапазоне 5,3 ГГц

Параметр	Значение			
	SAR1	SAR2	SAR3	SAR4
Высота орбиты (км)	426 (круговая)	600 (круговая)	400 (круговая)	400 (круговая)
Наклонение орбиты (градусы)	57	57	57	57
Центральная радиочастота (МГц)	5 305	5 405	5 405	5 300
Пиковая излучаемая мощность (Вт)	4,8	4 800	1 700	1 700
Поляризация	Горизонтальная (HH)	Горизонтальная и вертикальная (HH, HV, VH, VV)	Горизонтальная и вертикальная (HH, HV, VH, VV)	Горизонтальная и вертикальная (HH, HV, VH, VV)
Импульсная модуляция	Импульс с линейной ЧМ	Импульс с линейной ЧМ	Импульс с линейной ЧМ	Импульс с линейной ЧМ
Ширина полосы импульса (МГц)	8,5	310	310	40
Длительность импульса (мкс)	100	31	33	33
Частота повторения импульсов (импульс/с)	650	4 492	1 395	1 395
Коэффициент заполнения (%)	6,5	13,9	5,9	5,9
Коэффициент сжатия диапазона	850	9 610	10 230	1 320
Тип антенны (м)	Плоская фазовая антенная решетка $0,5 \times 16,0$	Плоская фазовая антенная решетка $1,8 \times 3,8$	Плоская фазовая антенная решетка $0,7 \times 12,0$	Плоская фазовая антенная решетка $0,7 \times 12,0$

ТАБЛИЦА 1 (*окончание*)

Параметр	Значение			
	SAR1	**SAR2**	**SAR3**	**SAR4**
Пиковое усиление антенны (дБи)	42,2	42,9	42,7/38 (полный фокус/подавление луча)	42,7/38 (полный фокус/подавление луча)
Медианное усиление бокового лепестка антенны (дБи)	–5	–5	–5	–5
Ориентация антенны (градусы от надира)	30	20–38	20–55	20–55
Ширина луча антенны (градусы)	8,5 (Угол места), 0,25 (Азимут)	1,7 (Угол места), 0,78 (Азимут)	4,9/18,0 (Угол места), 0,25 (Азимут)	4,9/18,0 (Угол места), 0,25 (Азимут)
Поляризация антенны	Линейная горизонтальная/ вертикальная	Линейная горизонтальная/ вертикальная	Линейная горизонтальная/ вертикальная	Линейная горизонтальная/ вертикальная
Сжатие сигнала в 1 дБ на выходе входных блоков приемника относительно входного сигнала (дБВт)	–62 по входу	–62 по входу	–62 по входу	–62 по входу
Допустимая плотность насыщения относительно сигнала на входе приемника	–114/–54 дБВт вход при усилении приемника 71/11 дБ	–114/–54 дБВт вход при усилении приемника 71/11 дБ	–114/–54 дБВт вход при усилении приемника 71/11 дБ	–114/–54 дБВт вход при усилении приемника 71/11 дБ
Допустимая максимальная мощность на входе приемника (дБВт)	+7	+7	+7	+7
Время работы (%)	30 от периода обращения	30 от периода обращения	30 от периода обращения	30 от периода обращения
Минимальное время получения изображения (с)	9	15	15	15
Зона обслуживания	Массивы суши и прибрежные зоны	Массивы суши и прибрежные зоны	Массивы суши и прибрежные зоны	Массивы суши и прибрежные зоны
Ширина полосы обзора (км)	50	20	16/320	16/320

ТАБЛИЦА 2

Типичные характеристики космических радиолокационных альтиметров в диапазоне 5,3 ГГц

Характеристики космической программы Jason	
Срок службы	5 лет
Высота	1 347 км ± 15 км
Наклонение	66°
Характеристики альтиметра Poseidon 2	
Тип сигнала	Импульсная линейная ЧМ
Частота повторения импульсов (ЧПИ) в С-диапазоне	300 Гц
Длительность импульса	105,6 мкс
Несущая частота	5,3 ГГц
Ширина полосы частот	320 МГц
Пиковая мощность РЧ излучения	17 Вт
Средняя мощность РЧ излучения	0,54 Вт
Усиление антенны	32,2 дБи
Апертура по уровню 3 дБ	3,4°
Максимальный уровень бокового лепестка	–20 дБ
Максимальный уровень заднего лепестка	–40 дБ
Зона обслуживания луча по уровню –3 дБ	77 км
Пороговый уровень помех	–118 дБВт

ТАБЛИЦА 3

Типичные характеристики космических рефлектометров в диапазоне 5,3 ГГц

Параметр	**Значение**	
Название системы	Рефлектометр 1	Рефлектометр 2
Высота орбиты (км)	780	800
Наклонение (градусы)	98,5	98,5
Центральная частота (ГГц)	5,3	5,255
Ширина импульса	70 мкс (середина) 130 мкс (фронт/спад)	8 мс (середина) 10,1 мс (фронт/спад)
Модуляция	Прерывистая незатухающая волна	Импульсная линейная ЧМ
Полосы пропускания передатчика (кГц)	15	500
ЧПИ (Гц)	115 (середина) 98 (фронт/спад)	29,4
Тип антенны	Щелевая волноводная	Щелевая волноводная

ТАБЛИЦА 3 (*окончание*)

Параметр	Значение			
Усиление антенны (дБи)	31 (середина) 32,5 (фронт/спад)		28,5 (середина) 29,5 (фронт/спад)	
Ориентация основного луча антенны (градусы)	Углы падения: 18–47 (середина) 24–57 (фронт/спад)		Углы падения: 25,0–54,5 (середина) 33,7–65,3 (фронт/спад)	
Ширина луча антенны (–3 дБ), угол места	24° (середина)	26° (фронт/спад)	23,6° (середина)	23,9° (фронт/спад)
Ширина луча по азимуту	1,3°	0,8°	1,1°	0,8°
Угол места аппаратуры (градусы)	29,3		37,6	
Поляризация антенны	Вертикальная		Вертикальная	
Пиковая мощность передатчика	4,8 кВт		120 Вт	
Шумовая температура приемника (дБ)	Коэффициент шума: 3		Коэффициент шума: 3	
Зона обслуживания	Океанские и прибрежные зоны, массивы суши		Океанские и прибрежные зоны, массивы суши	

Приложение 2

Ограничения на совместное использование частот космическими активными датчиками и высокоскоростными сетями WLAN в полосе 5250–5350 МГц

1 Введение

В данном Приложении представлены результаты трех анализов совместного использования частот в полосе 5250–5350 МГц космическими активными датчиками и высокоскоростными сетями WLAN или RLAN. В первом исследовании, рассмотренном в § 2 данного Приложения, использованы характеристики высококачественных сетей RLAN (HIPERLAN) типа 1 классов B и C и сетей HIPERLAN типа 2, а также характеристики радара с синтезированной апертурой SAR4. В этом исследовании показано, что совместная работа с радаром SAR4 возможна только для сетей HIPERLAN типа 1 класса B и сетей HIPERLAN типа 2 в полосе 5250–5350 МГц внутри помещений, в то время как совместная работа в указанной полосе невозможна для сетей HIPERLAN типа 1 класса C и для сетей HIPERLAN любого типа, предназначенных для работы вне помещений с техническими характеристиками, принятыми в данном исследовании.

Во втором исследовании, рассмотренном в § 3 данного Приложения, использованы сети RLAN трех типов (RLAN1, RLAN2 и RLAN3) и характеристики радаров SAR2, SAR3 и SAR4. В этом исследовании в отношении помех от одиночного передатчика, работающего вне помещения, показано, что помехи от передатчика высокоскоростной сети WLAN конфигурации RLAN1 были выше допустимого для SAR4 уровня, что помехи от передатчика высокоскоростной сети WLAN конфигурации RLAN2 были выше допустимого для SAR3 и SAR4 уровня, и что помехи от передатчика высокоскоростной сети WLAN конфигурации RLAN3 были выше допустимого для SAR4 уровня. При развертывании сетей RLAN вне и внутри помещений совместимость сетей RLAN1 с SAR2, SAR3 и SAR4 возможна при условии, что в зоне обслуживания SAR на 1 км^2 будет не более 12 активных передатчиков и в сети RLAN1 будет одночастотный канал.

Совместная работа невозможна для сети RLAN2 с SAR2, SAR3 и SAR4 в том случае, если в офисном пространстве будет 1200 активных передатчиков и 14 каналов в полосе шириной 300 МГц. Анализ показал, что при развертывании внутри помещения и с учетом помех радарам SAR от высокоскоростной сети WLAN в конфигурации RLAN3 любая плотность развертывания менее 37–305 передатчиков/км^2/канал даст приемлемые уровни помех радарам SAR в зависимости от отношения сигнал/шум (*S*/*N*) для пиксела SAR, используемого для получения изображения. Как предполагается, ожидаемая средняя плотность составит 1200 передатчиков для большой офисной площади и 250 передатчиков в промышленной зоне. Для предполагаемой высокой плотности размещения принято 14 каналов шириной по 23,6 МГц каждый в полосе 330 МГц. В отношении помех радарам SAR от высокоскоростных сетей WLAN в конфигурации RLAN3 анализ показывает, что локальные сети ЛВС обеспечивают приемлемый уровень помех для SAR только при плотности размещения менее 518–4270 передатчиков на км^2 при 14 каналах. Применительно к помехам SAR2 и SAR4 от сети RLAN3 это будет соответствовать примерно 3–12 крупным офисным зданиям или 15–60 промышленным зонам в зоне обслуживания SAR в зависимости от отношения S/N для пиксела SAR.

В третьем исследовании, рассмотренном в § 4 данного Приложения, использованы более критичные характеристики сети HIPERLAN типа 1 для сетей RLAN и характеристики альтиметра, приведенные в таблице 2. При рабочей ширине полосы в 320 МГц в диапазоне 5,3 ГГц радарный альтиметр совместим с сетями HIPERLAN.

В четвертом исследовании, рассмотренном в § 5 данного Приложения, использованы характеристики сети HIPERLAN типа 2 для сетей RLAN и характеристики рефлектометра, приведенные в таблице 3. При работе рефлектометра в диапазоне около 5,3 ГГц обеспечивается его совместимость с сетями HIPERLAN внутри помещений.

2 Исследование сетей HIPERLAN типов 1 и 2 и радаров SAR

2.1 Технические характеристики двух систем

Технические характеристики сетей WLAN, использованные для анализа совместимости, соответствуют характеристикам сетей HIPERLAN типов 1 и 2, по которым Европейским институтом стандартизации электросвязи (ЕТСИ) опубликованы соответствующие технические условия, а именно: EN 300 652 для типа 1 и TS 101 683 для типа 2. Величины других параметров, использованных при изучении (ослабление зданиями, эксплуатационный активный рабочий цикл, плотность сетей HIPERLAN и т. д.), согласованы в группе ERM ЕТСИ для данных исследований в Европе.

HIPERLAN типа 1:

Такие сети обеспечивают высокоскоростную связь RLAN, совместимую с проводными сетями ЛВС на основе стандартов ISO 8802.3 и ISO 8802.5 для сетей Ethernet и Token-ring.

Параметры HIPERLAN/1:

э.и.и.м. (высокая битовая скорость (HBR) в полосе 23,5 МГц, низкая битовая скорость (LBR) в полосе 1,4 МГц):

класс A: максимальная э.и.и.м. 10 дБм

класс B: максимальная э.и.и.м. 20 дБм

класс C: максимальная э.и.и.м. 30 дБм

Разнос между каналами: 30 МГц

Направленность антенны: всенаправленная

Минимальная полезная чувствительность приемника:	–70 дБм
Мощность шума приемника (23,5 МГц):	–90 дБм
Несущая/помеха (C/I) для BER 10^{-3} в режиме HBR:	20 дБ
Эффективная дальность (класс C):	50 м.

В данном исследовании рассматриваются только классы B (максимальная э.и.и.м. 100 мВт) и C (максимальная э.и.и.м. 1 Вт).

HIPERLAN типа 2:

Такие сети обеспечивают высокоскоростную связь RLAN, совместимую с проводными сетями ЛВС на основе стандартов ATM и IP.

Параметры HIPERLAN/2:

э.и.и.м.:	0,2 Вт (в полосе 5250–5350 МГц)
Ширина полосы канала:	16 МГц
Разнос между каналами:	20 МГц
Направленность антенны:	всенаправленная
Минимальная полезная чувствительность приемника:	от –68 дБм (на 54 Мбит/с) до –85 дБм (на 6 Мбит/с)
Мощность шума приемника (16 МГц):	–93 дБм
C/I:	8–15 дБ
Эффективная дальность:	30–80 м.

В европейских странах в полосе 5250–5350 МГц э.и.и.м. ограничена величиной 200 мВт и использование сетей HIPERLAN разрешено только при выполнении следующих обязательных требований:

– регулирование мощности передатчика (TPC) для обеспечения коэффициента ослабления помех не менее 3 дБ;

– динамический выбор частоты (DFS), связанный с механизмом выбора каналов, необходимый для обеспечения равномерного распределения нагрузки сетей HIPERLAN по полосе с минимальной шириной 330 МГц.

В настоящее время система HIPERLAN/1 не поддерживает эти два требования.

Динамический выбор частоты не только обеспечивает равномерное распределение нагрузки, но и позволяет обнаруживать в каждой системе HIPERLAN помехи от других систем и потому позволяет избежать работы в совмещенных каналах с другими системами, в частности, с радарными системами. Система определяет свободный для использования канал и автоматически подключается к нему. Это позволяет использовать большое число систем HIPERLAN в одном офисном помещении.

Необходимо отметить, что числа, указанные в сценариях развертывания, основаны на условии доступности всей полосы шириной в 330 МГц для сетей WLAN. При условии, что ширина полосы доступна в двух участках (5150–5350 МГц и 130 МГц выше частоты 5470 МГц) и с учетом разноса между каналами, а также необходимости создания защитных полос на границах этих двух участков, принятое в данном исследовании число каналов равно 8 для сетей типа 1 и 14 для сетей типа 2.

Другие используемые в данном исследовании параметры HIPERLAN согласованы с ЕТСИ:

– среднее затухание в зданиях в направлении оборудования ССИЗ: 17 дБ;

– коэффициент активности: 5%;

– процент использования вне помещений: 15%;

– сценарии развертывания: 1200 систем для больших офисных зданий, 250 систем для промышленных зон.

Для космических активных датчиков взяты характеристики SAR, приведенные в Приложении 1 к данной Рекомендации. Радар типа SAR4 взят в качестве примера для анализа помех SAR от сети HIPERLAN, однако такие же результаты можно получить и для других типов. Для анализа помех HIPERLAN от SAR взяты радары SAR типов 2–4.

2.2 Анализ совместного использования частот (помехи SAR от WLAN)

Анализ совместного использования частот, приведенный в таблице 4 для трех рассматриваемых случаев, а именно: HIPERLAN типа 1 (класс B и класс C) и типа 2.

С учетом ожидаемой плотности размещения сетей HIPERLAN (1200 систем в крупном офисном здании и 250 для промышленных зон) варианты работы только вне помещений и при смешанном (вне и внутри помещений) не представляют собой возможные сценарии совместного использования частот для любого из трех рассматриваемых случаев.

При развертывании только внутри помещений совместное использование частот для системы с большой мощностью типа 1 класса C невозможна, в то время как проблема совместного использования частот для типа 1 класса B и для типа 2 требует дальнейшего рассмотрения.

Фактически предел в 440 систем, приведенный в таблице 4 для сетей типа 2 внутри помещений, относится только к одному каналу. С учетом указанного выше механизма выбора частоты DFS можно полагать, что системы HIPERLAN типа 2 можно распределить по 14 имеющимся каналам, что дает теоретический верхний предел в 6160 систем на площади 76,5 км^2 зоны обслуживания SAR. Для типа 1 класса B верхний предел равен 5208 системам.

ТАБЛИЦА 4

Допустимая емкость активных HIPERLAN в каналах, совместно используемых с SAR4

Тип HIPERLAN	**Тип 1/Класс B**		**Тип 1/Класс C**		**Тип 2**	
Параметр	**Значение**	**дБ**	**Значение**	**дБ**	**Значение**	**дБ**
Максимальная мощность передачи (Вт) Среднее влияние ТРС	0,1 Нет данных	–10	1 Нет данных	0	0,2	–7 –3
Расстояние (км) и потери в свободном пространстве	425,7	–159,5	425,7	–159,5	425,7	–159,5
Дополнительные потери на трассе передачи (дБ): – Только вне помещений – Только внутри помещений – Смешанный (15% вне помещений)		0 –17 –7,8		0 –17 –7,8		0 –17 –7,8
Усиление антенны передатчика (дБ)		0		0		0

ТАБЛИЦА 4 (*окончание*)

Тип HIPERLAN	**Тип 1/Класс B**		**Тип 1/Класс C**		**Тип 2**	
Параметр	**Значение**	**дБ**	**Значение**	**Параметр**	**Значение**	**дБ**
Усиление антенны приемника (дБ)		42,7		42,7		42,7
Потери на поляризацию (дБ)		–3		–3		–3
Пороговый уровень помех SAR (I/N = –6 дБ), (дБ(Вт/Гц))		–205,4		–205,4		–205,4
Принимаемая мощность (дБ(Вт/канал)) (канал: 23,5 МГц тип 1/16 МГц тип 2): – Только вне помещений – Только внутри помещений – Смешанный (15% вне помещений)		 –129,8 –146,8 –137,6		 –119,8 –136,8 –127,6		 –129,8 –146,8 –137,6
Принимаемая мощность (дБ(Вт/Гц)): – Только вне помещений – Только внутри помещений – Смешанный (15% вне помещений)		 –203,5 –220,5 –211,3		 –193,5 –210,5 –201,3		 –201,8 –218,8 –209,6
Запас дБ/($Гц^{-1}$): – Только вне помещений – Только внутри помещений – Смешанный (15% вне помещений)		 –1,9 15,1 5,9		 –11,9 5,1 –4,1		 –3,6 13,4 4,2
Зона обслуживания антенны SAR ($км^2$)	76,5	18,8	76,5	18,8	76,5	18,8
Допустимая плотность активной HIPERLAN (/$км^2$/канал): – Только вне помещений – Только внутри помещений – Смешанный (15% вне помещений)	 0,0085 0,43 0,051	 –20,7 –3,7 –12,9	 0,00085 0,043 0,0051	 –30,7 –13,7 –22,9	 0,0058 0,29 0,034	 –22,4 –5,4 –14,6
Коэффициент активности	5%	13	5%	13	5%	13
Допустимая общая (активная + пассивная) плотность HIPERLAN (/$км^2$/канал): – Только вне помещений – Только внутри помещений – Смешанный (15% вне помещений)	 0,17 8,51 1,02	 –7,7 9,3 0,1	 0,017 0,851 0,102	 –17,7 –0,7 –9,9	 0,11 5,75 0,69	 –9,4 7,6 –1,6
Максимальное число активных + пассивных HIPERLAN на канал в зоне обслуживания SAR (76,5 $км^2$): – Только вне помещений – Только внутри помещений – Смешанный (15% вне помещений)	 13 651 78		 1 65 8		 8 440 53	

Эти результаты соответствуют примерно пяти крупным офисным зданиям в зоне обслуживания SAR на площади 76,5 $км^2$, и хотя этот случай далек от наихудшего, его можно считать обоснованным допущением для городских и пригородных зон.

Поэтому можно заключить, что, хотя и с небольшим запасом, эти две службы могут совместно использовать данную полосу частот, если системы HIPERLAN типа 2 или типа 1 класса B развернуты внутри помещений.

Механизм выбора DFS обеспечивает равномерное распределение нагрузки по имеющимся каналам. Если механизм выбора каналов основан не на произвольном выборе, то указанное выше исходное предположение будет, по-видимому, неточным, и выводы будут нуждаться в пересмотре.

2.3 Анализ совместного использования частот (помехи высокоскоростным сетям WLAN от SAR)

Первым этапом анализа возможности помех от космических SAR высокоскоростным WLAN является определение мощности сигнала в боковых лепестках космического SAR у поверхности Земли. В данном анализе использовалось медианное значение усиления бокового лепестка, поскольку зона обслуживания этих лепестков является значительно большей, чем для случая пикового усиления, и дает более длительные помехи. Затем определяется пороговый уровень помех для приемника высокоскоростной сети WLAN. После чего вычисляется запас по помехам путем сравнения порогового уровня помех SAR с пороговым уровнем помех сети ЛВС. В таблице 5 приведен порог помех для беспроводных высокоскоростных локальных сетей, развернутых вне помещений в полосе 5250–5350 МГц, от боковых лепестков SAR2–4. В этой таблице показан положительный запас, что соответствует положительному сценарию совместного использования частот.

ТАБЛИЦА 5

Влияние боковых лепестков SAR на высокоскоростные сети WLAN

Параметр	SAR2		SAR3		SAR4	
	Значение	**дБ**	**Значение**	**дБ**	**Значение**	**дБ**
Мощность передачи (Вт)	4 800,00	36,81	1 700,00	32,30	1 700,00	32,30
Усиление антенны передатчика (дБ)	–5,00	–5,00	–5,00	–5,00	–5,00	–5,00
Усиление антенны приемника (дБ)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Длина волны (м)	$5{,}65 \times 10^{-2}$	–24,96	$5{,}65 \times 10^{-2}$	–24,96	$5{,}65 \times 10^{-2}$	–24,96
$(4\pi)^{-2}$	$6{,}33 \times 10^{-3}$	–21,98	$6{,}33 \times 10^{-3}$	–21,98	$6{,}33 \times 10^{-3}$	–21,98
Расстояние (км)	638,51	–116,10	425,67	–112,58	425,67	–112,58
Сужение полосы частот (дБ)	–12,87	–12,87	–12,87	–12,87	–3,98	–3,98
Принимаемая мощность (дБВт)		–144,11		–145,09		–136,20
Пороговый уровень помех HIPERLAN		–115,00		–115,00		–115,00
Запас (дБ)		29,11		30,09		21,20

Однако для SAR2–4 пиковые значения усиления антенны на 43–47,7 дБ выше средних уровней боковых лепестков, равных –5 дБи. Поэтому во время пролета спутника, длящегося примерно 0,5–1,0 с для основного лепестка SAR, уровень помех от SAR у поверхности Земли будет выше порогового уровня помех WLAN для наихудшего случая (для сети HIPERLAN типа 2 = –115 дБВт). Это показано в таблице 5 в виде отрицательного запаса.

Более точным способом определения максимально допустимого уровня помех будет учет отношения *C*/*I*, которое должно быть больше 15 дБ. Если передатчики сети RLAN находятся в пределах 50 м друг от друга (сценарий наихудшего случая), то уровень допустимых помех можно поднять на 10 дБ (–105 дБВт вместо –115 дБВт). Для SAR4 этот анализ дает запас для наихудшего случая, равный –16,5 дБ при расположении оборудования вне помещения. При

развертывании сетей RLAN внутри помещений (ослабление в 17 дБ) в данном анализе получается положительный сценарий совместного использования с очень малым запасом. Период повторного пролета для спутника SAR равен 8–10 суток, хотя SAR не обязательно будет работать на каждом витке. Поэтому данная зона на поверхности Земли будет облучаться основным лепестком одиночного SAR не более 0,5–1,0 с каждые 8–10 суток.

2.4 Заключение

В отношении помех датчикам SAR от сетей WLAN анализ дает три основных вывода для полосы 5250–5350 МГц:

– Сети WLAN, развернутые только внутри помещений, могут работать совместно с SAR, а при работе сетей WLAN вне помещений совместная работа с SAR невозможна.

– Сети WLAN со средней э.и.и.м., ограниченной величиной 200 мВт (или 100 мВт, если не используется режим ТРС), при среднем пределе плотности э.и.и.м.[1], равном 10 мВт в любой полосе шириной 1 МГц, совместимы с работой SAR.

– В дополнение к вышесказанному, в системах WLAN для обеспечения совместной работы с SAR необходимо соблюдение двух условий:

  – регулирование мощности передатчика для обеспечения коэффициента ослабления помех не менее 3 дБ; без использования регулирования ТРС средняя э.и.и.м. не должна превышать 100 мВт в любом канале шириной 20 МГц;

  – использование системы DFS, относящейся к механизму выбора каналов, необходимое для обеспечения равномерного распределения нагрузки каналов сети WLAN по полосе минимум 330 МГц.

Анализ помех от SAR сетям WLAN дает положительные результаты при развертывании WLAN внутри помещений.

3 Исследования сетей RLAN и радаров SAR

3.1 Технические характеристики типовых высокоскоростных сетей WLAN

Технические характеристики типовых высокоскоростных WLAN в диапазоне 5,3 ГГц приведены для трех конфигураций. Эти высокоскоростные WLAN иногда именуются радиосетями ЛВС или RLAN. В данном анализе для конфигураций приняты такие характеристики, при которых приемникам SAR создаются наибольшие помехи. Информация для первой конфигурации (RLAN1) высокоскоростных WLAN взята из Отчета Федеральной комиссии связи США (ФКС) и Директивы ФКС 97-7 от 9 января 1997 года, а для сетей HIPERLAN – из Документа 7C/54 от 18 сентября 1996 года. Эти характеристики приведены в таблице 6. Информация для второй конфигурации (RLAN2) высокоскоростных WLAN взята из материалов Группы координации космических частот (SFCG)-18/45, 8–17 сентября 1998 года. Вторая конфигурация, RLAN2, характеризуется заметным повышением мощности передатчиков высокоскоростных WLAN, увеличением соотношения использования сетей в помещениях и вне их, что ведет к меньшим величинам среднего ослабления зданиями, повышением коэффициента активности и ожидаемой

[1] Средняя э.и.и.м. означает э.и.и.м., усредненную по пакету передачи при максимальной установке регулирования мощности.

плотности развертывания. Информация по третьей конфигурации (RLAN3) высокоскоростных WLAN взята из материалов Группы координации космических частот (SFCG)-19/39, 8–15 сентября 1999 г. и документа 7C/110 "Ограничения при совместном использовании частот космическими активными датчиками (SAR) и беспроводными высокоскоростными локальными сетями в полосе 5250–5350 МГц" от 17 февраля 1999 года. Третья конфигурация, RLAN3, ограничена применением только внутри помещений с предполагаемой медианной плотностью развертывания.

ТАБЛИЦА 6

Технические характеристики высокоскоростных сетей WLAN в диапазоне 5,3 ГГц

Параметр	Значение		
	RLAN1	RLAN2	RLAN3
Пиковая излучаемая мощность (Вт)	0,25	1,00	0,20
Развертывание (%)	99 в помещениях/ 1 вне помещений	85 в помещениях/ 15 вне помещений	100 в помещениях/ 0 вне помещений
Среднее ослабление (дБ)	17,0	7,8	17,0
Поляризация	Произвольная	Произвольная	Произвольная
Ширина полосы (МГц)	23,6	23,6/канал (14 каналов)	23,6/канал (14 каналов)
Коэффициенты заполнения помех для SAR (%)	100	100	100
Рабочая активность (коэффициент активности (%))	1	5	5
Средняя плотность (передатчиков/км^2)	12	1200/офисная зона (89 000/км^2/канал)	1200/офисная зона, 250/промышленная зона
Пороговый уровень помех (дБВт)	−120	−120 (будет уточнен)	−100

3.2 Помехи SAR от высокоскоростных сетей WLAN

Первым этапом анализа возможных помех от высокоскоростных сетей WLAN приемникам космических SAR является определение мощности сигнала от одиночного передатчика высокоскоростной сети WLAN, принимаемого космическим SAR. Затем можно вычислить запас по одиночному мешающему излучателю путем сравнения уровня помех с порогом помех SAR. Зная зону обслуживания SAR, можно вычислить допустимую плотность активных передатчиков сетей WLAN с использованием консервативного значения коэффициента активности для части передатчиков, работающих в какой-либо один и тот же период времени.

3.2.1 Помехи от одиночного передатчика сети RLAN, находящегося вне помещения

В таблице 7 представлены помехи от одиночного передатчика высокоскоростной сети RLAN в полосе 5250–5350 МГц для SAR2–4. Система SAR1 не используется, поскольку она предназначена для работы в полосе 5150–5250 МГц. В сетях RLAN1, RLAN2 и RLAN3 предполагается использование всенаправленной антенны. В таблице 7 показан отрицательный запас для передатчиков высокоскоростных сетей WLAN (RLAN1, RLAN2 и RLAN3) в отношении SAR4. Что касается SAR3, в таблице 7 показан положительный запас для передатчиков сетей RLAN1 и RLAN3 и отрицательный запас для сети RLAN2. Что касается SAR2 и помех от сетей RLAN1, RLAN2 и RLAN3, имеется положительный запас по помехам для передатчиков всех этих сетей.

ТАБЛИЦА 7

Помеха радарам SAR от одиночного передатчика RLAN вне помещения

Параметр	SAR2		SAR3		SAR4	
	Значение	дБ	Значение	дБ	Значение	дБ
Мощность передачи (Вт)						
RLAN1	0,25	–6,02	0,25	–6,02	0,25	–6,02
RLAN2	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00
RLAN3	0,20	–6,99	0,20	–6,99	0,20	–6,99
Ослабление в зданиях (дБ)		0,00		0,00		0,00
Усиление антенны передатчика (дБ)		0,00		0,00		0,00
Усиление антенны приемника (дБ)		43,33		44,52		44,52
Потери на поляризацию (дБ)		–3,00		–3,00		–3,00
Длина волны (м)	$5{,}65 \times 10^{-2}$	–24,96	$5{,}65 \times 10^{-2}$	–24,96	$5{,}65 \times 10^{-2}$	–24,96
$(4\pi)^{-2}$	$6{,}33 \times 10^{-3}$	–21,98	$6{,}33 \times 10^{-3}$	–21,98	$6{,}33 \times 10^{-3}$	–21,98
Расстояние (км)	638,51	–116,10	425,67	–112,58	425,67	–112,58
Принимаемая мощность (дБВт)						
RLAN1		–128,74		–124,03		–124,03
RLAN2		–122,72		–118,00		–118,00
RLAN3		–129,71		–124,99		–124,99
Коэффициент шума (дБ)		4,62		4,62		4,62
$k\,T$	$4{,}00 \times 10^{-21}$	–203,98	$4{,}00 \times 10^{-21}$	–203,98	$4{,}00 \times 10^{-21}$	–203,98
Полоса пропускания приемника (МГц)	356,50	85,52	356,50	85,52	46,00	76,63
Мощность шума (дБВт)		–113,84		–113,84		–122,73
Пороговый уровень помехи SAR ($I/N = -6$ дБ)		–119,84		–119,84		–128,73
Запас (дБ)						
RLAN1		8,90		4,19		–4,71
RLAN2		2,88		–1,83		–10,73
RLAN3		9,87		5,16		–3,74

3.2.2 Помехи от передатчиков сети RLAN, развертываемых внутри помещений

В таблице 8 приведена допустимая плотность высокоскоростных сетей WLAN с конфигурацией RLAN1 в полосе 5250–5350 МГц с учетом помех для SAR2–4. Что касается SAR4, в таблице 8 показано, что допустимая плотность высокоскоростных сетей WLAN с конфигурацией RLAN1 составит примерно 118 передатчиков на км^2, ниже которой уровень помех для SAR4 в полосе 40 МГц приемлем. На основании информации об ожидаемой плотности развертывания сетей HIPERLAN из Документа 7C/54 от 18 сентября 1996 года, средняя плотность таких сетей в Европе оценивалась на то время на уровне порядка 12 передатчиков/км^2. Ожидается, что плотность в столичных и густонаселенных зонах будет выше средних значений. В таблице 9 приведена допустимая плотность сетей WLAN с конфигурацией RLAN2 в полосе 5250–5350 МГц с учетом помех для SAR2–4. Что касается SAR4, в таблице 9 показано, что допустимая плотность сетей WLAN с конфигурацией RLAN2 составит примерно 0,2 передатчика/км^2, или эквивалентно – 1 передатчик на 5 км^2, ниже которой уровень помех для SAR4 в полосе 40 МГц приемлем. Эту низкую допустимую плотность следует сравнить с ожидаемой плотностью развертывания из Документа SFCG-18/45, 8–17 сентября 1998 года, равной 1200 передатчиков на офисную зону; имеется также сеть RLAN2, развертываемая в помещениях, с емкостью 89 × 10^3/км^2/канал при расстояниях разноса около 0,5 м. При такой ожидаемой высокой плотности будут использоваться 14 каналов шириной по 23,6 МГц каждый в полосе 330 МГц. В таблице 10 показана допустимая плотность высокоскоростных сетей WLAN с конфигурацией RLAN3 в полосе 5250–5350 МГц с учетом помех для SAR2–4. Что касается SAR4, в таблице 10 показано, что плотность сетей WLAN с конфигурацией RLAN3 составит примерно 37 передатчиков/км^2/канал, ниже которой уровень помех для SAR4 с полосой 40 МГц приемлем. При такой ожидаемой высокой плотности будут использоваться 14 каналов шириной по 23,6 МГц каждый в полосе 330 МГц. Тогда для 14 каналов допустимая плотность составит 518 передатчиков/км^2. Эту низкую допустимую плотность следует сравнить с ожидаемой плотностью развертывания из Документа 7C/110, составляющей 1200 передатчиков на крупную офисную зону и 250 передатчиков на промышленную зону. Таким образом, что касается SAR4, допустимая плотность будет меньше, чем для одной крупной офисной зоны и примерно двух промышленных зон, что представляется нереальным. Что касается SAR2 и SAR4, допустимая плотность при 14 каналах будет 4270 и 3990 передатчиков, соответственно. Это соответствует примерно трем крупным офисным зданиям или 15 промышленным зонам, что можно считать несколько более реалистичным допущением для городских и пригородных зон.

Для SAR, используемых для получения изображений, при S/N = 8 дБ или более отношение I/N может быть равно 0 дБ без снижения стандартного отклонения мощности пиксела более чем на 10%. Это повышает допустимую плотность размещения передатчиков в 4 раза. Для помех SAR2 и SAR4 от сети RLAN3 это будет соответствовать примерно 12 крупным офисным зданиям или 60 промышленным зонам в зоне обслуживания SAR. Однако для интерферометрических SAR отношение I/N должно быть ниже –6 дБ независимо от величины S/N.

ТАБЛИЦА 8

Помехи датчикам SAR от высокоскоростных сетей WLAN типа RLAN1

Параметр	SAR2		SAR3		SAR4	
	Значение	**дБ**	**Значение**	**дБ**	**Значение**	**дБ**
Мощность передачи (Вт)	0,25	–6,02	0,25	–6,02	0,25	–6,02
Ослабление в зданиях (дБ)		–17,00	17,00	–17,00	17,00	–17,00
Усиление передающей антенны (дБ)		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Усиление приемной антенны (дБ)		43,33	44,52	44,52	44,52	44,52
Потери на поляризацию (дБ)		–3,00	3,00	–3,00	3,00	–3,00
Длина волны (м)	$5{,}65 \times 10^{-2}$	–24,96	$5{,}65 \times 10^{-2}$	–24,96	$5{,}65 \times 10^{-2}$	–24,96
$(4\pi)^{-2}$	$6{,}33 \times 10^{-3}$	–21,98	$6{,}33 \times 10^{-3}$	–21,98	$6{,}33 \times 10^{-3}$	–21,98
Расстояние (км)	638,51	–116,10	425,67	–112,58	425,67	–112,58
Принимаемая мощность (дБВт)		–145,74		–141,03		–141,03
Коэффициент шума (дБ)		4,62	4,62	4,62	4,62	4,62
$k\,T$	$4{,}00 \times 10^{-21}$	–203,98	$4{,}00 \times 10^{-21}$	–203,98	$4{,}00 \times 10^{-21}$	–203,98
Полоса пропускания приемника (МГц)	356,50	85,52	356,50	85,52	46,00	76,63
Мощность шума (дБВт)		–113,84		–113,84		–122,73
Пороговый уровень помехи SAR ($I/N = -6$ дБ)		–119,84		–119,84		–128,73
Запас (дБ)		25,90		21,19		12,29
Зона обслуживания SAR (км^2)	159,03	22,01	57,55	17,60	57,55	17,60
Средняя мощность у поверхности Земли для сетей HIPERLAN (дБ(Вт/км^2))		3,88		3,59		–5,31
Активных передатчиков/км^2	9,78		9,14		1,18	
Активных передатчиков/км^2 при коэффициенте активности 1%	978,40		913,56		117,88	

ТАБЛИЦА 9

Помехи датчикам SAR от высокоскоростных сетей WLAN типа RLAN2

Параметр	SAR2		SAR3		SAR4	
	Значение	**дБ**	**Значение**	**дБ**	**Значение**	**дБ**
Мощность передачи (Вт)	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00
Ослабление в зданиях (дБ)		–7,80	7,80	–7,80	7,80	–7,80
Усиление передающей антенны (дБ)		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Усиление приемной антенны (дБ)		43,33	44,52	44,52	44,52	44,52
Потери на поляризацию (дБ)		–3,00	3,00	–3,00	3,00	–3,00
Длина волны (м)	$5{,}65 \times 10^{-2}$	–24,96	$5{,}65 \times 10^{-2}$	–24,96	$5{,}65 \times 10^{-2}$	–24,96
$(4\pi)^{-2}$	$6{,}33 \times 10^{-3}$	–21,98	$6{,}33 \times 10^{-3}$	–21,98	$6{,}33 \times 10^{-3}$	–21,98
Расстояние (км)	638,51	–116,10	425,67	–112,58	425,67	–112,58
Принимаемая мощность (дБВт)		–130,52		–125,80		–125,80
Коэффициент шума (дБ)		4,62	4,62	4,62	4,62	4,62
$k\,T$	$4{,}00 \times 10^{-21}$	–203,98	$4{,}00 \times 10^{-21}$	–203,98	$4{,}00 \times 10^{-21}$	–203,98
Полоса пропускания приемника (МГц)	356,50	85,52	356,50	85,52	46,00	76,63
Мощность шума (дБВт)		–113,84		–113,84		–122,73
Пороговый уровень помехи SAR ($I/N = -6$ дБ)		–119,84		–119,84		–128,73
Запас (дБ)		10,68		5,97		–2,93
Зона обслуживания SAR (км^2)	159,03	22,01	57,55	17,60	57,55	17,60
Средняя мощность у поверхности Земли для сетей HIPERLAN (дБ(Вт/км^2))		–11,34		–11,63		–20,53
Активных передатчиков/км^2	0,07		0,07		0,01	
Активных передатчиков/км^2 при коэффициенте активности 5%	1,47		1,37		0,18	

Что касается самоограничивающейся плотности размещения, при которой близко расположенные высокоскоростные сети WLAN создают взаимные помехи, для сети RLAN3 предполагается, что высокоскоростные сети WLAN занимают 14 каналов по 23,6 МГц каждый в полосе 330 МГц при расстоянии между передатчиками 0,5 м, что дает возможную плотность 89×10^3/км^2/канал в небольших зонах, соответствующих крупной офисной зоне. Для приемника сети ЛВС уже не требуется, чтобы помехи были ниже –100 дБВт, но при этом отношение C/N должно быть больше 20 дБ. Это позволяет использовать передатчики на расстоянии 0,5 м друг от друга без взаимных помех.

ТАБЛИЦА 10

Помехи датчикам SAR от высокоскоростных сетей WLAN типа RLAN3

Параметр	SAR2		SAR3		SAR4	
	Значение	дБ	Значение	дБ	Значение	дБ
Мощность передачи (Вт)	0,20	–6,99	0,20	–6,99	0,20	–6,99
Ослабление в зданиях (дБ)		–17,00		–17,00		–17,00
Усиление передающей антенны (дБ)		0,00		0,00		0,00
Усиление приемной антенны (дБ)		43,33		44,52		44,52
Потери на поляризацию (дБ)		–3,00		–3,00		–3,00
Длина волны (м)	$5{,}65 \times 10^{-2}$	–24,96	$5{,}65 \times 10^{-2}$	–24,96	$5{,}65 \times 10^{-2}$	–24,96
$(4\pi)^{-2}$	$6{,}33 \times 10^{-3}$	–21,98	$6{,}33 \times 10^{-3}$	–21,98	$6{,}33 \times 10^{-3}$	–21,98
Расстояние (км)	638,51	–116,10	425,67	–112,58	425,67	–112,58
Принимаемая мощность (дБВт)		–146,71		–141,99		–141,99
Коэффициент шума (дБ)		4,62		4,62		4,62
$k\,T$	$4{,}00 \times 10^{-21}$	–203,98	$4{,}00 \times 10^{-21}$	–203,98	$4{,}00 \times 10^{-21}$	–203,98
Полоса пропускания приемника (МГц)	356,50	85,52	356,50	85,52	46,00	76,63
Мощность шума (дБВт)		–113,84		–113,84		–122,73
Пороговый уровень помехи SAR (I/N = –6 дБ)		–119,84		–119,84		–128,73
Запас (дБ)		26,87		22,16		13,26
Зона обслуживания SAR (км^2)	159,03	22,01	57,55	17,60	57,55	17,60
Средняя мощность у поверхности Земли для сетей HIPERLAN (дБ(Вт/км^2))		4,85		4,56		–4,34
Активных передатчиков/км^2/канал	15,29		14,27		1,84	
Активных передатчиков/км^2/канал при коэффициенте активности 5%	305,75		285,49		36,84	

3.3 Помехи от радаров SAR высокоскоростным сетям WLAN

Первым этапом анализа возможности помех от космических SAR высокоскоростным сетям WLAN является определение мощности сигнала от космического SAR у поверхности Земли. Затем определяется порог приемника высокоскоростной сети WLAN. После этого можно вычислить запас по помехам путем сравнения уровня помех SAR с порогом помех для сети ЛВС. Что касается SAR1–4, пиковые значения коэффициента усиления антенн будут на 40–50 дБ больше средних уровней боковых лепестков, равных –5 дБи. Поэтому во время пролета спутника, когда излучение основного лепестка SAR будет действовать в течение 0,5–1,0 с, уровень помех SAR у поверхности Земли будет намного больше порога помех для сети RLAN1. Однако, что касается сети RLAN2, максимально допустимым уровнем помех является не величина –120 дБВт, а отношение C/I, превышающее 20 дБ, что в случае расположения передатчиков на расстоянии 0,5 м один от другого может превысить уровень допустимых помех на 50–80 дБ.

Ситуация для сети RLAN3 аналогична ситуации для сети RLAN2. Для типовых SAR2–4 пиковые коэффициенты усиления антенн на 14–38 дБ выше средних уровней боковых лепестков, равных –5 дБи. Поэтому в течение пролета спутника, продолжительность которого по основному лепестку SAR составит примерно 0,5–1,0 с, уровни помех от SAR у поверхности Земли будут заметно выше порога помех для сети RLAN3. Однако, что касается сети RLAN3, максимально допустимым уровнем помех является не величина –120 дБВт, а отношение C/I , превышающее 20 дБ, что в случае расположения передатчиков на расстоянии 0,5 м один от другого может превысить уровень допустимых помех на 50–80 дБ. Период повторного пролета SAR составляет 8–10 суток, хотя SAR необязательно будет активным на каждом повторном витке. Поэтому данная зона Земли будет облучаться лучом SAR не чаще 0,5–1,0 с каждые 8–10 суток.

3.4 Заключение

В данной Рекомендации проведен анализ возможных помех между высокоскоростными сетями WLAN с конфигурацией RLAN3 и космическими радарами с синтезированной апертурой (SAR) в полосе 5250–5350 МГц для: 1) одиночного передатчика сетей RLAN1–3, развернутого вне помещения, и 2) плотности развертывания сети RLAN3 в помещении. Что касается одиночного передатчика, развернутого вне помещения, то помехи передатчика высокоскоростной сети WLAN с конфигурацией RLAN1 были выше приемлемого уровня для SAR4, помехи передатчика высокоскоростной сети WLAN с конфигурацией RLAN2 были выше приемлемого уровня для SAR3 и SAR4, а помехи передатчика высокоскоростной сети WLAN с конфигурацией RLAN3 были выше приемлемого уровня для SAR4.

В отношении помех радарам SAR от высокоскоростных сетей WLAN с конфигурацией RLAN1, анализ показывает, что при любой плотности на поверхности Земли ниже 32–128 передатчиков/км^2 уровни помех для SAR будут приемлемыми, в зависимости от отношения S/N для пиксела SAR, используемого для получения изображения. Ожидаемая средняя плотность для Европы ранее оценивалась всего лишь как 12 передатчиков/км^2. При плотности, составляющей 0,32 активных передатчиков/км^2 (плотность, равная 32 передатчикам/км^2 при коэффициенте активности 1%), в типичной высокоскоростной сети WLAN (мощность передатчика 0,25 Вт), развернутой вне помещений, будут возникать внутренние помехи на уровне –120 дБВт, что соответствует порогу помех высокоскоростных сетей WLAN с конфигурацией RLAN1. В отношении помех радарам SAR от высокоскоростных сетей WLAN с конфигурацией RLAN2, анализ показывает, что только при плотности на поверхности Земли ниже 0,2–1,5 передатчиков/км^2 сети ЛВС обеспечивают приемлемый уровень помех для SAR в зависимости от отношения S/N для пиксела SAR, используемого для получения изображения. Предполагаемая в настоящее время средняя плотность равна 1200 передатчиков в офисной зоне, т. е. около 89×10^3/км^2/канал. Ожидаемая высокая плотность соответствует 14 каналам шириной 23,6 МГц каждый в полосе 330 МГц. Анализ показал, что при развертывании в помещении с учетом помех радарам SAR от высокоскоростных сетей WLAN с конфигурацией RLAN3 любая плотность размещения менее 37–305 передатчиков/км^2/канал дает приемлемые уровни помех для SAR в зависимости от отношения S/N для пиксела SAR, используемого для получения изображения. Ожидаемая средняя плотность составляет, по оценкам, 1200 передатчиков в крупной офисной зоне и 250 передатчиков в промышленной зоне. Ожидаемая высокая плотность соответствует 14 каналам шириной 23,6 МГц каждый в полосе 330 МГц. В отношении помех радарам SAR от высокоскоростной сети WLAN с конфигурацией RLAN3, анализ показывает, что только при плотности размещения менее 518–4270 передатчиков/км^2 при 14 каналах сети ЛВС дают приемлемый уровень помех для SAR. Что касается помех для SAR2 и SAR4 от сети RLAN3, это будет соответствовать примерно

3−12 крупным офисным зданиям или 15–60 промышленным зонам в зоне обслуживания SAR в зависимости от отношения *S*/*N* для пиксела SAR, используемого для получения изображения.

Что касается помех от космических SAR высокоскоростным сетям WLAN с конфигурацией RLAN1 в полосе 5250–5350 МГц, уровни помех от боковых лепестков SAR у поверхности Земли на 14–38 дБ ниже порога помех для сети ЛВС. В отношении пиковых уровней помех от антенны SAR в течение пролета спутника, когда основной лепесток SAR пересекает данный пункт в течение примерно 0,5–1,0 с, уровни помех от SAR у поверхности Земли заметно превышают пороги помех для сети RLAN1 на 10–30 дБ. Однако для сетей RLAN2 и RLAN3 максимальными допустимыми уровнями помех являются не уровни –120 дБВт и –100 дБВт, соответственно, а отношение *C*/*I* более 20 дБ, что в случае расположения передатчиков на расстоянии 0,5 м друг от друга может повысить уровень допустимых помех на 50–80 дБ, так что излучение SAR даже в основном лепестке может оказаться ниже порога помех для сетей ЛВС. Поскольку период повторного пролета SAR составляет 8–10 суток и SAR необязательно будет активным в каждый повторный пролет, данная зона на поверхности Земли будет облучаться основным лепестком SAR не более 0,5–1,0 с каждые 8–10 суток.

4 Исследование сетей RLAN и альтиметров

4.1 Помехи альтиметрам от сетей RLAN

В данном анализе рассматривается одна сеть RLAN типа HIPERLAN в основном лепестке альтиметра.

Альтиметр работает в расширенной полосе 320 МГц, а в сетях HIPERLAN ширина полосы каналов, попадающих в полосу альтиметра, меняется в пределах от 16 МГц (тип 2) до 23,5 МГц (тип 1). Максимальная э.и.и.м. передачи (P_hG_h) в сети HIPERLAN равна 30 дБм (тип 1) или 23 дБм (тип 2). Коэффициент усиления антенны альтиметра (G_0) равен 32,2 дБ. G_a означает внеосевое усиление антенны в направлении сети HIPERLAN при дополнительных потерях на входе (L) около 1 дБ. Антенна альтиметра размером 1,2 м наводится в точку надира. Расстояние от альтиметра до сети HIPERLAN обозначается как R.

Мощность сигналов от одной сети HIPERLAN, принимаемых альтиметром в опорном направлении радара SAR (т. е. $G_a = G_0$), равна:

$$P_r = \frac{P_h G_h G_a \lambda^2}{(4\pi)^2 R^2 L} . \quad (1)$$

Для более критичных параметров сети HIPERLAN типа 1 (см. § 2.2) значение *Pr* принимается равным –108,3 дБм.

Порог помех для альтиметра равен –88 дБм. Поэтому можно считать, что альтиметр может работать при одновременном функционировании нескольких сетей HIPERLAN, так как запас по помехам составляет 20,3 дБ. Кроме того, альтиметр предназначен в основном для измерений в зоне океанов и не обеспечивает получение точных данных, когда луч антенны направлен на обширные массивы суши. На основании данного анализа очевидно, что альтиметр может работать совместно с сетями HIPERLAN.

Для полноты картины можно вычислить допустимое число сетей HIPERLAN в зоне обслуживания SAR по уровню –3 дБ, при котором альтиметр может работать при полете над сухопутной территорией. Методика такого расчета приведена в § 4.1.1 данной Рекомендации.

Проведенные расчеты показывают, что альтиметр может работать при помехах, создаваемых сетями HIPERLAN числом от 586 (вне помещений) до 4664 (внутри помещений). При этом имеется дополнительный запас, так как:

– не учтены потери на поляризацию и дополнительные потери на распространение сигналов (около 3 дБ);

– не учтены методы ослабления помех, например регулирование мощности передатчика (предполагается, что они дадут еще не менее 3 дБ);

– при моделировании было завышено усиление альтиметра в направлении устройств сети HIPERLAN.

Кроме того, ожидается, что, как правило, в диапазоне частот, где работают альтиметры, будут развертываться только системы HIPERLAN типа 2, что улучшает ситуацию вследствие меньшей максимальной э.и.и.м. (200 мВт).

Поэтому можно сделать вывод, что альтиметр может работать без помех от сетей HIPERLAN, когда он находится над океанами. Однако при работе над сушей ситуация будет зависеть от выбора окончательных параметров сети HIPERLAN. Ожидаемый запас может обеспечить совместимость даже тогда, когда альтиметры работают вблизи суши. Условия совместного использования частот будут гораздо более благоприятны при работе сетей HIPERLAN только типа 2 при их установке только в помещениях.

4.1.1 Оценка числа сетей RLAN в зоне обслуживания альтиметра по уровню –3 дБ

В данном анализе используется одна сеть HIPERLAN типа 1, попадающая в основной лепесток альтиметра.

Альтиметр работает в расширенной полосе частот 320 МГц, а ширина полосы сетей HIPERLAN, находящихся в полосе частот альтиметра, составляет 23,5 МГц. Максимальная э.и.и.м. передачи (P_hG_h) сети HIPERLAN равна 30 дБм. Коэффициент усиления антенны альтиметра (G_0) равен 32,2 дБ, а G_a – внеосевое усиление антенны в направлении сети HIPERLAN при дополнительных потерях на входе (L), равных 1 дБ. Антенна альтиметра размером 1,2 м наводится в точку надира. Расстояние от альтиметра до сети HIPERLAN обозначается как R.

Мощность сигналов, принимаемых альтиметром от одной сети HIPERLAN в опорном направлении радара SAR (т. е. $G_a = G_0$), равна:

$$P_r = \frac{P_h G_h G_a \lambda^2}{(4\pi)^2 R^2 L}. \qquad (2)$$

В результате получаем значение P_r, равное –108,3 дБм.

Пороговый уровень помех для альтиметра равен –88 дБм. Поэтому можно считать, что альтиметр может работать одновременно с несколькими сетями HIPERLAN, так как запас на помехи составляет 20,3 дБ. Кроме того, альтиметр в основном предназначен для измерений в зоне океанов и не обеспечивает получение точных данных, если луч антенны направлен на обширные зоны суши. На основании данного анализа очевидно, что альтиметр может работать совместно с сетями HIPERLAN.

Для полноты картины можно вычислить допустимое число сетей HIPERLAN в зоне обслуживания SAR по уровню –3 дБ, при котором альтиметр может работать при полете над сухопутной территорией. Этот расчет довольно сложен, поскольку при небольшом отклонении угла φ от опорного направления альтиметра будут изменяться расстояние до земли, усиление и мешающие элементы местности, находящиеся на уровне земли.

Если обозначить определенную плотность размещения устройств сети HIPERLAN как D, то полное число устройств сети HIPERLAN, видимых со спутника (при условии, что они равномерно распределены по поверхности Земли), выражается формулой $N = D \times A$, где A – площадь зоны обслуживания альтиметра по уровню –3 дБ. Поскольку устройства данной сети расположены не на равных расстояниях от спутника, видимая поверхность Земли делится на концентрические полосы (см. рисунок 1), так чтобы можно было считать, что все устройства сети HIPERLAN в i–й полосе поверхности находятся на одном и том же расстоянии (d_i) от спутника и находятся под одним углом к надиру (φ_i) при одинаковом угле места (ε_i). Тогда число устройств сети HIPERLAN в i–й полосе определяется по формуле:

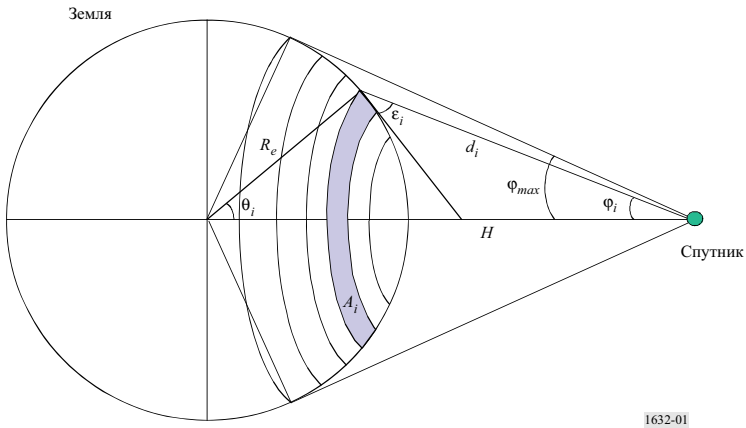
$$N_i = A_i \times (N/A) = A_i \times D \,, \tag{3}$$

где:

$$A_i = 2\pi R_e^2 \times [\cos(\theta_{i-1}) - \cos(\theta_i)] \qquad \text{для } \theta_i > \theta_{i-1} \,. \tag{4}$$

РИСУНОК 1

Геометрическое представление суммирования помех



Таким образом совокупная мощность помех (I) альтиметру от сети HIPERLAN определяется суммированием i–x составляющих мощности I_i в виде:

$$I(\mathrm{W}) = \sum_i I_i = \sum_i N_i \cdot \frac{1\mathrm{e}\,(e.i.r.p./10)}{(4\,\pi\, d_i\, f_0 / c)^2} \cdot G(\varphi_i)\,, \qquad (5)$$

где:

e.i.r.p.: эффективная изотропно излучаемая мощность (дБВт)

d_i: расстояние между спутником и источником помех на Земле

f_0: центральная радиочастота

$G(\varphi_i)$: усиление приемной спутниковой антенны альтиметра, зависящее от угла надира (φ_i), т. е. угла между подспутниковой точкой и рассматриваемой полосой.

Были выполнены численные расчеты, при которых была принята постоянная плотность мощности сети HIPERLAN на уровне земли на квадратный метр и усиление антенны альтиметра, меняющееся по формуле $G_a = G_0\,(\sin(\varphi)/\varphi)^2)$, где φ – угол между вертикалью и направлением от спутника на сеть HIPERLAN, что считается наихудшим случаем, поскольку лепесток антенны альтиметра будет значительно более узким.

Далее был вычислен интеграл мощности принятых сигналов на уровне альтиметра от зоны обслуживания по уровню –3 дБ: средняя мощность, приемлемая для альтиметра, равна –60 дБм/м^2 или 0 дБм/км^2 (D × *э.и.и.м.*).

Поскольку альтиметры направлены в точку надира, для расчета помех от сетей HIPERLAN, расположенных внутри помещений, включены дополнительные потери на трассе, составляющие 20 дБ (ослабление за счет крыш и потолков). При рассмотрении случая, когда сети HIPERLAN ограничены работой внутри помещений, считалось, что в любой момент времени 1% устройств сетей HIPERLAN работает вне помещений, что дает общий коэффициент дополнительного ослабления в 17 дБ. Для сетей HIPERLAN, которые разрешено использовать вне помещений, принято, что в любой момент времени 15% устройств работает вне помещений, что дает коэффициент дополнительного ослабления в 8 дБ. Для обоих случаев принято, что 5% устройств HIPERLAN одновременно работают на передачу.

ТАБЛИЦА 11

Расчет числа терминалов в зоне обслуживания по уровню –3 дБ

	Внутри помещений	**Вне помещений**
Плотность мощности (D × *э.и.и.м.*) (дБм/км^2)	0	0
э.и.и.м. (дБм)	30	30
Процент HIPERLAN, работающих вне помещений (%)	1	15
Дополнительный запас (дБ)	17	8
Активных терминалов/км^2	0,05	0,063
Активных терминалов (%)	5	5
Число терминалов/км^2	1,002	0,126
Число терминалов в зоне обслуживания по уровню –3 дБ	4664	586

Далее мы определили предел, равный количеству сетей HIPERLAN от 586 (вне помещений) до 4664 (в помещениях), развернутых в зоне обслуживания по уровню –3 дБ, при которых альтиметр может не испытывать помех.

4.2 Помехи сетям RLAN от альтиметров

В данном случае рассматривался коэффициент сужения полосы (Bh/Ba), поскольку полоса пропускания альтиметра (Ba) значительно шире полосы частот сетей HIPERLAN (Bh); при этом B_a = 320 МГц, а B_h = 23,5 МГц (тип 1, наихудший случай) или 16 МГц (тип 2), поэтому определено, что коэффициент сужения равен 11,34 дБ для типа 1 и 13 дБ для типа 2. Коэффициент усиления антенн сети HIPERLAN (G_h) в вертикальном направлении равен 0 дБ.

Мощность сигналов альтиметра, принимаемых одним устройством HIPERLAN, определяется как:

$$P_r = \frac{P_a G_a G_h \lambda^2 B_h}{(4\pi)^2 R^2 L B_a} . \qquad (6)$$

При этом мощность передачи альтиметра в направлении сети HIPERLAN будет в наихудшем случае (например, при облучении основным лепестком альтиметра, наименьшем расстоянии 1347 км и для сетей HIPERLAN типа 1 вне помещений) равна –103,64 дБм.

Такой случай (излучение основного лепестка альтиметра в направлении боковых лепестков сети HIPERLAN по вертикали) следует рассматривать как наихудший, поскольку уровни лепестков альтиметра снижаются очень быстро с увеличением угла опорного направления (эти уровни равны –20 дБ для угла 4° от надира и –40 дБ для угла 15°).

Проведенные расчеты показывают, что запас для наиболее критичного случая (тип 1) равен 10 дБ; поэтому можно считать, что альтиметр не создаст помех сетям HIPERLAN. В случае работы сети HIPERLAN типа 2 внутри помещений ситуация становится еще более благоприятной. Кроме того, в альтиметре используется импульсный радар. Возникающие при этом дополнительные запасы (за счет небольшого коэффициента заполнения импульсов, дополнительных поляризационных потерь и потерь на трассе распространения), не учитывались.

4.3 Заключение

Сделан вывод, что радарный альтиметр, работающий в диапазоне около 5,3 ГГц с шириной полосы 320 МГц, совместим с сетями RLAN. Более высокий запас по помехам имеет место для сетей RLAN с характеристиками, аналогичными параметрам сети HIPERLAN типа 2. Ожидается, что именно такие сети RLAN будут применяться в полосах, где работают альтиметры. Совместимость сетей RLAN с альтиметрами будет, по-видимому, возможна также и в полосе выше 5460 МГц.

5 Исследования сетей RLAN и рефлектометров

В настоящее время рефлектометры часто используются для зондирования суши, а в ближайшем будущем при повышении разрешающей способности таких приборов ожидается расширение сферы использования систем рефлектометров для зондирования суши. Поэтому проведенный анализ помех не ограничивался лишь прибрежными зонами, и его можно считать глобальным.

5.1 Помехи рефлектометрам от сетей RLAN

В системах рефлектометров мощность отраженного эхо-сигнала оценивается путем измерения мощности "сигнал + шум" (т. е. отраженный эхо-сигнал плюс составляющая шумов системы) с последующим вычитанием мощности "только шума" (оценка шумов собственно системы или "минимального уровня шума"). Для оптимизации эксплуатационных характеристик системы уровни мощности "сигнал + шум" и "только шум" измеряются в разных полосах частот и/или в разное время. Такой подход обусловлен тем, что номинальный шум системы по существу является в процессе измерений белым (стационарным с равномерным распределением спектральной мощности).

Отсюда возможны два разных сценария помех. В одном случае помехи, т. е. белый непрерывный шум, постоянно создаются в процессе измерений. В другом случае помехи возникают только в одном из двух измерений вследствие движения спутника (смещение зоны обслуживания одной из антенн с веерным лучом) или прерываний в сигнале источника помехи. Могут также оказать влияние методы измерения, применяемые в рассматриваемых рефлектометрах.

В качестве минимального критерия качества работы рефлектометров определена скорость ветра, равная 3 м/с. При такой скорости ветра сигнал отражается на минимальном уровне и поэтому становится максимально чувствительным к шумам или помехам. Расчетную ошибку, определяемую вторым сценарием помех, можно представить, используя параметрическую величину α, которая имеет типовое значение для антенн с веерным лучом (α = 0,7 дБ) и равна (согласно Рекомендации МСЭ-R SA.1166):

$$\alpha(\text{дБ}) = 10\log\{[N + (I_{s+n}/B_{s+n})] / [N + (I_n/B_n)]\}, \quad (7)$$

где:

N: номинальная плотность мощности минимального уровня шума (примерно –201 дБ(Вт/Гц) на входе приемника рефлектометра для антенн с веерным лучом)

B_{s+n}: ширина полосы измерения "сигнал + шум"

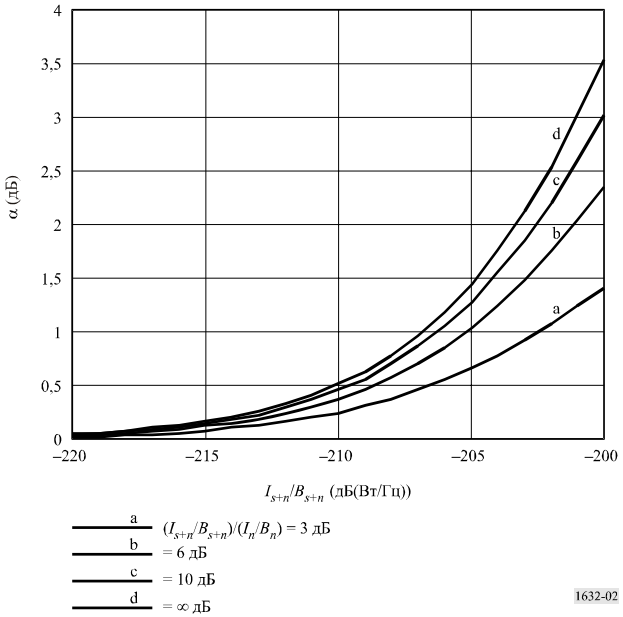
B_n: ширина полосы измерения "только шум"

I_{s+n}: средняя мощность сигнала источника помех в полосе B_{s+n} во время измерения величины "сигнал + шум"

I_n: средняя мощность сигнала источника помех в полосе B_s во время измерения величины "только шум".

На рисунке 2 приведен график уравнения (1) для рефлектометра с минимальным уровнем шума приемника N = –201 дБ(Вт/Гц). На графике величина α показана в зависимости от спектральной плотности мощности мешающего сигнала I_{s+n}/B_{s+n}. В связи с очень малой шириной веерного луча следует ожидать изменений в несколько дБ в уровнях принимаемых помех по мере перемещения боковых лепестков рефлектометра в луче мешающего передатчика. Технический расчет дал величину 6 дБ для максимального ожидаемого изменения в 10 log $[(I_{s+n}/B_{s+n})/(I_n/B_n)]$ в период измерений. Поэтому на основании рисунка 2 можно прийти к выводу, что максимальная спектральная мощность помех, приемлемая для любой антенны рефлектометра с веерным лучом без снижения точности измерений, равна –207 дБ(Вт/Гц).

РИСУНОК 2



Максимальная приемлемая спектральная мощность помех типа непрерывного белого шума на входе приемника будет равна примерно –195 дБ(Вт/Гц).

В качестве RLAN в данном анализе использована стандартная сеть HIPERLAN типа 2 (параметры приведены в § 2.2). Наиболее жесткий уровень приемлемых помех для приемника рефлектометра равен –207 дБ(Вт/Гц). В рефлектометре 1 принят коэффициент усиления антенны, равный 31 дБи в полосе 650 км перпендикулярно трассе, соответствующей потерям в свободном пространстве 167,3 дБ.

Мощность принимаемого рефлектометром от одной сети HIPERLAN сигнала можно записать в виде:

$$(P_r)\text{дБ} = (P_h)\text{дБ} - LFS + (G_s)\text{дБ} - 3\,. \tag{8}$$

Отсюда мы получаем величину для P_r, равную –149,3 дБ в полосе шириной 16 МГц, что соответствует –221,3 дБ(Вт/Гц). Это дает запас в 14,3 дБ. Следовательно, можно заключить, что излучения от одной сети HIPERLAN/2 не причиняют вредных помех приемнику рефлектометра. Кроме того, как показано в таблице 12, рефлектометры совместимы с сетями RLAN высокой плотности развертывания, особенно когда сети RLAN развернуты внутри помещений.

ТАБЛИЦА 12

Допустимая емкость активной сети HIPERLAN/2, использующей частоты совместно с рефлектометром 1

Тип развертывания	Только вне помещений	Только внутри помещений	Смешанный (15% вне помещений)
Мощность передачи (дБВт)	–10	–10	–10
Потери при распространении в свободном пространстве (дБ)	–167,3	–167,3	–167,3
Усиление антенны приемника (дБи)	31	31	31
Потери на поляризацию (дБ)	–3	–3	–3
Дополнительные потери на трассе (дБ)	0	–17	–7,8
Принимаемая мощность (дБ(Вт/канал))	–149,3	–166,3	–157,1
Принимаемая мощность (дБ(Вт/Гц))	–221,3	–238,3	–229,1
Пороговый уровень помех рефлектометра	–207	–207	–207
Запас (дБ/Гц)	14,3	31,3	22,1
Коэффициент активности (5%)	13	13	13
Общее допустимое количество активных + пассивных сетей RLAN/км^2 (дБ)	27,3	44,3	35,1

5.2 Помехи сетям RLAN от рефлектометров

В данном случае мы рассматриваем помехи от рефлектометра 1 сети HIPERLAN типа 2. Поскольку в таких сетях RLAN применяется динамический выбор частоты, а ширина полосы рефлектометра относительно невелика, в рассматриваемом здесь сценарии учитывается только излучение по одному из боковых лепестков рефлектометра для одной сети HIPERLAN. Пиковая мощность такой системы рефлектометра равна 4,8 кВт. В данном анализе взята величина бокового лепестка, равная 26 дБи.

Мощность сигнала, поступившего в сеть HIPERLAN от рефлектометра 1, равна примерно –106,5 дБ, что выше порога помех сети HIPERLAN или так называемой минимальной полезной чувствительности приемника, равной –115 дБ. Дополнительные входные потери или потери на поляризацию в данном анализе не учитывались, однако такие потери не приведут к резкому изменению результатов (порядка нескольких дБ). При пролете рефлектометра время видимости сети RLAN с одного из боковых лепестков антенны рефлектометра обычно составляет несколько секунд. Поскольку на рефлектометрах рассматриваемого типа установлено несколько антенн с веерным лучом, то полное время действия помех при пролете спутника может быть даже около 20 с. Как было указано выше, в системах HIPERLAN типа 2 используется динамический выбор частот, позволяющий переключать их на другой канал до начала фактической передачи данных. Поэтому данный способ считается удобным средством борьбы с помехами.

Более точным способом определения максимального допустимого уровня помех считается учет отношения *C*/*I*, которое должно превышать 15 дБ. Когда расстояние между передатчиками составляет 50 м (сценарий наихудшего случая), можно поднять уровень допустимых помех на 10 дБ, (–105 дБВт вместо –115 дБВт). Для рефлектометра 1 данные расчеты дают положительный запас в 1,5 дБ для терминалов, устанавливаемых вне помещений. При использовании в данном анализе сетей RLAN с установкой терминалов внутри помещений получается положительный запас (18,5 дБ).

ТАБЛИЦА 13

Помехи от рефлектометра 1 высокоскоростным сетям WLAN

Параметр	Значение	дБ
Мощность передачи (Вт)	4 800,00	36,81
Потери на трассе передачи (дБ)	0,00	0,00
Усиление передающей антенны (дБ)	26,00	26,00
Усиление приемной антенны (дБ)	0,00	0,00
Длина волны (м)	$5{,}65 \times 10^{-2}$	–24,96
$(4\pi)^{-2}$	$6{,}33 \times 10^{-3}$	–21,98
Расстояние (км)	1 314,03	–122,37
Сужение полосы частот (дБ)	0,00	0,00
Принимаемая мощность (дБВт)		–106,50
Пороговый уровень помех сетей HIPERLAN		–115,00
Запас (дБ) (вне помещений)		–8,50
Ослабление в здании (дБ)		17
Запас (дБ) (внутри помещений)		8,50

5.3 Заключение

Сделан вывод, что работа рефлектометра на частотах около 5,3 ГГц совместима с сетями RLAN в той же полосе частот. Ожидается, что при своей работе рефлектометры не будут испытывать значительных помех от сетей RLAN. Исследования помех, причиняемых рефлектометрами сетям RLAN, показали, что совместимость возможна при развертывании таких сетей внутри помещений. Отмечается, что некоторые сети RLAN с характеристиками стандартной сети HIPERLAN типа 2 планируется оснастить средствами динамического выбора частоты (DFS). Для таких систем при работе вне помещений вероятность воздействия помех от систем рефлектометров будет еще ниже.

6 Общее заключение о совместимости

По результатам анализа совместимости, приведенного в данной Рекомендации, относительно типичных космических активных датчиков, работающих в полосе 5250–5350 МГц, и высокоскоростных сетей WLAN, которые предлагается развертывать в той же полосе, можно сделать общий вывод о том, что эти две службы совместимы при следующих определенных характеристиках сетей RLAN:

– Развертывание внутри помещений (дающее затухание 17 дБ относительно систем вне зданий).

– Ограничение средней э.и.и.м.[2] значением 200 мВт (или 100 мВт, если не используется TPC), а также средней плотности э.и.и.м. значением 10 мВт в любой полосе шириной 1 МГц.

– Использование функции TPC для обеспечения коэффициента ослабления помех не менее 3 дБ.

– Использование функции произвольного выбора канала, например, функции DFS, связанной с механизмом выбора каналов, требуемой для равномерного распределения нагрузки каналов сети WLAN по всей ширине полосы, имеющейся в диапазоне 5 ГГц (принятое в данном исследовании предположение о доступности полосы шириной в 330 МГц дает плотность размещения, соответствующую 440 передатчикам в канале шириной 20 МГц в зоне обслуживания SAR).

[2] Средняя э.и.и.м. означает э.и.и.м., усредненную по пакету передачи при максимальной установке регулирования мощности.

РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R M.1638

Характеристики и критерии защиты для исследований возможности совместного использования частот радарами радиолокационной, воздушной радионавигационной и метеорологической служб, работающими в полосах частот между 5250 и 5850 МГц

(2003)

Резюме

Данная Рекомендация описывает технические и эксплуатационные характеристики, а также критерии защиты радаров, работающих в полосе частот 5250–5850 МГц. Эти характеристики предназначены для использования их при оценке совместимости этих систем с другими службами.

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

a) что характеристики антенны, распространения сигнала, обнаружения цели и большая необходимая ширина полосы частот, требуемые для выполнения радарами своих функций, являются оптимальными в определенных полосах частот;

b) что технические характеристики радаров в радиолокационной, радионавигационной и метеорологической службах определяются назначением системы и в значительной степени меняются даже внутри одной полосы частот;

c) что в соответствии с определением п. 4.10 Регламента радиосвязи (РР) радионавигационная служба является службой безопасности и требует специальных мер по обеспечению ограждения их от вредных помех;

d) что на ВАРК-79 значительная часть спектра, распределенного радиолокационной и радионавигационной службам (около 1 ГГц), была исключена или понижена в статусе;

e) что в настоящее время ряд технических комиссий МСЭ-R рассматривают возможность внедрения новых типов систем (например, фиксированный беспроводный доступ, а также системы фиксированной и подвижной связи высокой плотности) или служб в полосах частот между 420 МГц и 34 ГГц, используемых радарами радионавигационной, радиолокационной и метеорологической служб;

f) что типичные технические и эксплуатационные характеристики радаров радиолокационной, радионавигационной и метеорологической служб необходимы для определения возможности внедрения новых типов систем в полосах частот, в которых работают вышеперечисленные службы;

g) что процедуры и методики анализа совместимости между радарами и системами других служб представлены в Рекомендации МСЭ-R M.1461;

h) что радары радиолокационной, радионавигационной и метеорологической служб работают в полосах частот между 5250–5850 МГц;

j) что радарам наземного базирования, используемым в метеорологических целях, разрешена работа в полосе частот 5600–5650 МГц на равной основе со станциями воздушной радионавигационной службы (ВРНС) (см. п. 5.452 РР),

рекомендует,

1 чтобы технические и эксплуатационные характеристики радаров радиолокационной, радионавигационной и метеорологической служб, представленные в Приложении 1, считались типичными характеристиками для таких радаров, работающих в полосах частот между 5250 и 5850 МГц (см. Примечание 1);

2 чтобы Рекомендация МСЭ-R M.1461 использовалась в качестве руководства при анализе совместимости между радарами радиолокационной, радионавигационной и метеорологической служб и системами других служб; чтобы критерий отношения мощности мешающего сигнала к мощности шума приемника радара (I/N) = –6 дБ использовался в качестве необходимого порогового уровня защиты для исследований возможностей совместного использования частот службами радиоопределения с другими службами. При наличии нескольких источников помех данный критерий является суммарным уровнем защиты.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Рекомендация МСЭ-R M.1313 должна использоваться в отношении характеристик радаров морской радионавигационной службы в полосе частот 5470–5650 МГц.

Приложение 1

Характеристики радиолокационных, воздушных радионавигационных и метеорологических радаров

1 Введение

Полосы частот между 5250 и 5850 МГц распределены воздушной радионавигационной и радиолокационной службам на первичной основе, как показано в таблице 1. Радарам наземного базирования, используемым в метеорологических целях, разрешена работа в полосе 5600–5650 МГц на основе равенства прав со станциями морской радионавигационной службы (см. п. 5.452 РР).

ТАБЛИЦА 1

Полоса частот (МГц)	**Распределение (служба)**
5 250–5 255	Радиолокационная
5 255–5 350	Радиолокационная
5 350–5 460	Воздушная радионавигационная
5 460–5 470	Радиолокационная
5 470–5 650	Морская радионавигационная [(1)]
5 650–5 725	Радиолокационная
5 725–5 850	Радиолокационная

[(1)] В соответствии с п. 5.452 РР работа радаров наземного базирования в метеорологических целях между 5600 и 5650 МГц разрешена на равной основе со станциями морской радионавигационной службы.

Радиолокационные радары выполняют множество функций, таких как:

– слежение за средствами вывода на орбиту и воздушными судами, проходящими доводочные и эксплуатационные испытания;

– морское и воздушное наблюдение;

– измерения окружающей среды (например, исследования океанских отливов и приливов, а также таких природных феноменов, как ураганы);

– получение изображений Земли, а также

– национальная оборона и поддержание мира на международном уровне.

Воздушные радионавигационные радары используются в основном на борту воздушных судов для избежания неблагоприятных погодных условий, а также для определения изменений характера ветра и обеспечения служб безопасности (см. п. 4.10 РР).

Метеорологические радары используются для определения таких неблагоприятных погодных явлений, как торнадо, ураганы и сильные грозы. Эти радары обеспечивают также количественные измерения осадков в той или иной зоне, что очень важно при гидрологическом прогнозировании возможных наводнений. Эта информация используется для предупреждения населения и, следовательно, обеспечивает службу безопасности человеческой жизни.

Рекомендация МСЭ-R M.1313 содержит характеристики морских радионавигационных радаров в полосе частот 5470–5650 МГц.

2 Технические характеристики

Полосы частот между 5250 и 5850 МГц используются множеством различных типов радаров на наземных фиксированных и передвижных платформах, а также на борту морских и воздушных судов. Таблицы 2 и 3 содержат технические характеристики типичных систем, развернутых в данных полосах частот. В основном эта информация является достаточной для проведения основных расчетов с целью оценки совместимости между такими радарами и другими системами.

Однако эти таблицы не содержат характеристик радаров со скачкообразной перестройкой частоты, работающих в этом диапазоне. Скачкообразная перестройка частоты является одним из наиболее распространенных способов защиты от средств радиоэлектронного подавления (ECCM). Радарные системы, которые проектируются для работы в среде радиоэлектронной атаки противника, используют скачкообразную перестройку частоты в качестве одного из методов ECCM. Радары такого типа обычно разделяют распределенную им полосу частот на каналы. Затем радар случайным образом выбирает один канал из всех имеющихся и использует его для передачи. Такой случайный выбор канала может происходить на основе положения луча, когда в одном и том же канале передается множество импульсов, или на основе отдельного импульса. Необходимо учитывать этот важный аспект радарных систем, и при проведении исследований возможности совместного использования частот должно приниматься во внимание возможное влияние радаров со скачкообразной перестройкой частоты.

ТАБЛИЦА 2

Характеристики воздушных радионавигационных и метеорологических радарных систем

Характеристики	Радар A	Радар B	Радар C	Радар D	Радар E	Радар F	Радар G	Радар H	Радар I	Радар J
Функция	Метеорологический	Метеорологический	Метеорологический	Воздушная радионавигация	Метеорологический	Метеорологический	Метеорологический	Метеорологический	Метеорологический	Метеорологический
Тип платформы (на воздушном судне, судовая, наземная)	Наземная/ судовая	На воздушном судне	Наземная	На воздушном судне	Наземная	Наземная	Наземная	Наземная	Наземная	Наземная
Диапазон настройки (МГц)	5 300–5 700	5 370	5 600–5 650	5 440	5 600–5 650	5 300–5 700	5 600–5 650	5 600–5 650	5 600–5 650	5 250–5 725
Модуляция	Нет данных	Нет данных	Нет данных	Нет данных	Нет данных	Нет данных	Нет данных	Обычная	С возможностью доплеровского эффекта	С возможностью доплеровского эффекта
Мощность передатчика, подводимая к антенне	250 кВт пик. 125 Вт ср.	70 кВт пик.	250 кВт пик. 1 500 Вт ср.	200 Вт пик.	250 кВт пик.	250 кВт пик.	250 кВт пик.	250 кВт пик. 150 Вт ср.	250 кВт пик. 150 Вт ср.	2,25 кВт пик.
Ширина импульса (мкс)	2,0	6,0	0,05–18	1–20	1,1	0,8–2,0	3,0	0,8–5	0,8–5	0,1
Время нарастания/спада импульса (мкс)	0,2	0,6	0,005	0,1	0,11	0,08	0,3	0,2–2	0,2–2	0,005
Частота повторения импульсов (имп/с)	50, 250 и 1 200	200	0–4 000	180–1 440	2 000	250–1 180	259	250–1 200	50–1 200	100 000
Выходное устройство	Коаксиальный магнетрон	Коаксиальный магнетрон	Клистрон	Магнетрон	Клистрон	Настраиваемый магнетрон	Коаксиальный магнетрон	Коаксиальный магнетрон или клистрон	Коаксиальный магнетрон	Коаксиальный магнетрон
Тип диаграммы направленности антенны (узкая, веерная, квадратично-косекансная и т. д.)	Коническая	Веерная	Узкая	Узкая	Узкая	Узкая	Узкая	Узкая	Узкая	Узкая
Тип антенны (рефлектор, фазированная антенная решетка, щелевая решетка и т. д.)	Цельнометаллическая парабола	Парабола	Парабола	Щелевая решетка	Парабола	Парабола	Цельнометаллическая парабола	Цельнометаллическая парабола	Цельнометаллическая парабола	Цельнометаллическая парабола
Поляризация антенны	Вертикальная	Горизонтальная	Горизонтальная	Горизонтальная	Горизонтальная	Горизонтальная	Горизонтальная	Горизонтальная и/или вертикальная	Горизонтальная или вертикальная	Горизонтальная или вертикальная
Усиление основного луча антенны (дБи)	39	37,5	44	34	50	40	40	40–50	40–50	35–45

ТАБЛИЦА 2 (*окончание*)

Характеристики	Радар A	Радар B	Радар C	Радар D	Радар E	Радар F	Радар G	Радар H	Радар I	Радар J
Ширина луча антенны по углу места (градусы)	4,8	4,1	0,95	3,5	< 0,55	< 1,0	1,65	0,5–2	0,5–2	2,4–12
Ширина луча антенны по азимуту (градусы)	0,65	1,1	0,95	3,5	< 0,55	< 1,0	1,65	0,5–2	0,5–2	1,5–12
Скорость горизонтального сканирования антенны (градусы/с)	0,65	24	0–36 (0–6 об./мин.)	20	21–24	30–48	30–48	6–18 (1–3 об./мин.)	6–18 (1–3 об./мин.)	1,2
Тип горизонтального сканирования антенны (непрерывно, случайное, 360°, секторное и т. д.) (градусы)	360	180 Секторное	360	Непрерывное	Непрерывное 360 Секторное	360	360	360	360	360
Скорость вертикального сканирования антенны (градусы/с)	Нет данных	Нет данных	Нет данных	45	15	15	15	1–10	1–14	Нет данных
Тип вертикального сканирования антенны (непрерывное, случайное, 360°, секторное и т. д.) (градусы)	Нет данных	Нет данных	Нет данных	Секторное	Пошаговое, 0,5–60	Пошаговое, от –2 до +60	от –1 до +60	от –1 до +90	от –5 до +90	Нет данных
Уровни боковых лепестков (SL) антенны (1-е SL и удаленные SL) (дБ)	–26	–20	–35	–31	–27	–25	–25	от –25 до –35	от –25 до –35	–20
Высота антенны (м)	30	Высота самолета	10	Высота самолета	30	30	30	6–30	6–30	10
Ширина полосы приемника по ПЧ по уровню 3 дБ (МГц)	0,5	0,6	20	1,0	0,91	0,6	от 0,25 до 0,5	от 0,7 до 4	от 0,1 до 3,0	10
Коэф. шума приемника (дБ)	7	6	4	5	2,3	3	3	3,5–8	1,5–8	3
Минимальный различимый сигнал (дБм)	–110	–106	–97	–109	–109	от –109 до –112	–114	от –113 до –120	от –113 до –120	от –113 до –118

ТАБЛИЦА 3

Характеристики радиолокационных систем

Характеристики	Радар K	Радар L	Радар M	Радар N	Радар O	Радар P	Радар Q	Радар R	Радар S
Функция	Контрольно-измерительный	Контрольно-измерительный	Контрольно-измерительный	Контрольно-измерительный	Контрольно-измерительный	Поиск на поверхности и в воздухе	Поиск на поверхности и в воздухе	Исследования и получение изображений Земли	Поисковый
Тип платформы (на воздушном судне, судовая, наземная)	Наземная	Наземная	Наземная	Наземная	Наземная	Судовая	Судовая	На воздушном судне	На воздушном судне
Диапазон настройки (МГц)	5 300	5 350–5 850	5 350–5 850	5 400–5 900	5 400–5 900	5 300	5 450–5 825	5 300	5 250–5 725
Модуляция	Нет данных	Не используется	Не используется	Импульсная/ импульсная ЛЧМ	Импульсная ЛЧМ	ЛЧМ	Не используется	Нелинейная/ линейная ЧМ	Импульсная с незатухающей волной
Мощность передатчика, подводимая к антенне	250 кВт	2,8 МВт	1,2 МВт	1,0 МВт	165 кВт	360 кВт	285 кВт	1 или 16 кВт	100–400 Вт
Ширина импульса (мкс)	1,0	0,25, 1,0, 5,0	0,25, 0,5, 1,0	0,25–1 (простой) 3,1–50 (ЛЧМ)	100	20,0	0,1/0,25/1,0	7 или 8	1,0
Время нарастания/спада импульса (мкс)	0,1/0,2	0,02–0,5	0,02–0,05	0,02–0,1	0,5	0,5	0,03/0,05/0,1	0,5	0,05
Частота повторения импульсов (имп./с)	3 000	160, 640	160, 640	20–1 280	320	500	2 400/1 200/ 750	1 000–4 000	200–1 500
Ширина полосы импульса с ЛЧМ (МГц)	Нет данных	Нет данных	Нет данных	4,0	8,33	1,5	Нет данных	62, 124	Нет данных
Ширина полосы –3 дБ РЧ излучения –20 дБ (МГц)	4,0 10,0	0,5–5	0,9–3,6 6,4–18	0,9–3,6 6,4–18	8,33 9,9	1,5 1,8	5,0/4,0/1,2 16,5/12,5/7,0	62, 124 65, 130	4,0 10,0
Тип ДН антенны (узкая, веерная, квадратично-косеканская и т. д.)	Узкая	Узкая	Узкая	Узкая	Узкая	Квадратично-косеканская	Веерная	Веерная	Узкая
Тип антенны (рефлектор, фазированная антенная решетка, щелевая решетка и т. д.)	Параболический рефлектор	Парабола	Парабола	Фазированная антенная решетка	Фазированная антенная решетка	Парабола	Рупорная решетка с питанием бегущей волной	Два рупора с двойной поляризацией на общей платформе	Щелевая решетка

ТАБЛИЦА 3 (*окончание*)

Характеристики	Радар K	Радар L	Радар M	Радар N	Радар O	Радар P	Радар Q	Радар R	Радар S
Поляризация антенны	Вертикальная/ левая круговая	Вертикальная/ левая круговая	Вертикальная/ левая круговая	Вертикальная/ левая круговая	Вертикальная левая круговая	Горизонталь-ная	Горизонталь-ная	Горизонтальная и вертикальная	Круговая
Усиление основного луча антенны (дБи)	38,3	54	47	45,9	42	28,0	30,0	26	30–40
Ширина луча антенны по углу места (градусы)	2,5	0,4	0,8	1,0	1,0	24,8	28,0	28,0	2–4
Ширина луча антенны по азимуту (градусы)	2,5	0,4	0,8	1,0	1,0	2,6	1,6	3,0	2–4
Скорость горизонтального сканирования (градусы/с)	Нет данных (слежение)	Нет данных (слежение)	Нет данных (слежение)	Нет данных (слежение)	Нет данных (слежение)	36, 72	90	Нет данных	20
Тип горизонтального сканирования антенны (непрерывное, случайное, 360°, секторное и т. д.) (градусы)	Нет данных (слежение)	Нет данных (слежение)	Нет данных (слежение)	Нет данных (слежение)	Нет данных (слежение)	Постоянное 360	30–270 Сектор	Фиксированное налево или направо от трассы полета	Постоянное
Скорость вертикального сканирования антенны (градусы/с)	Нет данных (слежение)	Нет данных (слежение)	Нет данных (слежение)	Нет данных (слежение)	Нет данных (слежение)	Нет данных	Нет данных	Нет данных	Нет данных
Тип вертикального сканирования антенны (непрерывное, случайное, 360°, секторное и т. д.) (градусы)	Нет данных (слежение)	Нет данных (слежение)	Нет данных (слежение)	Нет данных (слежение)	Нет данных (слежение)	Нет данных	Фиксированное	Фиксированное по углу места (от –20 до –70)	Нет данных
Уровни боковых лепестков (SL) антенны (1-е SL и удаленные SL) (дБ)	–20	–20	–20	–22	–22	–20	–25	–22	–25
Высота антенны (м)	20	20	8–20	20	20	40	40	до 8 000	9 000
Ширина полосы приемника по ПЧ по уровню 3 дБ (МГц)	1	4,8, 2,4, 0,25	4, 2, 1	2–8	8	1,5	1,2, 10	90, 147	1
Коэф. шума приемника (дБ)	6	5	5	11	5	5	10	4,9	3,5
Минимальный различимый сигнал (дБм)	–105	–107	–100	–107, –117	–100	–107	–94 (короткий/ средний импульс) –102 (широкий импульс)	–90, –87	–110

3 Эксплуатационные характеристики

3.1 Метеорологические радары

В полосе частот 5250–5850 МГц работают метеорологические радары как на борту воздушных судов, так и наземные. Их технические характеристики представлены в таблице 1.

Погодные радарные системы наземного базирования используются для определения опасных метеорологических явлений и планирования полетов, и они, как правило, расположены вблизи аэропортов по всему миру. В связи с этим такие радары также работают непрерывно 24 часа в сутки.

Метеорологические радары обеспечивают количественные измерения осадков и в большинстве случаев принадлежат сетям, координирующим такие измерения на национальном или региональном уровне. Радары с использованием доплеровского эффекта наблюдают также за скоростью выпадения осадков, что показывает наличие и перемещение таких опасных метеорологических явлений, как торнадо, ураганы и сильные грозы, а также за порывами ветра и турбулентностью. Количественные измерения, производимые обоими видами радаров, используются в реальном времени в качестве источника получения важных и уникальных данных, необходимых для гидрологического, метеорологического прогноза, а также прогноза состояния окружающей среды. Посредством обработки цифровых данных, моделирования и прогнозирования погоды, наводнений и загрязнений, особенно в случае стихийных бедствий, эти данные используются для увеличения точности и своевременности прогнозов и предупреждений (оповещений). Эти данные могут использоваться, например, для оценки вероятности возникновения молний. Многие применения радаров могут быть крайне важны для обеспечения безопасности и защиты населения (как человеческой жизни, так и имущества), а также для обеспечения безопасности и секретности военных операций.

Метеорологические радары на борту воздушных судов применяются как для изучения ураганов, так и для рекогносцировочных исследований. Воздушное судно неоднократно проникает в центр ("в глаз") тайфуна на высоте от 1500 (457 м) до 20 000 футов (6096 м). Воздушное судно собирает данные, необходимые для проведения исследования и компьютерного моделирования, целью которого является предсказание интенсивности ураганов и оползней. Другое воздушное судно проходит сквозь ураганы на более высоких, с меньшей турбулентностью, высотах (30 000–45 000 футов, или 9144–13 716 м) для определения положения центра урагана.

3.2 Радары воздушной радионавигационной службы

Радары, работающие в воздушной радионавигационной службе (ВРНС) в полосе частот 5350–5460 МГц в основном представляют собой системы на борту воздушных судов для обеспечения безопасности полетов. В эксплуатации находятся как погодные радары, так и радары для целей избежания неблагоприятных метеорологических условий, непрерывно работающие во время полета. Кроме того, существуют радары для определения порывов ветра, которые включаются автоматически каждый раз, когда воздушное судно опускается ниже 2400 футов (732 м). Оба типа радаров имеют сходные характеристики и являются главным образом бортовыми радарами переднего обзора, сканирующими пространство в секторе курса полета воздушного судна. Эти системы автоматически сканируют в заданных пределах азимутов и углов места и обычно настраиваются по углу места пилотом вручную (механически): для принятия навигационного решения пилоту может потребоваться рассмотреть различные "разрезы" под разными углами места.

3.3 Радиолокационные радары

Существует большое количество типов радаров, выполняющих различные функции и работающих в радиолокационной службе в полосе частот 5250–5850 МГц. В таблице 2 представлены технические характеристики ряда характерных типов радаров, использующих эти частоты. Эти характеристики могут использоваться для оценки совместимости между радарами радиолокационной службы и системами других служб. Ниже приведено краткое описание эксплуатации таких радаров.

Контрольно-измерительные радары в рассматриваемом диапазоне условий используются для получения высокоточных координат запускаемых ракет-носителей и воздушных судов, проходящих доводочные и эксплуатационные испытания. Такие радары характеризуются высокой мощностью передачи и параболическими зеркальными антеннами большой апертуры с весьма узконаправленными лучами. Радары имеют антенны автоматического слежения, которые отслеживают интересующий объект либо по отражению сигнала от его поверхности, либо с помощью маяка (следует обратить внимание на то, что характеристики радиолокационных маяков не представлены в таблицах; как правило, они имеют возможность перестройки в полосе 5400–5900 МГц, пиковая мощность их передачи составляет 50–200 Вт и они предназначены для ретрансляции принятого радиолокационного сигнала). Продолжительность их работы может составлять от нескольких минут до 4–5 часов в зависимости от программы испытаний. Работа проводится 24 часа в сутки и 7 дней в неделю.

Радары морских судов и радары обзора воздушного пространства используются для обеспечения безопасности судов и работают непрерывно по всему ходу следования судна, а также во время его входа и выхода из портовых зон. Как правило, такие обзорные радары используют не очень высокую мощность передачи и антенны с электронным сканированием по углу места и с механическим сканированием по всему азимуту 360°. Работа может осуществляться таким образом, что эти радары будут работать одновременно на нескольких судах в данной географической зоне.

В полосе 5250–5850 МГц работают и другие радары специального назначения. Радар типа Q (таблица 3) – это радар на борту воздушного судна с синтезированной апертурой, используемый для составления карты местности и получения радиолокационных изображений, для исследований окружающей среды и землепользования, а также для другой соответствующей научно-исследовательской деятельности. Радары такого типа работают непрерывно на различных высотах с изменяющимся углом нижнего обзора в различные периоды времени продолжительностью до нескольких часов в зависимости от конкретной цели проводимых измерений.

4 Критерии защиты

Эффект потери чувствительности радаров, работающих в данной полосе частот, из-за влияния других служб, работающих в режиме незатухающих колебаний или с шумоподобной модуляцией, прямо зависит от интенсивности работы таких служб. В любых азимутальных секторах, в которых возникают такие помехи, спектральная плотность мощности помехи может быть в пределах определенного приближения просто добавлена к спектральной плотности мощности теплового шума приемника радара. Если спектральную плотность мощности шума приемника радара при отсутствии помех обозначить как N_0, а спектральную плотность мощности шумоподобной помехи обозначить как I_0, то результирующая эффективная спектральная плотность мощности шума принимает вид $I_0 + N_0$. Увеличение спектральной плотности шума приблизительно на 1 дБ будет означать значительное ухудшение для радаров метеорологической и радиолокационной служб. Такое увеличение соответствует отношению $(I + N)/N$, равному 1,26, или отношению I/N, порядка –6 дБ. Для радаров радионавигационной службы и метеорологических радаров, учитывая выполняемые ими функции обеспечения безопасности человеческой жизни, увеличение примерно на 0,5 дБ будет означать существенное ухудшение работы радаров. Такое увеличение соответствует отношению $(I + N)/N$, равному примерно –10 дБ. Однако для подтверждения этой величины требуются дальнейшие исследования. Данные критерии защиты учитывают совокупное воздействие многочисленных источников помех при их наличии; допустимая величина отношения I/N для единичного источника помех зависит от количества источников помех и геометрии их расположения и требует оценки в ходе проведения анализа заданного сценария.

Коэффициент суммирования помех может быть весьма существенным для некоторых систем связи, в которых может быть развернуто большое количество станций.

Влияние импульсной помехи оценить более сложно: оно в значительной степени зависит от конструкции приемника/процессора и режима работы. В частности, дифференциальный выигрыш в отношении сигнал/шум при обработке отраженного от цели полезного сигнала, который обладает синхронностью, при импульсных помехах, которые, как правило, являются асинхронными, часто оказывает значительное влияние на допустимые уровни импульсных помех. Потеря чувствительности может вызывать несколько различных видов ухудшения качества работы радара. Его оценка будет являться целью проведения анализа взаимодействия между конкретными типами радаров. В общем случае можно предположить, что многие особенности радаров службы радиоопределения будут способствовать ослаблению влияния импульсной помехи с малым коэффициентом заполнения, особенно при помехах от нескольких изолированных источников. Методы подавления импульсных помех с малым коэффициентом заполнения представлены в Рекомендации МСЭ-R M.1372 "Эффективное использование радиочастотного спектра радарными станциями службы радиоопределения".

5 Методы ослабления помех

В общем случае взаимная совместимость между радарами радиолокационной, воздушной радионавигационной и метеорологической служб достигается за счет сканирования лепестков диаграммы направленности антенны, которое позволяет ограничить взаимодействие через основные лепестки. Дополнительное ослабление помех обеспечивается за счет различия формы сигналов обоих типов радаров и соответствующего ослабления нежелательных импульсов за счет фильтрации в приемнике и методов обработки сигналов, таких как установление ограничителей, регулирование периодов чувствительности и интегрирования сигналов. Кроме того, помехи могут быть ослаблены за счет разноса сигнала по несущей частоте или избирательности по времени с помощью использования методов ослабления/подавления асинхронных импульсов. При взаимодействии одного радара с другим разнос по частоте не всегда является необходимым условием для совместимой работы, поскольку высокая степень развязки при наличии связи по мощности или по времени достигается либо сама по себе, либо за счет правильного проектирования. Дополнительные сведения относительно методов ослабления помех, применяемых радиолокационными системами, представлены в Рекомендации МСЭ-R M.1372.

РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R М.1642-2

Методика оценки максимальной суммарной эквивалентной плотности потока мощности на станции воздушной радионавигационной службы от всех систем радионавигационной спутниковой службы, работающих в полосе частот 1164–1215 МГц

(2003-2005-2007)

Сфера применения

В настоящей Рекомендации приводится методика и даны характеристики эталонной антенны для оценки уровня максимальной суммарной эквивалентной плотности потока мощности (э.п.п.м.), производимой на входе станции воздушной радионавигационной службы (ВРНС) всеми системами радионавигационной спутниковой службы (РНСС), работающими в любой части полосы частот 1164–1215 МГц.

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

a) что в соответствии с Регламентом радиосвязи (РР) полоса частот 960–1215 МГц распределена на первичной основе воздушной радионавигационной службе (ВРНС) во всех Районах МСЭ;

b) что расчеты показывают, что сигналы РНСС в полосе частот 1164–1215 МГц могут быть рассчитаны таким образом, чтобы не причинять помехи оборудованию измерения расстояний (DME)/приемникам ВРНС тактической аэронавигационной системы (TACAN), действующим в этой полосе частот;

c) что разработан критерий защиты для ВРНС, выраженный в понятиях эквивалентной плотности потока мощности (э.п.п.м.), который содержится в Рекомендации МСЭ-R М.1639,

признавая,

a) что ВКР-2000 ввела распределение на равной первичной основе для РНСС в полосе частот 1164–1215 МГц при соблюдении условий, что от РНСС требуется защищать ВРНС от вредных помех;

b) что ВКР-03 определила, что защита ВРНС от РНСС может обеспечиваться, если значение э.п.п.м. от всех космических станций всех систем РНСС (космос-Земля) в полосе частот 1164–1215 МГц не будет превышать уровня –121,5 дБ(Вт/м^2) в любой полосе частот 1 МГц, и приняла Резолюцию 609 (ВКР-03), для того чтобы этот уровень не превышался;

c) что ВРНС в соответствии с п. 1.59 РР является службой безопасности и в соответствии с п. 4.10 РР администрациям необходимо принять особые меры для защиты этих служб,

рекомендует

1 использовать методику, содержащуюся в Приложении 1, и характеристики эталонной ВРНС, содержащиеся в Приложении 2, для расчета максимальной суммарной э.п.п.м., производимой излучениями всех систем РНСС на любой воздушной радионавигационной станции.

Приложение 1

Методика оценки максимальной суммарной э.п.п.м. на станции ВРНС от всех систем РНСС, работающих в полосе частот 1164–1215 МГц

Краткое описание метода

С использованием описанного в данном Приложении метода можно рассчитать уровень максимальной суммарной э.п.п.м. от всех систем РНСС в полосе частот 1164–1215 МГц.

Этот метод позволяет легко комбинировать различные системы, с тем чтобы в ходе консультативного собрания можно было изучить воздействие изменений, например включение или исключение одной или многих систем, или воздействие изменения характеристик конкретных систем.

Этот метод охватывает как системы НГСО с группировками спутников на любых орбитах любого наклонения, так и системы ГСО.

Этот метод основан на процессе, включающем два этапа:

Этап 1: Расчет э.п.п.м. каждой отдельной системы РНСС. Этот этап может осуществляться независимо каждым оператором до консультативного собрания при условии, что результаты представляются в совместимом формате (см. п. 1.3 для систем НГСО и п. 1.4 для систем ГСО).

Этап 2: Объединение максимальной э.п.п.м. отдельных систем путем наложения карт, при необходимости на различных частотах, для получения значения максимальной суммарной э.п.п.м. (см. п. 2) в полосе частот 1164–1215 МГц.

Описание метода

1 Метод расчета максимальной э.п.п.м. от спутников одной системы РНСС

1.1 Определение э.п.п.м.

Определение эквивалентной плотности потока мощности (э.п.п.м.) основано на п. 22.5С.1 РР, принятого на ВКР-2000.

Если антенна принимает мощность в пределах ее эталонной ширины полосы одновременно от передающих станций на различных расстояниях, в различных направлениях и с различными уровнями падающей п.п.м., то э.п.п.м. – это п.п.м., которая при получении от одного передатчика в дальней зоне антенны в направлении максимального усиления произведет такую же мощность на входе приемника, как и фактически получаемую от всех различных передатчиков.

Мгновенная э.п.п.м. вычисляется по следующей формуле:

$$epfd = 10 \log_{10}\left[\sum_{i=1}^{N_a} 10^{\frac{P_i}{10}} \cdot \frac{G_t(\theta_i)}{4\pi d_i^2} \cdot \frac{G_r(\varphi_i)}{G_{r,\,max}}\right],$$

где:

N_a: число космических станций, видимых с приемной станции

i: показатель рассматриваемой космической станции

P_i: РЧ мощность (в эталонной ширине полосы) на входе антенны (или РЧ излучаемая мощность в случае активной антенны) передающей космической станции (дБ(Вт/МГц))

θ_i: внеосевой угол (в градусах) между направлением прицеливания передающей космической станции и направлением приемной станции

$G_t(\theta_i)$: усиление (как отношение) передающей антенны космической станции в направлении приемной станции

d_i: расстояние (в метрах) между передающей станцией и приемной станцией

φ_i: внеосевой угол (в градусах) между направлением наведения приемной станции и направлением передающей станции

$G_r(\varphi_i)$: усиление (как отношение) приемной антенны приемной станции в направлении передающей космической станции (см. Приложение 2)

$G_{r,\,max}$: максимальное усиление (как отношение) приемной станции

э.п.п.м.: мгновенная эквивалентная плотность потока мощности (дБ/(Вт/(м^2 · МГц))) на приемной станции.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Предполагается, что каждая приемная станция расположена в дальней зоне приемной станции (т. е. на расстоянии более $2D^2/\lambda$, где D – эффективный диаметр приемной антенны, а λ – наблюдаемая длина волны в том же устройстве). В рассматриваемом случае это требование всегда будет удовлетворено.

1.2 Общие соображения

На первом этапе рассматриваемого метода максимальная э.п.п.м. для каждой группировки спутников РНСС рассчитывается на каждой высоте и долготе по всей поверхности Земли для каждого 1 МГц спектра, занимаемого данной системой.

Поскольку затронутая приемная станция ВРНС может быть установлена на воздушном судне, летающем на высоте до 40 000 футов (12 192 м) (см. п. 2 Приложения 2), в расчеты должны быть включены все спутники с углами места от 90° до –3,54°.

Расчет распределения э.п.п.м. каждой системы необходим только на одной эталонной частоте, предпочтительно на частоте, на которой мощность сигнала максимальна. Спектральная форма сигнала РНСС должна быть представлена консультативному собранию, с тем чтобы результаты расчетов можно было бы затем умножить на соответствующие коэффициенты спектральной формы для получения результатов на любой другой частоте.

1.3 Метод расчета максимума э.п.п.м. для систем НГСО РНСС

Для выполнения этого расчета может быть использована приведенная в Дополнении 1 к Приложению 1 методика моделирования, которая полностью основана на Рекомендации МСЭ-R S.1325.

Методика, приведенная в Дополнении 2 к Приложению 1, полностью основана на аналитическом методе. Метод может использоваться для получения оперативных оценок, но не дает точного максимального результата.

1.4 Метод расчета максимальной э.п.п.м. для систем ГСО РНСС

Требуется рассчитать максимальную э.п.п.м. для каждого спутника ГСО на каждой широте и долготе по всей поверхности Земли для каждого 1 МГц спектра, занимаемого системой.

В этом случае э.п.п.м. не будет зависеть от времени, поэтому непосредственно может быть рассчитана одна таблица с результатами.

2 Метод расчета максимальной суммарной э.п.п.м. от всех систем РНСС

2.1 Данные, требуемые для каждой системы

Каждая система НГСО РНСС, не имеющая геостационарного периода, проведет в соответствии с методикой п. 1.3 согласование со списком максимальной э.п.п.м. в зависимости от широты (применимой ко всем долготам) и спектральной формы сигнала.

Каждая система НГСО РНСС, имеющая геостационарный период, проведет в соответствии с методикой п. 1.3 согласование со списком максимальной э.п.п.м. в зависимости от широты и долготы и спектральной формы сигнала.

Каждая система ГСО РНСС проведет в соответствии с методикой п. 1.4 согласование с таблицей максимальной э.п.п.м. в зависимости от широты и долготы и спектральной формы сигнала.

2.2 Объединение э.п.п.м. систем с аналогичными характеристиками сигнала

Определение суммарной э.п.п.м. систем РНСС с одинаковой частотой максимального сигнала в спектре может быть осуществлено в три этапа:

Этап 1a: поточечное суммирование максимальных э.п.п.м. на участке полосы шириной 1 МГц, в которой сигнал имеет максимальную мощность на каждой широте всех НГСО (не имеющих геостационарного периода) списков для получения списка НГСО (не имеющей геостационарного периода) суммарной э.п.п.м. в зависимости от широты;

Этап 1b: поточечное суммирование максимальных э.п.п.м. на участке полосы шириной 1 МГц, в которой сигнал имеет максимальную мощность на каждой широте и долготе всех НГСО (имеющих геостационарный период) списков для получения списка НГСО (имеющей геостационарный период) суммарной э.п.п.м. в зависимости от широты и долготы;

Этап 2: поточечное суммирование максимальных э.п.п.м. на участке полосы шириной 1 МГц, в которой сигнал имеет максимальную мощность в каждой точке широты и долготы всех ГСО таблиц для получения таблицы ГСО суммарной э.п.п.м. в зависимости от широты и долготы;

Этап 3: поточечное суммирование списка НГСО (не имеющей геостационарного периода) суммарной э.п.п.м. в зависимости от широты и списка НГСО (имеющей геостационарный период) суммарной э.п.п.м. в зависимости от широты и долготы с каждой колонкой долготы таблицы ГСО суммарной э.п.п.м. в зависимости от широты и долготы для получения полной таблицы суммарной э.п.п.м. в зависимости от широты и долготы.

Рассмотрение самой высокой э.п.п.м. в этой таблице покажет, соблюдается ли критерий защиты Рекомендации МСЭ-R М.1639 на любом участке полосы шириной 1 МГц.

2.3 Объединение э.п.п.м. систем с различными характеристиками сигнала

Следует отметить, что максимальная суммарная э.п.п.м. зависит от частоты. Если спектры рассматриваемых систем РНСС имеют максимумы на одной и той же частоте, будет достаточно провести один анализ. Однако если различные системы имеют разные максимумы, поскольку они используют либо различные центральные частоты с перекрывающимися спектрами, либо различные методы модуляции, то тогда в анализе максимальной суммарной э.п.п.м. потребуется учитывать частоту.

Определение максимальной суммарной э.п.п.м. систем РНСС с различными центральными частотами потребует, как минимум, выполнения упомянутых выше трех этапов на каждой частоте, на которой каждая система имеет свой максимальный сигнал в спектре, и может потребовать также анализа промежуточных частот.

Для каждой частоты каждый список или таблица будут факторизованы до суммирования с другими списками или таблицами путем использования соответствующего коэффициента спектральной формы.

Рассмотрение самой высокой э.п.п.м. во всех результирующих таблицах покажет, соблюдается ли критерий защиты Рекомендации МСЭ-R М.1639 на любом участке полосы шириной 1 МГц.

2.4 Проверка результатов

Исходя из определения максимальной суммарной э.п.п.м., для подтверждения результатов, полученных с использованием Дополнения 1 или 2 к Приложению 1, может быть рассмотрено однократное одновременное моделирование всех систем РНСС в месте размещения станции ВРНС, в котором определялась абсолютная максимальная суммарная э.п.п.м.

Дополнение 1
к Приложению 1

Методика моделирования для определения максимальной э.п.п.м. для системы НГСО РНСС

1 Описание метода и подхода к моделированию

Основой этой методологии, базирующейся на Рекомендации МСЭ-R S.1325, является моделирование всех спутников системы РНСС на конкретной эталонной частоте (обычно части полосы 1164–1215 МГц шириной 1 МГц с максимальной спектральной плотностью сигнала РНСС). Моделирование группировки проводится выборочно за период времени на относительно низкой скорости. В каждой выборке э.п.п.м. рассчитывается для всех точек широты и долготы. Для каждой точки широты и долготы регистрируется максимальная выборка. Другие выборки могут быть исключены. Результатом является таблица, которая, как поясняют рисунки 5 и 6, может быть изображена в виде карты. Исходя из этого, для каждой широты должна определяться максимальная э.п.п.м., которая устранит приближения из-за ограниченного времени моделирования.

2 Допущения, принятые при моделировании

2.1 Модель орбиты

В качестве моделей орбит для моделирования космических станций на своих орбитах учитывались только круговые и эллиптические орбиты для прецессии линии узлов в экваториальной плоскости ввиду несферичности Земли.

Модель орбиты представляет собой движение спутника по геоцентрической инерционной системе координат, показанной на рисунке 1. Началом этой инерционной системы является центр Земли. Ось X указывает на первую точку в созвездии Овена (т. е. точку весеннего равноденствия), ось Z является средней осью вращения Земли, а ось Y определяется как векторное произведение единичных векторов в направлении z и x, т. е. $\vec{y} = \vec{z} \times \vec{x}$.

Орбитальные модели основаны на уравнении движения Ньютона для спутника, вращающегося по орбитам идеально сферической Земли, представляющим собой окружность и эллипс. С целью упрощения моделирования движения системы НГСО на круговой орбите характеристики этого движения таковы, что орбитальные радиус и скорость спутника постоянны.

2.1.1 Константы, относящиеся к Земле

Общими константами для Земли являются:

R_e: радиус Земли (6378,137 км)

O: центр Земли

μ: постоянная притяжения Земли ($3{,}986005 \times 10^5$ км^3/с^2)

J_2: константа второй гармоники потенциала Земли ($1082{,}63 \times 10^{-6}$)

T_e: период вращения Земли (23 час. 56 мин. 04,0989 с = 86 164,0989 с)

Ω_e: угловая скорость вращения Земли = $2\pi/T_e \cong 7{,}2921151467 \times 10^{-5}$ рад/с

t: время, прошедшее после начала моделирования (с).

2.1.2 Константы, относящиеся к космическим станциям спутниковых систем НГСО

Для космических станций спутниковых систем НГСО на круговых орбитах (см. рисунок 1) используются следующие константы:

N: число космических станций системы НГСО

i: показатель для каждого из спутников НГСО ($0 \le i < N$)

h_{sat}: высота спутника над Землей (км)

r: радиус орбиты спутника (км) = $h_{sat} + R_e$

I: угол наклона орбитальной плоскости над экватором (рад)

ПВВУ: прямое восхождение восходящего узла

$\Omega_{i,0}$: ПВВУ i-го спутника НГСО в момент времени t (рад)

$u_{i,0}$: аргумент широты i-го спутника НГСО в момент времени t (рад)

T: период орбиты спутника (с) = $2\pi\,(r^3/\mu)^{1/2}$

n: средняя угловая скорость спутника (рад/с) = $2\pi/T$

$u_{i,t}$: аргумент широты i-го спутника в момент времени t (рад) = $u_{i,0} + n_t$

Ω_r: обратное движение узлов восходящего узла (рад/с)

$$= -\frac{3}{2} J_2 \cos(I)\, R_e^2 \frac{\sqrt{r\mu}}{r^4}$$

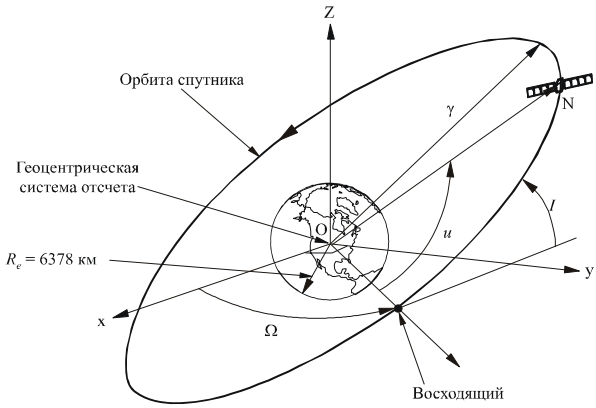
$\Omega_{i,t}$: ПВВУ i-го спутника НГСО в момент времени t (рад) = $\Omega_{i,0} + \Omega_r t$

$\overrightarrow{ON_i}$: координатный вектор (инерционная система координат) спутника НГСО в геоцентрической фиксированной системе координат:

$$\overrightarrow{ON_i} = \begin{bmatrix} x_i \\ y_i \\ z_i \end{bmatrix} = r \begin{bmatrix} \cos(u_{i,t}) \cdot \cos(\Omega_{i,t}) - \cos(I) \cdot \sin(u_{i,t}) \cdot \sin(\Omega_{i,t}) \\ \cos(u_{i,t}) \cdot \sin(\Omega_{i,t}) + \cos(I) \cdot \sin(u_{i,t}) \cdot \cos(\Omega_{i,t}) \\ \sin(u_{i,t}) \cdot \sin(I) \end{bmatrix}.$$

РИСУНОК 1

Геометрия круговой орбиты



γ : большая полуось
u: аргумент широты спутника
I: угол наклона
Ω: ПВВУ

1642-01

Для космических станций спутниковых систем НГСО, использующих эллиптические орбиты (см. рисунки 2 и 3), используются следующие константы:

N: число космических станций системы НГСО

i: показатель для каждого из спутников НГСО ($0 \le i < N$)

a_i: большая полуось *i*-го спутника (км)

e_i: эксцентриситет *i*-го спутника

$M_{i,0}$: средняя аномалия *i*-го спутника НГСО в начальный момент времени (рад)

T_i: период орбиты спутника *i*-го спутника (с) $= 2\pi(a_i^3/\mu)^{1/2}$

n_i: средняя угловая скорость *i*-го спутника (рад/с) $= 2\pi/T_i$

$v_{i,t}$: истинная аномалия *i*-го спутника в момент времени $t = 2\cdot\tan^{-1}\left[\sqrt{\frac{1+e_i}{1-e_i}}\tan\frac{E_{i,t}}{2}\right]$

$E_{i,t}$: эксцентрическая аномалия *i*-го спутника в момент времени $t = 2\cdot\tan^{-1}\left[\sqrt{\frac{1-e_i}{1+e_i}}\tan\left(\frac{v_{i,t}}{2}\right)\right]$

$M_{i,t}$: средняя аномалия *i*-го спутника в момент времени $t = M_{i,0} + n_i \cdot t = E_{i,t} - e_i \cdot \sin E_{i,t}$ *

* Если дана $M_{i,t}$, то $E_{i,t}$ определяется путем итерации. Обычно для коротких временных шагов $E_{i,t}$ может использоваться в качестве первоначальной оценки.

I_i: угол наклона орбитальной плоскости над экватором i-го спутника (рад)

ПВВУ: прямое восхождение восходящего узла

$\Omega_{i,0}$: ПВВУ каждого из i-х спутников НГСО в начальный момент времени (рад)

$\omega_{i,0}$: аргумент перигея каждого из i-х спутников НГСО в начальный момент времени (рад)

$u_{i,t}$: аргумент широты i-го спутника в момент времени t (рад) = $\omega_{i,0} + \nu_{i,t}$

Ω_{ri}: обратное движение узлов восходящего узла i-го спутника (рад/с)

$$= -\frac{3}{2} J_2 \cos(I_i) R_e^2 \frac{\sqrt{a_i \mu}}{a_i^4 (1-e_i^2)^2}$$

$\Omega_{i,t}$: ПВВУ i-го спутника в момент времени t (рад) = $\Omega_{i,0} + \Omega_{ri} t$

$\overrightarrow{ON_{i,t}}$: координатный вектор (инерционная система координат) i-го спутника НГСО в геоцентрической фиксированной системе координат в момент времени t:

$$\overrightarrow{ON_{i,t}} = rot3(-\Omega_{i,t}) \cdot rot1(-I_i) \cdot rot3(-\omega_{i,0}) \cdot \vec{r}_{i,t}$$

$rot1(\alpha)$: вращение вокруг оси X

$$rot1(\alpha) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\alpha & \sin\alpha \\ 0 & -\sin\alpha & \cos\alpha \end{bmatrix}$$

$rot3(\alpha)$: вращение вокруг оси Z

$$rot3(\alpha) = \begin{bmatrix} \cos\alpha & \sin\alpha & 0 \\ -\sin\alpha & \cos\alpha & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\vec{r}_{i,t}: \ \vec{r}_{i,t} = r_{i,t} \begin{bmatrix} \cos\nu_{i,t} \\ \sin\nu_{i,t} \\ 0 \end{bmatrix} = \frac{a(1-e^2)}{1+e_i \cdot \cos\nu_{i,t}} \cdot \begin{bmatrix} \cos\nu_{i,t} \\ \sin\nu_{i,t} \\ 0 \end{bmatrix}.$$

РИСУНОК 2

Геометрия эллиптической орбиты в фокальной плоскости

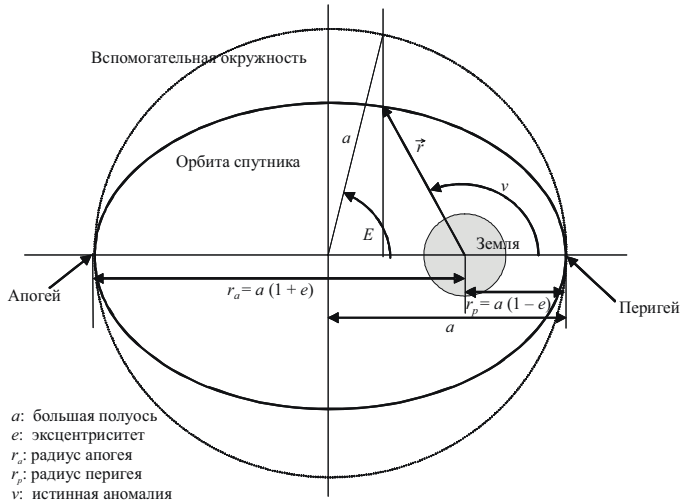
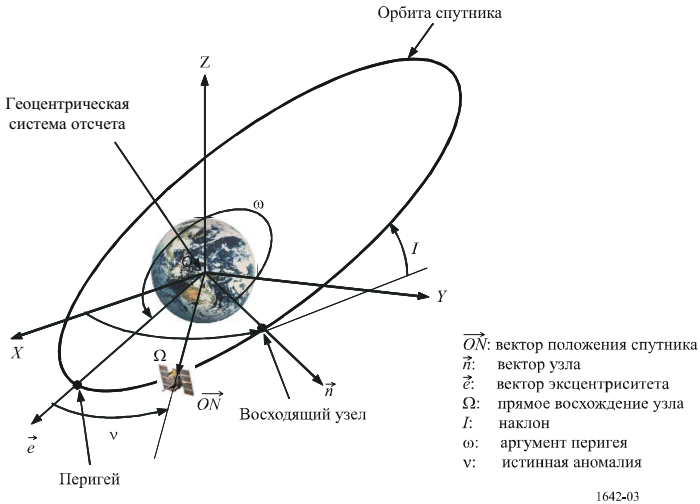


РИСУНОК 3

Геометрия эллиптической орбиты в геоцентрической инерционной системе координат



Возмущение НГСО может быть принято во внимание в расчете относящихся к группировке констант, поскольку положение спутников может изменяться при учете возмущения.

2.1.3 Константы, относящиеся к станции ВРНС

Lat: широта станции ВРНС (рад)

Lon: долгота станции ВРНС (рад)

h_{ARNS}: высота станции ВРНС (км)

$\overrightarrow{OM}$: координаты станции ВРНС в геоцентрической инерционной системе координат

$$\overrightarrow{OM} = \begin{cases} X = (R_e + h_{ARNS}) \cos(\text{Lat}) \cos(\text{Lon} + \Omega_e t) \\ Y = (R_e + h_{ARNS}) \cos(\text{Lat}) \sin(\text{Lon} + \Omega_e t) \\ Z = (R_e + h_{ARNS}) \sin(\text{Lat}) \end{cases}$$

2.2 Параметры антенны

2.2.1 Параметры антенны станции РНСС

Диаграмма направленности антенны для станции РНСС является входным параметром для моделирования (см. Приложение 2).

2.2.2 Параметры антенны космической станции НГСО

В целях проведения анализа помех антенны спутников НГСО должны моделироваться с использованием любой из следующих диаграмм направленности в зависимости от того, какая из них имеется в наличии:

– измеренных диаграмм направленности;

– предлагаемых эталонных диаграмм направленности;

– аналитической функции, которая моделирует диаграмму направленности излучения антенны спутника НГСО.

2.3 Расчет времени моделирования

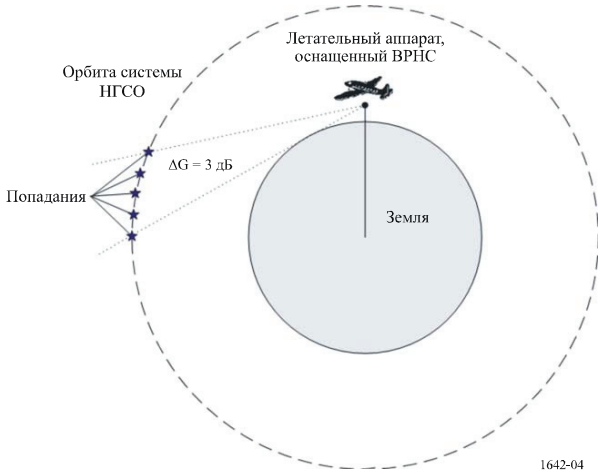
2.3.1 Приращение времени моделирования

Для получения точных результатов приращение времени моделирования t_{inc} должно быть как можно более коротким, но, с другой стороны, общее время моделирования должно быть обоснованным. Для достижения требуемой точности необходимо обеспечить достаточное число измерений э.п.п.м. (N_{hits}) при попадании космического аппарата в максимум усиления диаграммы направленности антенны ВРНС, видимого космической станцией. N_{hits} = 5 может рассматриваться как достаточное число.

Максимальное усиление, видимое космической станцией, имеет место при углах места от –3,54° до +3° (Приложение 2) для летательного аппарата, находящегося на высоте 40 000 футов (12 192 м). Необходимо иметь 5 N_{hits} в пределах этого диапазона, подразумевая, что приращение моделирования в 1° движения группировки является достаточным.

РИСУНОК 4

Учет приращения времени моделирования



2.3.2 Общее время моделирования

Спутник группировки НГСО, находящийся на любой орбите, описывает путь на поверхности Земли. За определенное для системы время тот или иной спутник группировки возвращается в ту же или практически ту же точку. Время между этими двумя случаями является периодом повторения группировки. Периоды повторения различных группировок длятся от нескольких дней до нескольких месяцев. Типичные результаты расчета э.п.п.м. системы РНСС за один период повторения показаны на рисунке 5.

На точную скорость прецессии долготы спутников в группировке НГСО будут оказывать влияние дрейфы, вызванные ошибками удержания станции по долготе. Это явление можно моделировать и включить в процесс моделирования.

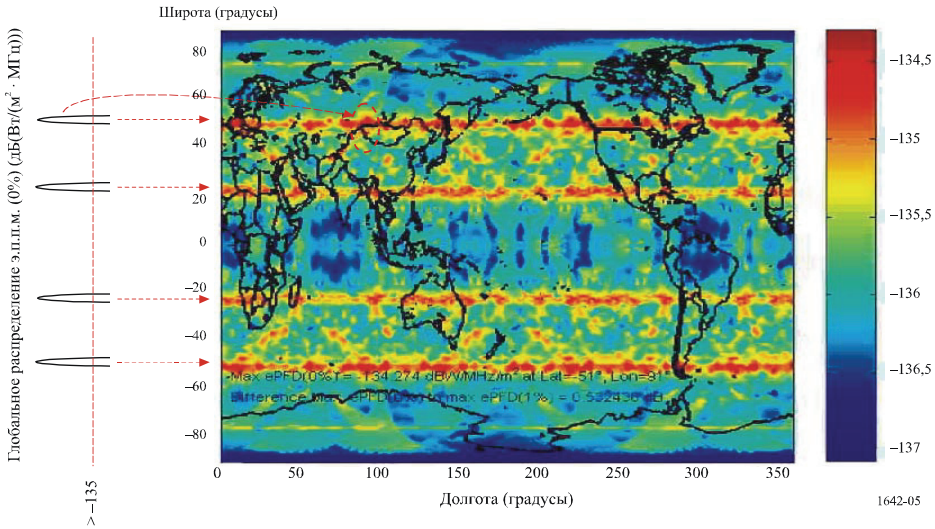
Для системы НГСО, не имеющей геостационарного периода, упомянутое выше явление приведет к максимальной э.п.п.м. на любой долготе, которая в действительности превратится в максимальную э.п.п.м. на всех долготах. (Другими словами, если распространить моделирование на все возможные состояния группировки, то "выделяющиеся места" максимальной э.п.п.м. на карте, показанной на рисунке 5, будут распределяться горизонтально и превратятся в однородные горизонтальные полосы.) Поэтому считается более правильным брать для каждой широты максимальную э.п.п.м. на любой долготе и использовать ее для всех долгот. Это преобразует таблицу максимальной э.п.п.м. в зависимости от широты и долготы в простой список максимальной э.п.п.м. в зависимости от широты.

Если это сделано, то тогда время моделирования можно было бы уменьшить до одного орбитального периода для системы НГСО, не имеющей геостационарного периода. На "карте", полученной в результате такого ограниченного моделирования, будут показаны только несколько "выделяющихся мест", однако на каждой широте величина "выделяющихся мест", представляющих максимальную э.п.п.м. на каждой долготе, будет той же самой.

Как побочный результат объем информации, который должен быть представлен для согласования, будет существенно сокращен.

РИСУНОК 5

Пример глобального распределения максимальной э.п.п.м.

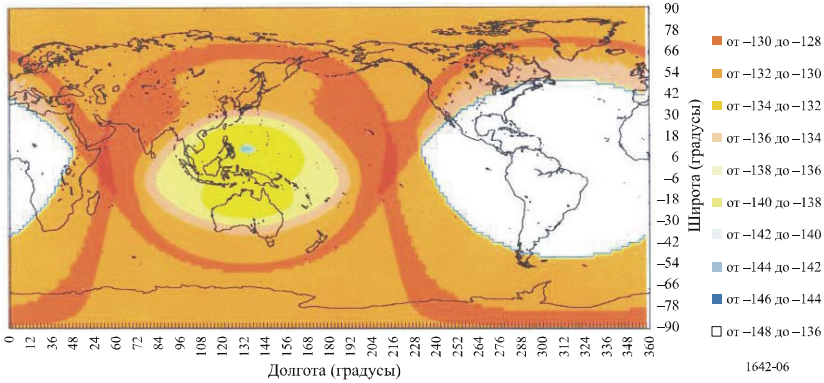


С другой стороны, системы НГСО, имеющие геосинхронный период, оставляют наземные следы орбиты, которые заключены в пределы ограниченного диапазона долгот на поверхности Земли. Это приведет к появлению "выделяющихся мест" максимальной э.п.п.м. только в пределах ограниченной области на поверхности Земли. (Другими словами, "выделяющиеся места" максимальной э.п.п.м. на поверхности Земли не будут распространяться горизонтально.) Поэтому суммарная э.п.п.м. от систем НГСО, имеющих геостационарный период, должна рассчитываться для точек широты и долготы в пределах диапазона видимости с НГСО.

В этом случае системы НГСО, имеющей геостационарный период, расчет может быть выполнен с учетом одного орбитального периода. Типичные результаты расчета э.п.п.м. для системы НГСО, имеющей геостационарный период, показаны на рисунке 6.

РИСУНОК 6

Пример глобального распределения максимальной э.п.п.м. для системы НГСО, имеющей геостационарный период



Дополнение 2
к Приложению 1

Аналитическая методика для оценки максимума э.п.п.м. одиночной системы РНСС, работающей в полосе частот 1164–1215 МГц

1 Введение

Данная методика предназначена для того, чтобы показать, как может быть оценена максимальная э.п.п.м. одиночной системы РНСС.

Определение э.п.п.м. дается в п. 1.1 Приложения 1.

2 Описание методики

Если допустить, что группировки системы НГСО РНСС состоят из ряда орбитальных плоскостей, то тогда наиболее вероятно, что в любой конкретной плоскости максимум одного спутника на плоскость будет находиться в пределах угла места –3,54° – +3° диаграммы направленности антенны ВРНС (см. Приложение 2). Кроме того, для систем НГСО вероятно, что если спутник находится в пределах диаграммы направленности антенны ВРНС по максимуму усиления, видимому космической станцией, другие спутники в плоскости будут иметь относительно незначительный вклад э.п.п.м. Таким образом, число спутников со значительным вкладом в суммарную э.п.п.м. системы РНСС вероятно будет меньше или равно числу системы, использующей эти допущения; максимальную э.п.п.м. ($epfd_{max}$) группировки НГСО РНСС можно выразить как:

$$epfd_{max} = 10 \log N_p + epfd_{i,\,max} \qquad \text{дБ(Вт/(м}^2 \cdot \text{МГц))},$$

где:

N_p: максимальное число спутников в главном луче приемной антенны ВРНС (обычно, число орбитальных плоскостей в группировке)

$epfd_{i,\,max}$: максимальный вклад э.п.п.м. одного спутника (дБ(Вт/(м^2 · МГц))).

3 Примеры НГСО

Используя уравнение в п. 2, получим $epfd_{max}$ при максимальном вкладе э.п.п.м. –136,9 дБ(Вт/(м^2 · МГц)) одного спутника в группировке НГСО РНСС, состоящей из шести плоскостей:

$$epfd_{max} = (-136{,}9) + 10\log 6 = -129{,}12 \quad \text{дБ(Вт/(м}^2 \cdot \text{МГц))}.$$

Аналогичный расчет с использованием уравнения в п. 2 при максимальном вкладе э.п.п.м. одного спутника –130,24 дБ(Вт/(м^2 · МГц)) в группировке НГСО РНСС, состоящей из трех плоскостей, дает максимальную э.п.п.м., равную –125,47 дБ(Вт/(м^2 · МГц)).

Эти величины очень хорошо согласуются с методом моделирования Дополнения 1 к Приложению 1 с разницей всего в 1,2 дБ.

Приложение 2

Характеристики эталонной станции ВРНС, которые должны использоваться для расчета э.п.п.м.

1 Характеристика антенны ВРНС

В таблице 1 приведены значения усиления антенны для величин углов места между –90° и 90°. Для величин углов места между двумя значениями в таблице 1 должны использоваться линейная интерполяция. Как указано в Рекомендации МСЭ-R М.1639, величина $G_{r,\,max}$ равна 3,4 дБи, включая 2 дБ на несоответствие круговой и линейной поляризаций. Предполагается, что угол места и диаграмма направленности одинаковы для всех азимутов.

ТАБЛИЦА 1

Угол места (градусы)	**Усиление антенны, включая несоответствие круговой и линейной поляризации $G_r/G_{r,\,max}$ (дБ)**	**Угол места (градусы)**	**Усиление антенны, включая несоответствие круговой и линейной поляризации $G_r/G_{r,\,max}$ (дБ)**	**Угол места (градусы)**	**Усиление антенны, включая несоответствие круговой и линейной поляризации $G_r/G_{r,\,max}$ (дБ)**
–90	–17,22	22	–10,72	57	–15,28
–80	–14,04	23	–10,81	58	–15,49
–70	–10,51	24	–10,90	59	–15,67
–60	–8,84	25	–10,98	60	–15,82
–50	–5,40	26	–11,06	61	–16,29
–40	–3,13	27	–11,14	62	–16,74
–30	–0,57	28	–11,22	63	–17,19
–20	–1,08	29	–11,29	64	–17,63
–10	0,00	30	–11,36	65	–18,06
–5	–1,21	31	–11,45	66	–18,48
–3	–1,71	32	–11,53	67	–18,89
–2	–1,95	33	–11,6	68	–19,29
–1	–2,19	34	–11,66	69	–19,69

ТАБЛИЦА 1 (*окончание*)

Угол места (градусы)	Усиление антенны, включая несоответствие круговой и линейной поляризации $G_r/G_{r,\,max}$ (дБ)	Угол места (градусы)	Усиление антенны, включая несоответствие круговой и линейной поляризации $G_r/G_{r,\,max}$ (дБ)	Угол места (градусы)	Усиление антенны, включая несоответствие круговой и линейной поляризации $G_r/G_{r,\,max}$ (дБ)
0	–2,43	35	–11,71	70	–20,08
1	–2,85	36	–11,75	71	–20,55
2	–3,26	37	–11,78	72	–20,99
3	–3,66	38	–11,79	73	–21,41
4	–4,18	39	–11,80	74	–21,80
5	–4,69	40	–11,79	75	–22,15
6	–5,20	41	–12,01	76	–22,48
7	–5,71	42	–12,21	77	–22,78
8	–6,21	43	–12,39	78	–23,06
9	–6,72	44	–12,55	79	–23,30
10	–7,22	45	–12,70	80	–23,53
11	–7,58	46	–12,83	81	–23,44
12	–7,94	47	–12,95	82	–23,35
13	–8,29	48	–13,05	83	–23,24
14	–8,63	49	–13,14	84	–23,13
15	–8,97	50	–13,21	85	–23,01
16	–9,29	51	–13,56	86	–22,88
17	–9,61	52	–13,90	87	–22,73
18	–9,93	53	–14,22	88	–22,57
19	–10,23	54	–14,51	89	–22,40
20	–10,52	55	–14,79	90	–22,21
21	–10,62	56	–15,05		

2 Местоположение станции ВРНС

Высота станции ВРНС должна быть взята для худшего случая (12 192 м)[1], при котором обеспечивается максимальная видимость потенциально мешающих спутников приемной антенной ВРНС.

[1] Эквивалентно 40 000 футов.

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 (АР-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 соглашениях[1];

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 требования[1] 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 A

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 нештатного 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 B

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:

$-132 + 0{,}5 \cdot \theta$	дБ(Вт/(м^2 · МГц))	для	$\theta \leq 40°$
–112	дБ(Вт/(м^2 · МГц))	для	$40 < \theta \leq 90°$,

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 C

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 намечает работать на совпадающей частоте в пределах видимости радиоастрономической станции, то потребуется специальное соглашение с оператором такой радиоастрономический 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/(м^2 · 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:

$-190 + 0{,}5 \cdot \theta$	дБ(Вт/(м^2 · 150 кГц))	для $\theta \leq 10°$
–185	дБ(Вт/(м^2 · 150 кГц))	для $10° < \theta \leq 90°$,

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 разноса 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 B 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° 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):

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

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

где:

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

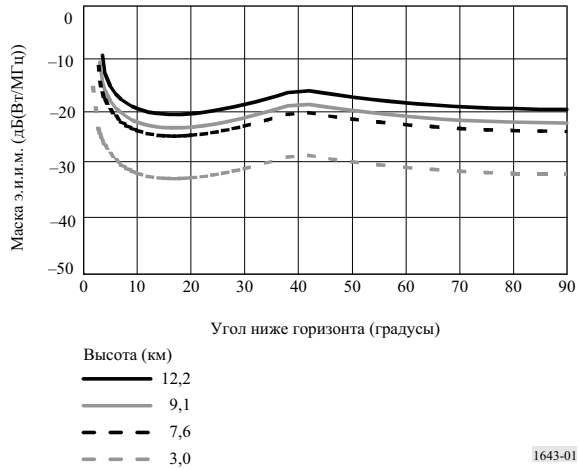
pfd(θ): п.п.м. (θ) (дБ(Вт/(м^2 · МГц)))

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 B Приложения 1 данной Рекомендации.

РИСУНОК 1

Маска э.и.и.м., полученная из маски п.п.м.



РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R M.1652*, **

Динамическая частотная селекция (ДЧС)[1] в системах беспроводного доступа, включая локальные радиосети в целях защиты службы радиоопределения в диапазоне 5 ГГц

(Вопросы МСЭ-R 212/8 и МСЭ-R 142/9)

(2003)

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

a) что наличие согласованных частот в полосах 5150–5350 МГц и 5470–5725 МГц для подвижной службы будет способствовать внедрению систем беспроводного доступа (СБД), в том числе локальных радиосетей (RLAN);

b) что существует необходимость защиты радаров в службе радиоопределения, работающих в полосах 5250–5350 МГц и 5470–5725 МГц;

c) что многие администрации широко применяют наземные метеорологические радары, которые обеспечивают работу важных служб прогноза погоды;

d) что процедуры и методики анализа совместимости радаров и систем в других службах приведены в Рекомендации МСЭ-R M.1461;

e) что типичные технические и эксплуатационные характеристики радаров в радиолокационной службе, радионавигационной службе и метеорологической службе приведены в Рекомендации МСЭ-R M.1638;

f) что в Рекомендации МСЭ-R M.1313 представлены типовые технических характеристики морских радионавигационных радаров, в том числе, в полосе 5470–5650 МГц;

g) что СБД, включая RLAN, описанные в Рекомендации МСЭ-R M.1450, могут работать как внутри, так и вне помещений;

h) Отчет МСЭ-R M.2034, в котором рассматривается воздействие определенных требований к ДЧС в отношении обнаружения на качество работы СБД,

признавая,

a) что полоса 5250–5350 МГц распределена на первичной основе радиолокационной службе; что полоса 5250–5350 МГц распределена также на первичной основе спутниковой службе исследования Земли (ССИЗ) (активной);

b) что полоса 5470–5650 МГц распределена на первичной основе морской радионавигационной службе;

---

* Настоящая Рекомендация была разработана совместно 8-й и 9-й Исследовательскими комиссиями по радиосвязи, и будущие пересмотры должны осуществляться совместно.

** *Примечание Секретариата.* – Включенным посредством ссылки считается только Приложение 1 к настоящей Рекомендации.

[1] ДЧС – это общий термин, используемый в настоящей Рекомендации для описания способов ослабления помех, которые, в том числе, обеспечивают обнаружение и недопущение помех в совмещенном канале в отношении радиолокационных систем.

c) что полоса 5350–5650 МГц распределена на вторичной основе радиолокационной службе;

d) что наземным радарам, используемым в метеорологических целях, разрешено работать на равных основаниях со станциями морской радионавигационной службы в полосе 5600–5650 МГц (см. п. 5.452 Регламента радиосвязи (РР));

e) что полоса 5650–5725 МГц распределена на первичной основе радиолокационной службе;

f) что администрации могут принимать во внимание подробную информацию о реальном развертывании радаров при разработке руководства по использованию ДЧС в СБД при консультации с возможно затронутыми администрациями,

отмечая,

a) что высокие уровень мощности по РЧ и чувствительность приемников радаров в службе радиоопределения в сочетании с ожидаемой высокой плотностью СБД, включая RLAN, в общем случае не обеспечивают возможность совместной работы СБД, включая RLAN, и радаров в совмещенном канале при отсутствии способов ослабления помех;

b) что СБД, включая RLAN, возможно будут развернуты в этих полосах в качестве безлицензионных устройств, поэтому контроль за плотностью их развертывания окажется более сложным;

c) что существуют различные стандарты для технических характеристик RLAN;

d) что администрации могут рассматривать процедуры для подтверждения способности механизмов недопущения помех правильно работать в присутствии радиолокационных систем, развернутых в этой полосе,

рекомендует

1 в целях содействия совместному использованию частот с радарами реализовать в СБД, включая RLAN, способы ослабления помех, описанные в Приложении 1, в полосах, используемых радарами в диапазоне 5 ГГц;

2 чтобы способы ослабления помех соответствовали требованиям в отношении обнаружения, эксплуатации и отклика, приведенным в п. 2 Приложения 1;

3 чтобы методики, приведенные в Приложениях 4, 5, 6 и 7, могли использоваться администрациями при проведении исследований совместного использования частот радарами и СБД, включая RLAN.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Требования, указанные в пункте 2 раздела *рекомендует*, должны быть предметом срочного дополнительного исследования, основанного на практическом опыте.

Приложение 1

Использование ДЧС в СБД, включая RLAN, в целях защиты службы радиоопределения в диапазоне 5 ГГц

1 Введение

1.1 ДЧС

Резолюция 736 (ВКР-2000) призывает, среди прочего, провести исследования возможности совместного использования частот подвижной службой для СБД[2] и службой радиоопределения в диапазонах частот 5250–5350 МГц и 5470–5725 МГц. Расчеты бюджетов линий показали, что для обеспечения возможности совместного использования частот СБД и другими службами, такими как радиолокационные системы, необходимы методы ослабления помех. В настоящей Рекомендации описан(ы) метод(ы) ослабления помех ДЧС[3], указанный в стандартах RLAN диапазона 5 ГГц, при этом расчеты рабочих характеристик были основаны на типовых реализациях.

Системы СБД и радары, работающие в диапазоне 5 ГГц, будут создавать помехи при функционировании на тех же частотах и в пределах одного и того же диапазона.

Метод ДЧС предусматривался в целях:

– обеспечения распределения нагрузки по имеющемуся спектру СБД в пределах поля зрения спутника для снижения уровней суммарного излучения со стороны СБД на спутниках ФСС (фидерные линии) и ССИЗ (активной); и

– недопущения работы в совмещенном канале с другими системами, а именно с радиолокационными системами.

Расширение описанного здесь использования ДЧС обеспечивает недопущение создания помех службе радиоопределения со стороны СБД. Общий применяемый принцип состоит в том, что СБД должна обнаруживать помехи и выявлять источники помех радарам и не должна использовать те частоты, которые применяются радарами.

1.2 Задача использования ДЧС по отношению к радарам

Задача использования ДЧС в СБД состоит в обеспечении достаточной защиты радаров в диапазоне 5 ГГц. Это достигается путем недопущения использования или освобождения канала, который определяется как занятый оборудованием радаров на основе обнаружения их сигналов.

В целях настоящего Приложения рассмотрение систем радиоопределения в диапазоне 5 ГГц, использованных при определении характеристик ДЧС, приведено в Приложении 3.

---

[2] В настоящей Рекомендации термин "СБД" означает "системы беспроводного доступа, включая RLAN".

[3] Первоначально функция ДЧС была точно определена в стандартах RLAN диапазона 5 ГГц в целях ослабления помех между нескоординированными группами RLAN и для обеспечения оптимального использования спектра для высокоскоростной передачи данных при большой пропускной способности.

Вопрос реализации механизмов и процедур обнаружения, используемых в СБД, входит в сферу применения настоящего Приложения. Основные причины этого состоят в следующем:

– проектирование СБД затрагивает реализацию;

– практический опыт может приводить к появлению новаторских и более эффективных способов, чем те, которые могут быть разработаны в настоящее время;

– различные производители могут выбирать разные методы реализации для достижения наименьших затрат при заданном уровне качества; поэтому в регуляторных документах в отношении того или иного конкретного механизма следует приводить только критерии качества работы, а не технические характеристики.

2 Требования к качеству работы ДЧС

Требование к качеству ДЧС устанавливается в понятиях отклика на обнаружение сигнала помех.

СБД диапазона 5 ГГц должны отвечать изложенным ниже требованиям в отношении обнаружения и отклика.

Процедуры проверки соответствия должны быть включены в соответствующие отраслевые стандарты RLAN.

2.1 Требования к обнаружению

Механизм ДЧС должен быть способен обнаруживать сигналы помех, превышающие минимальный порог обнаружения ДЧС, равный –62 дБм для устройств с максимальной э.и.и.м. < 200 мВт и –64 дБм для устройств с максимальной э.и.и.м. от 200 мВт до 1 Вт[4], усредненной за 1 мкс.

Это определяется как напряженность приемного сигнала (НПС) (дБм), приведенная к выходу приемной антенны с усилением 0 дБи, который необходимо обнаружить в пределах полосы пропускания канала СБД.

2.2 Эксплуатационные требования

Система СБД должна быть способна осуществлять проверку доступности каналов, во время которой СБД прослушивает определенный радиоканал в течение 60 с для определения того, работает ли в этом радиоканале радар.

Система СБД должна быть способна осуществлять в рабочем режиме контроль работающего канала для проверки того, не появился ли радар в совмещенном канале или не начал ли он действовать в пределах диапазона СБД. Во время контроля в рабочем режиме функция обнаружения радара постоянно осуществляет поиск сигналов радаров в период между обычными передачами СБД. Такие действия требуют использования интервалов молчания между последовательными передачами СБД (см. Приложение 4).

Если ранее СБД не эксплуатировалась или не осуществляла постоянного контроля канала в рабочем режиме, она не должна начинать передачу в каком-либо канале до завершения проверки доступности канала.

---

[4] На практике может отсутствовать необходимость в реализации полных функциональных возможностей ДЧС для каждого устройства в том случае, если такие устройства могут быть способны осуществлять передачу под управлением устройства, обеспечивающего выполнение всех требований к ДЧС.

2.3 Требования к отклику

К каналу, который был отмечен как содержащий сигнал радара в результате проверки доступности канала либо контроля в рабочем режиме, следует применять 30-минутный период (период незанятости), в течение которого он не может использоваться устройством СБД, для обеспечения защиты сканирующего радара. Период незанятости должен начинаться в момент обнаружения сигнала радара.

Кроме того, если в полосе 5350–5650 МГц канал был отмечен как содержащий сигнал радара, то перед его использованием необходимо осуществить 10-минутный непрерывный контроль. В ином случае потребовались бы другие соответствующие методы, как, например, исключение канала.

Время переноса канала определяется как период, равный 10 с, необходимый СБД для прекращения всех передач по рабочему каналу после обнаружения сигнала помех, превышающего порог обнаружения ДЧС. Передача в течение этого периода может включать обычный трафик в течение, как правило, менее 100 мс и максимально 200 мс после обнаружения сигнала радара. Кроме того, в оставшееся время могут передаваться сигналы управления и контроля для содействия освобождению рабочего канала. Суммарное время действия нерегулярных сигналов управления и контроля обычно не превышает 20 мс.

2.4 Резюме требований

В таблице 1 представлено резюме изложенных выше требований. Пример рабочих процедур приведен в Приложении 2.

ТАБЛИЦА 1

Параметр	Значение
Пороговый уровень обнаружения ДЧС	–62 дБм для устройств с максимальной э.и.и.м. < 200 мВт и –64 дБм для устройств с максимальной э.и.и.м. от 200 мВт до 1 Вт, усредненной за 1 мкс
Время проверки доступности канала	60 с
Период незанятости	30 мин.
Время переноса канала	≤ 10 с

Приложение 2

Обнаружение радара и пример соответствующих процедур ДЧС

В настоящем Приложении приведен пример того, каким образом можно было бы описать механизм ДЧС.

1 Определения

Следующие определения даны для использования в рамках настоящего Приложения:

Доступный канал: радиоканал, проверка доступности канала в котором не выявила присутствия радара.

Принимаемый сигнал радара: сигнал, имеющий приведенные ниже характеристики:

– НПС равна пороговому уровню обнаружения ДЧС T_{DFS} (дБм) в пределах ширины полосы канала СБД;

– частота повторения импульсов в диапазоне 200–4000 импульсов/с;

– номинальные значения ширины импульсов в диапазоне 1–20 мкс.

Рабочий канал: после того как СБД начинает работу на доступном канале, этот канал становится рабочим каналом.

2 Процедуры

2.1 Нахождение изначально доступного канала

До того как начать передачу, и в случае если доступный канал еще не был выявлен, СБД должна осуществить проверку доступности канала в отношении радиоканала перед его использованием для передачи. Следовательно, если сеть установлена и включена первый раз, то должна(ы) быть осуществлена(ы) проверка(и) доступности канала, с тем чтобы определить по крайней мере один доступный канал. После выявления того или иного доступного канала СБД может начать работать на этом канале; проверка других радиоканалов для выявления доступных каналов является необязательной.

2.2 Начало работы

После того как СБД начинает работу на доступном канале, этот канал становится рабочим каналом.

2.3 Осуществление контроля рабочего канала

Система СБД осуществляет контроль в рабочем режиме в целях повторной проверки рабочего канала на наличие действующих в совмещенном канале сигналов радара, которые могут появиться в диапазоне СБД или начать действовать в рабочем канале.

3 Вопросы реализации

3.1 Обнаружение сигналов радара

Сигналы радара могут появиться в любое время, и они могут возникнуть при наличии сигналов СБД в совмещенном канале.

В то время как осуществляется поиск первоначального свободного канала, СБД не будет работать, и это обеспечит быстрое и надежное обнаружение любого сигнала радара за возможным исключением очень медленно вращающихся радаров. Однако они будут обнаружены путем контроля в рабочем режиме.

В ходе контроля в рабочем режиме функция обнаружения радара осуществляет непрерывный поиск последовательностей сигналов радара – в течение обычных передач СБД или между ними. В случае слабых принимаемых сигналов время, необходимое для обнаружения сигналов радара, может увеличиться. Это отражено в требованиях, содержащихся в Приложении 1.

3.1.1 Обнаружение радаров со скачкообразной перестройкой частоты

Радары со скачкообразной перестройкой частоты работают в широком диапазоне частот при быстром изменении рабочей частоты.

Время, необходимое СБД для надежного обнаружения, изменяется в зависимости от импульсных характеристик радара. В случае радаров со скачкообразной перестройкой частоты время, в течение которого радар занимает канал СБД (время удержания), влияет также на вероятность обнаружения.

В итоге получим один из следующих результатов:

– при достаточно большом времени удержания ДЧС обнаруживает сигнал радара (см. Приложение 4), и передачи СБД на действующем канале будут прекращены;

– очень короткое время удержания может отразиться на вероятности обнаружения радара системой СБД в работающем канале в зависимости от числа импульсов в течение времени удержания.

3.1.2 Порог и усиление антенны

Порог обнаружения определяется в дБм, приведенной к выходу приемной антенны с усилением 0 дБи. Если в СБД используются антенны с большими усилениями, то уровень T_{DFS} должен быть увеличен на величину усиления антенны.

3.1.3 Побочные излучения

Для определения воздействия на взаимодействие побочных излучений со стороны СБД и радаров требуется проведение дополнительного исследования.

3.2 Время переноса канала

После того как обнаружен сигнал, превышающий порог обнаружения, процедуры ДЧС требуют направления команд для прекращения всех действующих передач и осуществления переноса на доступные каналы (один из них), выявленные путем проверки доступности канала. Эта передача команд будет повторена несколько раз для гарантирования приема всеми устройствами системы. Часть устройств СБД может находиться в так называемом "спящем режиме", из которого они обычно выходят с интервалами в сотни миллисекунд, однако возможны крайние случаи, когда эти интервалы составляют 60 с. Не принимая во внимание последнее обстоятельство, передача команд по практическим соображениям должна осуществляться несколько раз за время переноса канала для обеспечения того, чтобы все устройства СБД освободили канал.

Приложение 3

Использование характеристик радаров радиолокационной службы, морской радионавигационной службы и метеорологической службы

С техническими характеристиками некоторых радаров радиолокационной службы, морской радионавигационной службы и метеорологической службы, работающих в полосах между 5250–5350 МГц и 5470–5725 МГц, можно ознакомиться в Рекомендации МСЭ-R М.1638. Эта информация используется для определения необходимых для реализации в СБД технических требований к механизму ДЧС, который определен как необходимый для обеспечения возможности внедрения СБД в подвижной службе (рассматривается в соответствии с Резолюцией 736 (ВКР-2000)) в этих полосах частот, применяемых радарами. При разработке характеристик ДЧС, в частности, рассматривались радары A–S.

В таблице 2 приведены распределения подполос диапазона 5 ГГц службе радиоопределения:

ТАБЛИЦА 2

Полоса (МГц)	Распределение
5 250–5 255	РАДИОЛОКАЦИОННАЯ
5 255–5 350	РАДИОЛОКАЦИОННАЯ
5 350–5 460	ВОЗДУШНАЯ РАДИОНАВИГАЦОННАЯ (Примечание 2) Радиолокационная (Примечание 3)
5 460–5 470	РАДИОНАВИГАЦОННАЯ Радиолокационная (Примечание 3)
5 470–5 650	МОРСКАЯ РАДИОНАВИГАЦОННАЯ (Примечание 1) Радиолокационная (Примечание 3)
5 650–5 725	РАДИОЛОКАЦИОННАЯ
5 725–5 850	РАДИОЛОКАЦИОННАЯ

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – В соответствии с п. 5.452 РР наземным радарам, используемым для метеорологических целей, разрешено работать на равных основаниях со станциями морской радионавигационной службы на частотах между 5600 и 5650 МГц.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – В настоящей Рекомендации не учитываются радары воздушной радионавигационной службы, поскольку диапазон 5 ГГц, распределенный воздушной радионавигационной службе (ВРНС), является полосой частот 5350–5460 МГц, которая не предусмотрена для внедрения СБД в подвижной службе.

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – В пункте 1.5 повестки дня ВКР-03 рассматривается возможное повышение статуса радиолокационной службы в полосе частот 5350–5650 МГц в соответствии с Резолюцией 736 (ВКР-2000).

Приложение 4

Параметры и методика для расчета вероятности обнаружения систем службы радиоопределения системами СБД, включая устройства RLAN, с использованием ДЧС в диапазоне 5 ГГц в ходе контроля в рабочем режиме

В следующей методике рассматривается вероятность того, что устройство СБД, действующее в диапазоне 5 ГГц с использованием ДЧС, успешно обнаружит радар службы радиоопределения, функционирующий в диапазоне 5 ГГц, в ходе контроля в рабочем режиме.

Шаг 1: Определить, сколько времени отдельное устройство будет находиться в главном луче антенны радара (т. е. ширина луча по уровню 3 дБ/скорость сканирования антенны). В таблице 3 приведены параметры для использования в качестве основы при проведении исследования. Время

анализа – это период, в течение которого СБД находится в главном луче радара при одной развертке, исходя из диаграммы направленности антенны радара и скорости сканирования.

ТАБЛИЦА 3

Радар	C	K	P	S
Ширина луча по уровню 3 дБ	0,95	2,5	2,6	2
Скорость сканирования (градусы/с)	36	Не применяется	72	20
Время анализа (мс)	26	100	36	100

Шаг 2: Радары C, K, P и S представляют наиболее строгие случаи и могут быть использованы для определения совместного использования частот со всеми радарами, представленными в документе, содержащем характеристики радаров. В радаре K не используется тип функции сканирования 360º.

Шаг 3: На основе распределения устройств СБД, в которых применяются распределения скорости передачи данных и длины пакетов, указанные в таблице 4, определяется форма сигнала, отражающая время передачи СБД, и периоды прослушивания длительностью $(x) \cdot 9 + 50$ мс, где x – случайное целое значение между 2 и 32 (т. е. 31 значение равномерно распределенных, дискретных возможных длительностей).

ТАБЛИЦА 4

Оценка времени передачи RLAN

Размер пакетов (байты)	**Весовой коэффициент**
64	0,6
538	0,2
1 500	0,2

Скорость передачи данных (Мбит/с)	**Вес**
6	0,1
12	0,1
18	0,1
24	0,3
36	0,3
54	0,1

Форма сигнала передачи СБД для каждого случая передачи пакетов СБД определяется путем случайного выбора передачи пакетов с использованием весовых коэффициентов, представленных в таблице 4 для размеров пакетов, и затем расчета времени передачи как "размера пакетов"/(скорость передачи данных · 8). После каждого пакета следует период молчания, требуемый для сети СБД в целях содействия совместному использованию среды доступа (т. е. канала СБД) многочисленными устройствами, работающими в сети. Этот период молчания предоставляется для контроля в рабочем режиме. Период молчания выбирается, как описано выше. Затем так же, как и первый пакет, создается другой случайно выбранный пакет, после которого следует другой период молчания. Это повторяется до тех пор, пока длительность сигнала не будет той же, что и длительность сигнала устройства СБД в главном луче антенны, рассчитанная на шаге 1.

Шаг 4: Создать форму сигнала исходя их частоты повторения импульсов (ЧПИ) и ширины импульсов анализируемого радара. Используемые в качестве основы значения представлены в таблице 5. Сигнал должен иметь ту же длительность, которая была рассчитана на шаге 1.

ТАБЛИЦА 5

Основные данные радаров для определения вероятности обнаружения

Радар	C	K	P	S
Ширина импульса (мкс)	0,95	1	20	1
ЧПИ (импульсов/с)	200	3 000	500	200

Шаг 5: Определить, имеет место событие обнаружения, путем определения того, приведены ли в соответствие импульсы радаров в моделированной форме сигнале радара с периодами прослушивания в моделированной форме сигнала сети СБД.

Шаг 6: Повторить моделирование несколько раз, зарегистрировать наличие событий обнаружения или их отсутствие, с использованием этих данных рассчитать вероятность обнаружения (т. е. процента моделирований, в течение которых импульс радара считается обнаруженным).

Шаг 7: Вероятность обнаружения при n вращениях:

p: вероятность обнаружения при одном вращении

p_n: вероятность обнаружения при n вращениях

$$p_n = 1 - (1 - p)n.$$

Приложение 5

Оценка помех, связанных с одним устройством СБД и системами службы радиоопределения в диапазоне 5 ГГц, с использованием расчетов бюджета линии

1 Базовая информация

В настоящем Приложении рассматривается случай помех со стороны одной СБД. Значения, полученные из расчетов, которые представлены в настоящем Приложении, были использованы в качестве начальных значений при осуществлении моделирования суммарных помех (см. Приложение 6) для определения порога обнаружения.

2 Методика

Расчеты, представленные в настоящем Приложении, основаны на анализе бюджета линии. Порог определяется по результатам анализа бюджета линии в предположении, что этот порог должен быть достигнут, когда радар испытывает действие помех со стороны одиночного устройства СБД (т. е. когда сигнал СБД в приемнике радара превышает допустимый для радара уровень помех). Это основано на предположении наличия симметричной трассы распространения между трассой и радаром.

Данный метод, основанный на бюджете линии, считается целесообразным для исследования статических случаев, включающих одну СБД и один радар. Он основан на Рекомендациях МСЭ-R SM.337 и M.1461 и применяется в конкретном случае ДЧС.

3 Расчет по Рекомендации МСЭ-R М.1638, основанный на бюджете линии с радарами

Определение максимально допустимого уровня помех, создаваемых приемнику радара излучениями одиночного устройства СБД, основано на Рекомендации МСЭ-R М.1461, в которой сказано, что этот уровень не должен быть ниже $N + (I/N)$, где N – уровень собственного шума приемника радара, а I/N – отношение помех к шуму (берется равным –6 дБ, как задано в Рекомендациях МСЭ-R М.1461 и М.1638).

Таблица с результатами расчетов приведена в Дополнении 1 к настоящему Приложению. Из этой таблицы следует, что если не учитывать радар J (в соответствии с этими условиями), то необходимый пороговый уровень обнаружения составляет –52 дБм для защиты от одиночной СБД.

4 Расчет, основанный на бюджете линии, для некоторых новых радаров

В дополнение к радарам, описанным в Рекомендации МСЭ-R М.1638, рядом администраций в Районе 1 недавно были развернуты два новых наземных радара. Некоторые параметры были предоставлены в распоряжение для выполнения расчетов бюджета линии. Они приведены в Дополнении 2 к настоящему Приложению.

На основе этих расчетов получено, что необходимый порог обнаружения равен –62 дБм для недопущения создания помех рассматриваемым радарам со стороны одиночного устройства СБД мощностью 1 Вт.

5 Возможность переменного порога обнаружения

В расчетах, представленных в настоящем Приложении, предполагается наличие одной внешней СБД с э.и.и.м., равной 1 Вт, которая представляет собой наихудший случай анализа одиночного источника помех. Было выражено мнение, что случай СБД с э.и.и.м., равной 1 Вт, не относится к большинству развернутых СБД.

Следовательно, может быть предложено переменное значение порога обнаружения, изменяющееся в зависимости от уровня э.и.и.м. СБД. В соответствии с методикой, используемой в настоящем Приложении, порог обнаружения пропорционален э.и.и.м. СБД.

В соответствии с методикой, используемой в настоящем Приложении для сценариев, которые касаются одиночного устройства СБД, порог обнаружения пропорционален э.и.и.м. СБД.

При этих условиях, если, например, СБД мощностью 1 Вт должна обнаружить радар мощностью $–N$ дБм, то для СБД мощностью 200 мВт соответствующий порог может быть установлен на уровне $–(N – 7)$ дБм.

6 Влияние архитектуры СБД на порог обнаружения

Можно предположить, что в случае централизованной архитектуры СБД одно конкретное устройство в сети или соте будет управлять ДЧС. Возможны условия, при которых возникают значительные различия в потерях на трассе распространения между радаром и устройствами в сети или соте, и предположение о симметричной трассе распространения между радаром и устройством обнаружения будет недействительным.

Администрации должны рассмотреть меры по обеспечению того, чтобы устройство СБД в одиночной сети не создавало помех радарам.

Дополнение 1
к Приложению 5

Расчет порога обнаружения на основе бюджета линии для радаров по Рекомендации МСЭ-R M.1638

	Характеристики	A	C	E	F	G	H 1	H 2	I1	I1	J	K	L	M	N	O	P	Q
РАДАР	Функция	Метео-рологи-ческая	Метео-рологи-ческая	Метео-рологи-ческая	Метео-рологи-ческая	Метео-рологи-ческая	Метео-рологи-ческая	Метео-рологи-ческая	Метео-рологи-ческая	Метео-рологи-ческая	Метео-рологи-ческая	Измери-тельная	Измери-тельная	Измери-тельная	Измери-тельная	Измери-тельная	Поиск на поверхности и в воздухе	Поиск на поверхности и в воздухе
	Тип платформы	Наземная/ судно	Наземная	Наземная	Наземная	Наземная	Наземная	Наземная	Наземная	Наземная	Наземная	Наземная	Наземная	Наземная	Наземная	Наземная	Судно	Судно
	Пиковая мощность передачи, подводимая к антенне (кВт)	250	250	250	250	250	250	250	250	250	2,25	250	2 800	1 200	1 000	165	360	285
	Ширина полосы $IF_{3\,dB}$ приемника (МГц)	0,5	20	0,91	0,6	0,5	0,7	4	0,1	3	10	1	4,8	4	8	8	1,5	10
	Поляризация антенны	В	Г	Г	Г	Г	Г	Г	Г	Г	Г	В/левая круговая	В/левая круговая	В/левая круговая	В/левая круговая	В/левая круговая	Г	Г
	Усиление в главном луче антенны (дБи)	39	44	50	40	40	50	50	50	50	35	38,3	54	47	45,9	42	28	30
	Высота антенны (м)	30	10	30	30	30	30	30	30	30	10							
	Э.и.и.м. радара (дБм)	123,0	128,0	134,0	124,0	124,0	134,0	134,0	134,0	134,0	98,5	122,3	148,5	137,8	135,9	124,2	113,6	114,5
	Коэффициент шума приемника (дБ)	7	4	2,3	3	3	3,5	3,5	1,5	1,5	3	6	5	5	11	5	5	10
	$N = k\,T\,B\,F$ (дБм)	–110,0	–97,0	–112,1	–113,2	–114,0	–112,0	–104,5	–122,5	–107,7	–101,0	–108,0	–102,2	–103,0	–93,9	–99,9	–107,2	–94,0
	N – 6 дБ	–116,0	–103,0	–118,1	–119,2	–120,0	–118,0	–110,5	–128,5	–113,7	–107,0	–114,0	–108,2	–109,0	–99,9	–105,9	–113,2	–100,0
СБД	Э.и.и.м. (дБм) наружной системы	30																
	Регулировка мощности передатчика (TPC) (дБ)	0																
	Ширина полосы (МГц)	18																
	Усиление антенны (ненаправленной) (дБи)	0																

10 log (Brad/BWAS)	–15,6	0,5	–13,0	–14,8	–15,6	–14,1	–6,5	–22,6	–7,8	–2,6	–12,6	–5,7	–6,5	–3,5	–3,5	–10,8	–2,6
	185,0	177,0	198,1	189,2	190,0	198,0	190,5	208,5	193,7	172,0	182,3	192,2	186,0	175,8	177,9	171,2	160,0
Бюджет линии для сигнала СБД N – 6 дБ	169,4	177,0	185,1	174,4	174,4	183,9	183,9	185,9	185,9	169,4	169,7	186,4	179,4	172,3	174,4	160,4	157,4
Необходимый порог обнаружения	–46,4	–49,0	–51,1	–50,4	–50,4	–49,9	–49,9	–51,9	–51,9	–70,9	–47,4	–38,0	–41,6	–36,4	–50,2	–46,9	–42,9

Дополнение 2
к Приложению 5

Расчет порога обнаружения на основе бюджета линии для новых радаров, развернутых рядом администраций в Районе 1

РАДАР	Функция	Поиск в воздухе
	Тип платформы	Наземная/автомобильная
	Пиковая мощность передачи, подводимая к антенне (кВт)	15
	Ширина полосы $IF_{3\ dB}$ приемника (МГц)	4
	Поляризация антенны	В
	Усиление в главном луче антенны (дБи)	35
	Высота антенны (м)	10
	Э.и.и.м. радара (дБм)	106,8
	Коэффициент шума приемника (дБ)	5
	Высота антенны (м)	–103
	Э.и.и.м. радара (дБм)	–109
СБД	Э.и.и.м. (дБм) наружной системы	30
	Регулировка мощности передатчика (TPC) (дБ)	0
	Ширина полосы (МГц)	18
	Усиление антенны (ненаправленной) (дБи)	0

10 log (Brad/BWAS)	–6,5
Потери при распространении для сигнала СБД, принятого приемником радара N – 6 дБ (дБ)	175,0
	168,4
Необходимый порог обнаружения (дБм)	–61,7

Отметим, что в данной таблице предполагается наличие одиночной СБД с э.и.и.м. 1 Вт, которая может быть наибольшим значением мощности в статистическом распределении э.и.и.м. при развертывании СБД (например, как представлено в таблице 7 Приложения 6). Например, учет наименьшей э.и.и.м. (< 100 мВт) приведет к соответствующему увеличению на 10 дБ значения T_{DFS}.

Приложение 6

Параметры и методика для проведения исследований суммарных помех, связанных с СБД, включая RLAN, и системами службы радиоопределения в диапазоне 5 ГГц

Следующие соображения должны быть использованы для определения базового сценария исследований, проводимых при определении параметров ДЧС:

– Рекомендация МСЭ-R M.1461 применялась при расчетах помех.

– Применялась диаграмма направленности антенны радара, представленная в Дополнении 1 к настоящему Приложению.

– Применялась диаграмма направленности СБД, представленная в Дополнении 2 к настоящему Приложению.

– При проведении исследований совместного использования частот применялась вероятность обнаружения (см. Приложение 4) для определения суммарных помех, создаваемых радарам. Эта вероятность устанавливалась для каждого шагового интервала.

– Применялся шаговый интервал в 1°.

– Для описания развертывания СБД применялись три концентрических кольца, как показано в таблице 6. Равномерное распределение устройств в каждой зоне должно быть использовано по каждой объемной зоне, включая высоту.

ТАБЛИЦА 6

Распределение пользователей СБД

	Городская зона	**Пригородная зона**	**Сельская зона**
Радиус от центра (км)	0–4	4–12	12–25
Пользователи СБД (%)	60	30	10
Высота зданий (м)	30	6	6

– В данный момент времени использовалось 2753 устройств СБД, работающих в совмещенном канале с системами службы радиоопределения.

– Использовалось распределение мощности, приведенное в таблице 7.

ТАБЛИЦА 7

Распределение мощности СБД

Уровень мощности	1 Вт	200 мВт	100 мВт	50 мВт
Пользователи СБД (%)	5	25	40	30

– Моделирование работы радаров слежения начиналось со случайного размещения и случайного начального угла, после чего они перемещались прямо вверх в направлении противоположной стороны горизонта.

– Моделирование работы морских радаров начиналось на уровне горизонта сельской зоны и отслеживалось до центра городской зоны.

– Моделирование работы радаров воздушных судов начиналось на уровне горизонта сельской зоны и отслеживалось до центра городской зоны.

– Исследования были сосредоточены на следующих радарах:

C, I, K, P и S, определенных в Рекомендации МСЭ-R М.1638.

– В отношении наземных радаров при определении потерь на трассе распространения для каждого устройства СБД использовался случайный коэффициент распространения. Использовалось значение от 20 до 35 log *D*. Кроме того, применялось случайное ослабление при распространении в зданиях/на местности. Использовалось значение от 0 до 20 дБ. При определении этих значений применялось равномерное распределение.

– В отношении радаров воздушных судов использовалось значение потерь в свободном пространстве, равное +17 дБ.

– В отношении морских радаров использовалось значение потерь в свободном пространстве от +0 до 20 дБ.

– Применялся расчет расстояния прямой видимости для случая гладкой Земли. Любое устройство СБД, находящееся за пределами прямой видимости, не принималось во внимание.

Дополнение 1
к Приложению 6

В настоящее время в МСЭ не существует эталонных диаграмм направленности радаров, поэтому в качестве базовой предоставляется приведенная ниже диаграмма. Статистическая модель усиления антенны используется для определения усиления антенны радара в направлениях азимута и угла места. Модель задает усиление антенны в зависимости от внеосевого угла (θ) при заданном усилении в основном луче антенны (*G*). Модель включает отдельные алгоритмы для антенн с очень большим усилением, большим усилением и средним усилением, соответствующих антеннам с усилениями, превышающими 48 дБи, усилениями между 22 и 48 дБи, и усилениями между 10 и 22 дБи, соответственно. На рисунке 1 представлена общая форма распределения усиления антенны. В таблице 8 представлены уравнения для углов θ_M (область первого бокового лепестка), θ_R (область около бокового лепестка) и θ_B (область вдали от бокового лепестка). В таблице 9 представлена зависимость усиления антенны от внеосевого угла для антенн с очень большим усилением, в таблице 10 – для антенн с большим усилением, и в таблице 11 – для антенн со средним усилением. Угол θ выражен в градусах, а все значения усиления – в децибелах относительно изотропной антенны (дБи).

РИСУНОК 1

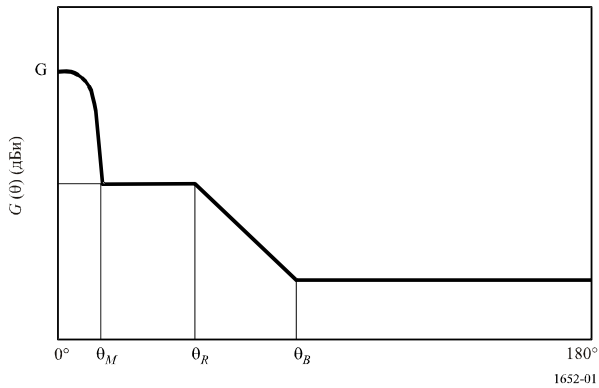


ТАБЛИЦА 8

Определения углов

Очень большое усиление ($G > 48$ дБи)	**Большое усиление ($22 < G < 48$ дБи)**	**Среднее усиление ($10 < G < 22$ дБи)**
$\theta_M = 50\ (0{,}25\ G + 7)^{0{,}5}/10^{G/20}$ $\theta_R = 27{,}466\ 10^{-0{,}3G/10}$ $\theta_B = 48$	$\theta_M = 50\ (0{,}25\ G + 7)^{0{,}5}/10^{G/20}$ $\theta_R = 250/10^{G/20}$ $\theta_B = 48$	$\theta_M = 50\ (0{,}25\ G + 7)^{0{,}5}/10^{G/20}$ $\theta_R = 250/10^{G/20}$ $\theta_B = 131{,}8257\ 10^{-G/50}$

ТАБЛИЦА 9

Уравнения для антенн с очень большим усилением ($G > 48$ дБи)

Угловой интервал (градусы)	**Усиление (дБи)**
$0 - \theta_M$	$G - 4 \times 10^{-4}\ (10^{G/10})\ \theta^2$
$\theta_M - \theta_R$	$0{,}75\ G - 7$
$\theta_R - \theta_B$	$29 - 25 \log (\theta)$
$\theta_B - 180$	-13

ТАБЛИЦА 10

Уравнения для антенн с большим усилением ($22 < G < 48$ дБи)

Угловой интервал (градусы)	**Усиление (дБи)**
$0 - \theta_M$	$G - 4 \times 10^{-4}\ (10^{G/10})\ \theta^2$
$\theta_M - \theta_R$	$0{,}75\ G - 7$
$\theta_R - \theta_B$	$53 - (G/2) - 25 \log (\theta)$
$\theta_B - 180$	$11 - G/2$

ТАБЛИЦА 11

Уравнения для антенн со средним усилением ($10 < G < 22$ дБи)

Угловой интервал (градусы)	**Усиление (дБи)**
$0 - \theta_M$	$G - 4 \times 10^{-4}\ (10^{G/10})\ \theta^2$
$\theta_M - \theta_R$	$0{,}75\ G - 7$
$\theta_R - \theta_B$	$53 - (G/2) - 25 \log (\theta)$
$\theta_B - 180$	0

Дополнение 2
к Приложению 6

Диаграммы направленности антенны СБД

Диаграмма направленности антенны СБД в направлениях азимутов является ненаправленной. Диаграмма направленности антенны СБД в направлениях углов места была определена путем рассмотрения диаграмм направленности антенн СБД. Используемая диаграмма направленности описана в таблице 12. Отметим, что в результате использования направленных антенн СБД, учитывая ту же э.и.и.м., могут быть уменьшены помехи, создаваемые приемнику службы радиоопределения, однако помехи приемнику СБД могут значительно увеличиться, если установится связь между главными лучами.

ТАБЛИЦА 12

Диаграмма направленности антенны СБД по углу места

Угол места, φ (градусы)	**Усиление (дБи)**
$45 < \varphi \le 90$	–4
$35 < \varphi \le 45$	–3
$0 < \varphi \le 35$	0
$-15 < \varphi \le 0$	–1
$-30 < \varphi \le -15$	–4
$-60 < \varphi \le -30$	–6
$-90 < \varphi \le -60$	–5

С тем чтобы э.и.и.м. большинства устройств составляла 1 Вт, обычно требуется антенна с усилением 6 дБи. Для этой диаграммы направленности дается следующее описание, согласно Рекомендации МСЭ-R F.1336:

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

$$G_1(\theta) = G_0 - 12\left(\frac{\theta}{\theta_3}\right)^2$$

$$G_2(\theta) = G_0 - 12 + 10\log\left[\left(\max\left\{\frac{|\theta|}{\theta_3}, 1\right\}\right)^{-1,5} + k\right]$$

$$\theta_3 = 107{,}6 \times 10^{-0{,}1 G_0},$$

где

$G(\theta)$: усиление антенны (дБи),

θ: угол места (градусы)

k = 0,5

G_0 = 6 дБи.

Приложение 7

Анализ результатов оценки помех и рекомендация в отношении порога ДЧС

Для соответствующих радаров диапазона 5 ГГц представлено подробное резюме результатов моделирования с использованием методики, подробно описанной в Приложениях 5 и 6, соответственно, для моделирования статических помех со стороны одиночного устройства СБД и суммарных помех вследствие развертывания СБД.

В таблицу 13 сведены значения, полученные на основании расчетов, представленных в Приложении 5, для случая помех со стороны одиночной СБД.

ТАБЛИЦА 13

Значения, полученные на основе расчетов, представленных в Приложении 5

Радар по Приложению 5	Анализ бюджета линии по Приложению 5	–62 дБм для устройства мощностью 1 Вт
		–55 дБм для устройства мощностью 0,2 Вт
		–52 дБм для устройства мощностью 0,1 Вт

В таблице 14 представлена сводка результатов, касающихся защитных пороговых уровней, полученных на основе расчетов при моделировании суммарных помех.

ТАБЛИЦА 14

Требуемые защитные пороговые уровни

Тип радара	Сценарий моделирования	Порог ДЧС для обеспечения защиты (T_{DFS}) (Примечание 1)
Вращающиеся радары A, C, E, F, G, H, I, J. Радары P и Q	Стандартный по Приложению 6	–52 дБм и эксплуатационные соображения, используемые в отношении радиолокационных систем
Радар I	Приложение 6, но высота антенны радара составляет от 500 до 1 000 м	–62 дБм
Радар S	Стандартный по Приложению 6	См. Примечание 2
Радар K	Стандартный по Приложению 6	–67 дБм
	Приложение 6, но вдвое меньшее число устройств	–64 дБм
	Приложение 6, но все устройства имеют мощность 50 мВт	–62 дБм

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Предполагая, что усиление приемной антенны приведено к 0 дБи в отношении СБД.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Ситуация с совместным использованием частот этим радаром и СБД является крайне сложной. Первоначальные расчеты на основе базовых результатов показывают, что требуемые значения порога обнаружения ДЧС должны были бы быть ниже рабочего минимального уровня шума устройств СБД. В результате рассмотрения выяснилось, что данные системы ограничены только военными воздушными судами. Была достигнута договоренность не учитывать этот случай при разработке требования к порогу обнаружения.

Примечания по используемым параметрам и методикам

Воздействие изменений параметров и методик можно резюмировать следующим образом:

a) В результате снижения вдвое плотности активных устройств T_{DFS} увеличивается на 3 дБ. Аналогично, в результате удвоения плотности активных устройств T_{DFS} уменьшается на 3 дБ.

b) Мощность передачи одиночного источника шума при расчете бюджета линии имеет непосредственное воздействие (дБ за дБ) на требуемый порог защиты. При анализе суммарных помех воздействие зависит от распределения уровней мощности при моделировании.

c) В большинстве случаев взаимодействие переменных при моделировании суммарных помех не является интуитивным, и поэтому нельзя сделать простые выводы исходя из изменений одной переменной.

РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R M.1827

Технические и эксплуатационные требования к станциям воздушной подвижной (R) службы (ВП(R)С), ограниченной наземным применением в аэропортах, и к станциям воздушной подвижной службы (ВПС), ограниченной применениями воздушной безопасности (ВБ), в полосе частот 5091–5150 МГц

(2007)

Сфера применения

В настоящей Рекомендации приводятся технические и эксплуатационные требования к станциям воздушной подвижной (R) службы (ВП(R)С), ограниченной наземными применениями в аэропортах, и воздушной подвижной службы, ограниченной применениями[1] воздушной безопасности (ВБ), в полосе 5091–5150 МГц, которые должны использоваться администрациями в качестве технического руководства при определении требований соответствия станций с целью применения их на всемирной основе.

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

a) что воздушные станции будут работать во всем мире на национальной, региональной и международной основе;

b) что перемещение воздушных станций обычно осуществляется в соответствии с рядом национальных и международных правил и норм, включая удовлетворительное соблюдение взаимно согласованных технических стандартов и эксплуатационных требований ИКАО;

c) что существует необходимость определения технических и эксплуатационных требований для проведения проверки станций воздушных судов на соответствие;

d) что определение технических и эксплуатационных требований к воздушным станциям обеспечит общую техническую основу для содействия проведению проверки станций воздушных судов на соответствие различными национальными, региональными и международными органами и разработки мероприятий по взаимному признанию соответствия воздушных станций;

e) что технические и эксплуатационные требования должны быть направлены на обеспечение приемлемого баланса между сложностью оборудования радиосвязи и необходимостью эффективного использования спектра радиочастот,

учитывая также,

a) что существует требование полной защиты всех первичных служб в полосе 5091–5150 МГц;

---

[1] *Терминология*: Станция ВБ работает в ВПС и является новой системой, ограниченной безопасной и конфиденциальной радиосвязью между воздушным судном и землей, предназначенной для систем, используемых в связи с созданием препятствий для эксплуатации воздушного судна, которые не были разрешены соответствующими органами.

b) что результаты исследований, проведенных в соответствии с Резолюцией 414 (Пересм. ВКР-03), показали возможность использования полосы 5091–5150 МГц ВП(R)С, ограниченной наземным применением в аэропортах, и ВПС, ограниченной применениями ВБ, на первичной основе при определенных условиях;

c) что определение МСЭ-R технических и эксплуатационных требований к воздушным станциям, работающим в полосе 5091–5150 МГц, должно предотвратить создание недопустимых помех другим службам;

d) что следует постоянно и точно измерять и контролировать технические и эксплуатационные характеристики,

признавая,

a) что полоса 5000–5250 МГц распределена воздушной радионавигационной службе на первичной основе;

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

рекомендует,

1 администрациям использовать в качестве руководства для обеспечения совместимости с ФСС[2] приведенные в Приложениях 1 и 2 технические и эксплуатационные требования к станциям ВП(R)С, ограниченным наземным применением в аэропортах в полосе 5091–5150 МГц, или к станциям ВПС, ограниченным применениями ВБ в полосе 5091–5150 МГц.

Приложение 1

Основные требования, касающиеся совместимости с сетями ФСС в полосе 5091–5150 МГц

В целях осуществления приведенного ниже анализа в таблицу 1 сведены предполагаемые характеристики приемника ФСС.

ТАБЛИЦА 1

Значения параметров

Параметр	HIBLEO-4 FL
Шумовая температура спутникового приемника T (K)	550
Эффективная площадь антенны на частоте 5120 МГц (дБм^2)	–35,6
Поляризационная развязка L_p (дБ)	1
Потери в фидере L_{feed} (дБ)	2,9
Ширина полосы спутникового приемника B (МГц)	1,23
Коэффициент усиления антенны спутникового приемника G_r (дБи)	4

[2] Ввиду того, что другие пределы могут также быть приемлемыми и что настоящая Рекомендация охватывает не все основные требования, необходимо проведение дополнительного исследования.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Соответствие плотностям потока мощности, определенным ниже, получено в условиях распространения в свободном пространстве.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Маска э.и.и.м. может быть получена, исходя из значения п.п.м. путем применения метода, приведенного в Приложении 2 к настоящей Рекомендации. Может быть также рассмотрено упрощение результирующей э.и.и.м.

I С тем чтобы в полосе 5091−5150 МГц отношение $\Delta T_s/T_s$ не превышало 2%, которые допустимы для ВП(R)С и ВБ, станции ВП(R)С и станции ВБ не должны одновременно работать на совпадающей частоте (в пределах охвата одного НГСО спутника). Практические меры для обеспечения этого требования должны быть разработаны с учетом того, что различные администрации могут эксплуатировать станции ВП(R)С и/или ВБ в пределах одной зоны покрытия ФСС.

II Дополнительные требования к ВП(R)С

Представленные ниже требования представляют собой технические руководящие принципы, которые должны использоваться администрациями при определении требований соответствия к станциям воздушных судов с целью применения их на всемирной основе. Другие пределы могут быть также допустимы, однако требуется дополнительное исследование.

Плотность потока мощности, определенная в этом разделе, основана на том, чтобы увеличение шумовой температуры спутника ФСС (т. е. $\Delta T_s/T_s$) из-за работы ВП(R)С не превышало 2% (т. е. –17 дБ). Данная методика предполагает, что на одной частоте в пределах видимости спутника ФСС одновременно работают 250[3] передатчиков ВП(R)С.

Расчет предела п.п.м. исходя из критерия защиты ФСС ($\Delta T_s/T_s$ = 2%) и наличия 250 передатчиков ВП(R)С

Если предположить, что в таблице 1 представлены характеристики ФСС, то максимальный уровень допустимых суммарных помех на входе приемника, составляет $I_{Agg\text{-}Rec}$:

$$I_{Agg-Rec} = KTB - 17 \text{ дБ} = -157{,}3 \text{ дБ(Вт / 1,23 МГц)},$$

где:

K: постоянная Больцмана ($1{,}38 \times 10^{-23}$)

T: шумовая температура приемника

B: ширина полосы приемника.

Поэтому максимальный уровень п.п.м., создаваемый на одним передатчиком ВП(R)С на входе антенны спутникового приемника, составляет:

$$\begin{aligned} pfd_{Max} &= I_{Agg-Rec} - Gr + L_{Feed} + L_P - 10\log_{10}(250) + 10\log\left(\frac{4\pi}{\lambda^2}\right) \\ &= -157{,}3 - 4 + 2{,}9 + 1 - 23{,}97 + 35{,}6 \\ &= -145{,}77 \text{ дБВт}/(\text{м}^2 \times 1{,}23 \text{ МГц}) \end{aligned},$$

где:

Gr: коэффициент усиления антенны ФСС

250: максимальное число станций ВП(R)С, ведущих одновременную передачу в пределах ширины полосы приемника ФСС.

[3] Исходя из предположения, что имеется 500 аэропортов, а коэффициент заполнения равен 50%.

III Дополнительные требования по ВБ

Представленные ниже требования представляют собой технические руководящие принципы, которые должны использоваться администрациями при определении требований соответствия к станциям воздушных судов с целью применения их на всемирной основе. Другие пределы могут быть также допустимы, однако требуется дальнейшее исследование.

Плотность потока мощности, определенная в этом разделе, основана на том, чтобы увеличение шумовой температуры спутника ФСС (т. е. $\Delta T_s/T_s$) из-за работы ВБ не превышало 2% (т. е. –17 дБ). Данная методика предполагает, что на одной частоте в пределах видимости спутника ФСС одновременно работают 70 передатчиков ВБ.

Расчет предела п.п.м. исходя из критерия защиты ФСС ($\Delta T_s/T_s$ = 2%) и наличия 70 передатчиков ВБ

Если предположить, что в таблице 1 представлены характеристики ФСС, то максимальный уровень допустимых суммарных помех на входе приемника, составляет $I_{Agg\text{-}Rec}$:

$$I_{Agg-Rec} = KTB - 17 \text{ дБ} = -157{,}3 \text{ дБ(Вт/1,23 МГц)},$$

где:

K: постоянная Больцмана ($1{,}38 \times 10^{-23}$)

T: шумовая температура приемника

B: ширина полосы приемника.

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

$$\begin{aligned} pfd_{Max} &= I_{Agg-Rec} - Gr + L_{Feed} + L_P - 10\log_{10}(70) + 10\log\left(\frac{4\pi}{\lambda^2}\right) \\ &= -157{,}3 - 4 + 2{,}9 + 1 - 18{,}45 + 35{,}6 \\ &= -140{,}25 \text{ дБВт}/(\text{м}^2 \times 1{,}23 \text{ МГц}) \end{aligned},$$

где:

Gr: коэффициент усиления антенны ФСС

70: максимальное число станций ВБ, ведущих одновременную передачу в пределах ширины полосы приемника ФСС.

Приложение 2

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

При испытании оборудования ВП(R)С или ВБ для определения его соответствия заданному пределу п.п.м., например, приведенному в Приложении 1, может оказаться полезным определение эквивалентной маски э.и.и.м., которую можно применять для целей испытаний.

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

Этап 1: Расчет угла ниже горизонтальной плоскости на спутнике в градусах γ, исходя из θ и *H*:

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

где:

θ: угол над горизонтом на станции ВБ

R_e: радиус Земли (6378 км)

H: высота полета воздушного судна (км)

H_{sat}: высота спутника ФСС (км)

γ: угол ниже горизонтальной плоскости на спутнике.

Этап 2: Расчет значения э.и.и.м. (e.i.r.p.) на основе определенного предела п.п.м.:

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

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

где:

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

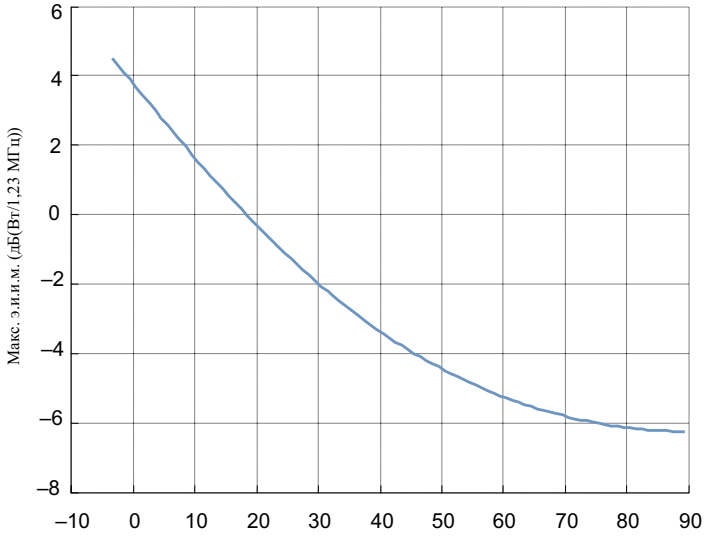
pfd: предел п.п.м. (дБ(Вт/(м^2 · МГц)))

e.i.r.p.: (дБ(Вт/ МГц)).

График на рисунке 1 показывает данную функцию для высоты полета воздушного судна, равной 12 км, на основе предела п.п.м., приведенного в Приложении 1, Приложении 1 к Части III, и предполагаемой высоты нахождения спутника H_{sat}, составляющей 1414 км.

РИСУНОК 1

Максимальная э.и.и.м. в зависимости от угла выше горизонтальной плоскости





Отпечатано в Швейцарии
Женева, 2008 г.
ISBN 92-61-12454-2