

РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R SF.1650-1

Минимальное расстояние от базовой линии, за пределами которого движущиеся земные станции, размещенные на борту судна, не причиняют неприемлемых помех наземной службе в полосах частот 5925–6425 МГц и 14–14,5 ГГц^{*,}**

(Вопросы МСЭ-R 226/9 и МСЭ-R 251/4)

(2003-2005)

Сфера применения

В данной рекомендации приводятся значения расстояний от берега, за пределами которых земные станции на борту судов (ЗСС) не будут создавать помех системам фиксированной службы. В Приложении приводятся допущения и излагается методика, используемая для определения этих расстояний в полосах частот 5925–6425 МГц и 14–14,5 ГГц.

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая

- a) что существует технология, позволяющая использовать сети ФСС земными станциями на борту судов (ЗСС) в полосах частот 5925– 6425 МГц и 14–14,5 ГГц (Земля-космос);
- b) что ЗСС потенциально могут причинять неприемлемые помехи системам ФС в этих полосах;
- c) что для работы ЗСС требуется значительно менее полная полоса пропускания в этом распределении ФСС и нужна только часть видимой дуги ГСО;
- d) что с целью обеспечения защиты и будущего роста ФС функционирование ЗСС должно сопровождаться рядом эксплуатационных ограничений;
- e) что может быть определено минимальное расстояние от низшей отметки уровня воды, официально признанной прибрежным государством, за пределами которого ЗСС не будут причинять неприемлемых помех ФС в этих полосах;
- f) что минимальное расстояние в пункте e) раздела *учитывая* может быть основано на административных или технических расчетах,

отмечая

- a) что некоторые администрации эксплуатировали ЗСС в течении нескольких лет в соответствии с п. 4.4 Регламента радиосвязи (РР),

* Учет воздействия на другие наземные службы, отличные от фиксированной службы (ФС), будет предметом будущего исследования.

** Администрации Саудовской Аравии, Джибути, Египта, Объединенных Арабских Эмиратов, Иордании, Кувейта, Марокко, Мавритании, Сирийской Арабской Республики, Туниса и Йемена возразили против утверждения этой Рекомендации по причинам, изложенным в Отчете Ассамблеи радиосвязи (АР-03) (Женева, 2003 г.) ВКР-03.

Администрации Германии, Австралии, Канады и Израиля сохраняют свое мнение по этой Рекомендации по причинам, изложенным в Отчете АР-03 ВКР-03. Администрации Габона и Сенегала сохраняют свое мнение по этой Рекомендации.

рекомендует

1 чтобы в полосе 5925–6425 МГц минимальное расстояние от низшей отметки уровня воды, официально признанной прибрежным государством, за пределами которого движущиеся ЗСС не причиняют неприемлемых помех наземным службам, составляло 300 км для антенны диаметром 2,4 м (на основании параметров, приведенных в таблице 1);

2 чтобы в полосе 14–14,5 ГГц минимальное расстояние от низшей отметки уровня воды, официально признанной прибрежным государством, за пределами которого движущиеся ЗСС не причиняют неприемлемых помех наземным службам, составляло 125 км для антенны диаметром 1,2 м в полосах, совместно используемых с наземными службами (на основании параметров, приведенных в таблице 2).

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Целью этой Рекомендации является защита наземных служб, которым распределены частотные полосы. Что касается защиты космических служб в тех же частотных полосах, то этот вопрос рассматривается в Рекомендации МСЭ-R S.1587¹.

Приложение 1

Метод расчета минимального расстояния для полос частот 5925–6425 МГц и 14–14,5 ГГц

1 Метод определения расстояния

Максимально допустимая мощность помех составляет

$$I_{max} = \left(\frac{I}{N} \right)_{th} + 10 \log_{10}(k T_{FSR} B_{FSR}) \quad \text{дБВт}, \quad (1)$$

где:

$\left(\frac{I}{N} \right)_{th}$: отношение помехи к коэффициенту мощности теплового шума,

определяемое как критерий помехи (дБ)

k : постоянная Больцмана (Вт/(К · Гц))

T_{FSR} : температура шума системы приемника фиксированной службы (ПФС) (К)

B_{FSR} : ширина полосы ПФС (Гц).

После того, как определен критерий кратковременной помехи, задаются минимально допустимые потери при передаче путем вычитания допустимого для ПФС уровня мощности помехи из суммы э.и.и.м. ЗСС в направлении ПФС и среднего коэффициента усиления антенны ПФС по уровню –10 дБ ширины ее диаграммы направленности. Таким образом, минимально допустимые потери при передаче задаются как:

$$L_{b, min}(p_s) = P_{t, max} + G_t + G_{r, AVE} - I_{max} - F, \quad (2)$$

¹ Характеристики ЗСС должны находиться в пределах области характеристик, изначально опубликованных в ИФИК БР для соответствующей сети ФСС. В противном случае, требуется координация земных станций в соответствии с действующими положениями РР и соответствующих Правил процедуры (т. е п. 2 Правил процедуры, имеющих отношение к п. 11.32 РР).

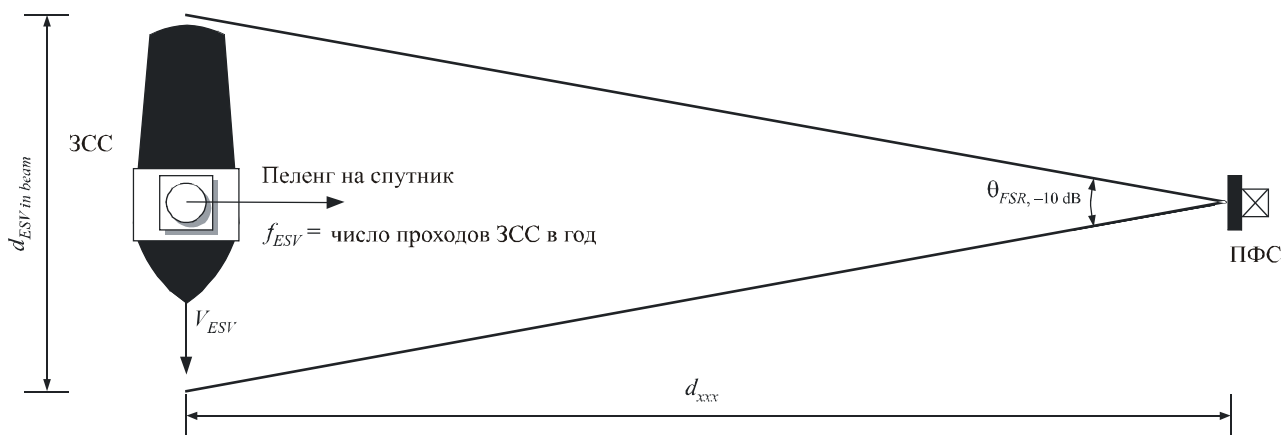
где:

- $L_{b, min}$: минимальные заданные базовые потери при передаче (дБ)
- $P_{t, max}$: максимальная мощность передачи на входном фланце антенны ЗСС (дБВт)
- G_t : усиление антенны ЗСС в направлении ПФС (дБи)
- $G_{r, AVE}$: средний коэффициент усиления антенны ПФС по уровню -10 дБ ширины ее диаграммы направленности (дБи)
- I_{max} : максимально допустимая мощность помехи (дБВт)
- F : потери между облучателем антенны ПФС и малошумящим усилителем (дБ).

Поскольку ЗСС не всегда имеет место, нецелесообразно непосредственно использовать процент времени показателя кратковременной помехи p_s в качестве входного параметра модели распространения p , являющегося процентом времени, для которого не превышаются минимальные заданные потери при передаче (например, в Рекомендациях МСЭ-R P.452 или МСЭ-R P.620). Соответствующая p зависит от времени, которое ЗСС проводит внутри лепестка диаграммы направленности ПФС по уровню -10 дБ. Как поясняется на рисунке 1, это время зависит от расстояния между ЗСС и ПФС. Поскольку p зависит от этого расстояния и наоборот, для определения d_{xxx} неизбежно использование итерационного метода, удовлетворяющего критерию кратковременной помехи.

РИСУНОК 1

Геометрия моделируемого сценария

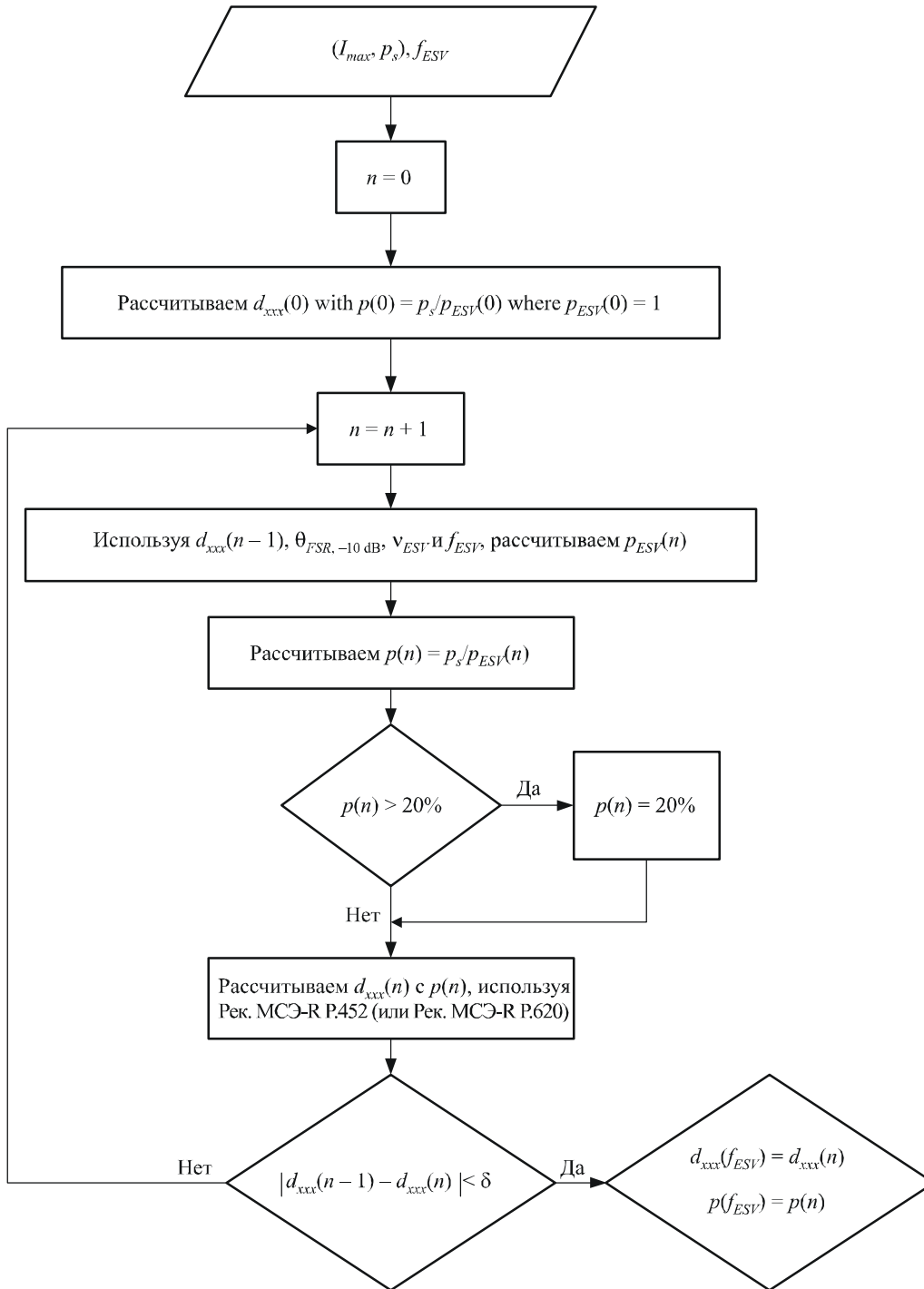


1650-01

На рисунке 2 приведено графическое представление, подробно описывающее итерационную процедуру. Процедура может быть начата при предположении, что ЗСС всегда присутствует, задавая $d_{xxx}(0)$. Следующая итерация определяет, сколько времени ЗСС будет находиться внутри лепестка диаграммы направленности ПФС по уровню -10 дБ на расстоянии $d_{xxx}(0)$, а затем на основании результирующего значения p рассчитывается $d_{xxx}(1)$. Процедура продолжается, пока разница между d_{xxx} на последовательных итерациях не будет ниже порога δ . Рекомендуется, чтобы $\delta = 3$ км.

РИСУНОК 2

Графическое представление итерационной процедуры



1650-02

- n : шаг итерации, $n = 0, 1, 2, \dots$
- I_{max} : максимально допустимая мощность помехи (дБВт)
- P_s : процент времен (годовой), для которого превышает I_{max} , (%)
- P_{ESV} : процент времен (годовой), для которого имеют место ЗСС, (%)
- v_{ESV} : скорость корабля (км/ч)
- p : процент времен (годовой), для которого не превышаются заданные минимальные потери при передаче (%)
- δ : рекомендуется 3 км (расстояния < 3 км не рекомендуются из-за взаимодействия между итерациями модели распространения и итерациями данного метода)

2 Величины параметров

Приведенные ниже величины параметров необязательно представляют худший случай каждого параметра. Однако они используются для разработки типичного набора характеристик, которые учитываются для обеспечения адекватной защиты ФС от потенциальных помех ЗСС.

2.1 Значения параметров для полосы частот 6 ГГц

ТАБЛИЦА 1

Параметры, используемые для расчета минимального расстояния

Параметры ЗСС		
Параметр	Значение	Замечание
Рабочая частота, f (МГц)	6 000	
Высота антенны над уровнем моря, h_{ts} (м)	40	
Угол места к спутнику, ϕ (градусы)	>10	Более низкие углы места могут использоваться при условии, что э.э.и.м. к горизонту соответствует эксплуатационному ограничению угла места, равному 10° .
Угол усиления к горизонту, θ_h (градусы)	0	Уравнение (24) Рекомендации МСЭ-R SM.1448 равно 0 в худшем случае.
Максимальная мощность передачи на входе антенны, $P_{t, max}$ (дБВт)	16,7	
Минимальный диаметр антенны, D_{min} (м)	2,4	
Усиление антенны в направлении ПФС, $G_t = G_{ESI}(\phi)$ (дБи)	+4 ... -10	Уравнение (33) Рекомендации МСЭ-R SM.1448
Максимальная занимаемая полоса пропускания, B_{ESV} (МГц)	2,346	
Скорость передачи данных, R_{ESV} (Мбит/с)	1,544	
Скорость судна, v_{ESV} (км/ч)	18,3	Типичное минимальное значение при выходе в море (10 узлов)
Частота прохода, f_{ESV} (проходов в год), который попадает в полосу пропускания приемного канала ПФС	Различная	См. п. 3.5
Параметры ПФС		
Рабочая частота, f (МГц)	6 000	Равна значению рабочей частоты ЗСС
Высота антенны над землей, h_{rg} (м)	70	

ТАБЛИЦА 1 (продолжение)

Параметры ПФС (продолжение)		
Параметр	Значение	Замечание
Высота поверхности земли над средним уровнем моря, h_g (м)	50	
Высота антенны над средним уровнем моря, $h_{rs} = h_g + h_{rg}$ (м)	120	Расчет с использованием приведенных выше значений
Максимальное усиление антенны в направлении ее электрической оси, $G_r = G_{FSR}(0)$ (дБи)	45	Рекомендация МСЭ-R F.758
Ширина диаграммы направленности по уровню -10 дБ, $\theta_{FSR, -10 \text{ dB}}$ (градусы)	1,72	Рекомендация МСЭ-R F.699
Среднее усиление антенны по уровню -10 дБ ее диаграммы направленности, $G_{r, AVE}$ (дБи)	42,5	Расчитано
Потери в фидере, F (дБ)	3	
Полоса пропускания приемника, B_{FSR} (МГц)	11,2	
Шумовая температура, T_{FSR} (К)	750	Рекомендация МСЭ-R SM.1448
Скорость передачи данных, R_{FSR} (Мбит/с)	34	
Длина эталонной трассы (км)	25	
Показатель кратковременной помехи		
Критерии помехи, I/N_{th} (дБ)	<ul style="list-style-type: none"> – $I/N = 23$ дБ, не должно превышать более, чем на $1,2 \times 10^{-5}\%$ времени для уровня секунд, пораженных ошибками (SES). – $I/N = 19$ дБ, не должно превышать более, чем на $4,5 \times 10^{-4}\%$ времени для уровня секунд с ошибками (ES) 	<p>Эти цифры основаны на запасе на замирание в сети, равном 24 дБ, отнесенном к уровню КОБ 1×10^{-3}.</p> <p>Отметим, что критерий помехи, связанный с уровнем ES, является более строгим критерием и, следовательно, используется для определения необходимого расстояния</p>
Допустимый уровень мощности помехи, I_{max} (дБВт)	-110,4	$= 10 \log(k T_{FSR} B_{FSR}) + I/N_{th}$
Процент времени, для которого $P_{interference, S}$ может быть превышен, p_s (%)	$4,5 \times 10^{-4}\%$	
Точность слежения антенны ЗСС	$\pm 0,2^\circ$ макс.	

ТАБЛИЦА 1 (окончание)

Расчет (дБ) минимально допустимых потерь при передаче		
Параметр	Значение	Замечание
Потери, $L_{b, min}(p_s)$ (дБ)	Рассчитаны	См. уравнение (2)
Расстояние между ЗСС и ПФС, d_{xxx} (км)	Рассчитано	
Расстояние, проходимое ЗСС через лепесток диаграммы направленности по уровню -10 дБ, $d_{ESV \text{ in beam}}$ (км)	Рассчитано	$= 2d_{xxx} \tan(\theta_{FSR, -10 \text{ dB}/2})$
Время, которое ЗСС находится в пределах лепестка диаграммы направленности по уровню -10 дБ, $t_{ESV \text{ in beam}}$ (ч)	Рассчитано	$= d_{ESV \text{ in beam}}/v_{ESV}$
Процент помех от ЗСС, p_{ESV} (%)	Рассчитан	$= (f_{ESV} t_{ESV \text{ in beam}}/8\ 760) \times 100\%$
Процент времени, для которого не превышает $L_{b, min}(p_s)$, p (%)	Рассчитан	$= (p_s/p_{ESV}) \times 100\%$

2.2 Величины параметров для полосы частот 14 ГГц

ТАБЛИЦА 2

Параметры, используемые для расчета минимального расстояния

Параметры РРС		
Параметр	Значение	Замечание
Рабочая частота, f (МГц)	14 250	
Высота антенны над уровнем моря, h_{IS} (м)	40	
Угол места к спутнику, ϕ (градусы)	>10	Меньшие углы места могут использоваться в том случае, если э.и.и.м. к горизонту соответствует эксплуатационному ограничению угла места, равному 10°
Угол усиления к горизонту, θ_h (градусы)	0	
Максимальная мощность передачи на входе антенны, $P_{t, max}$ (дБВт)	12,2	
Минимальный диаметр антенны, D_{min} (м)	1,2	
Усиление антенны в направлении ПФС, $G_t = G_{ESV}(\phi)$ (dBi)	+4 до -10	
Максимальная занимаемая полоса пропускания, B_{ESV} (MHz)	2,346	
Скорость передачи данных, R_{ESV} (Мбит/с)	1,544	
Скорость судна, v_{ESV} (км/ч)	18,3	Типичное минимальное значение при выходе в море (10 узлов)

ТАБЛИЦА 2 (продолжение)

Параметры ЗСС (продолжение)		
Параметр	Значение	Замечание
Частота проходов, f_{ESV} (проходов в год), которые попадают в полосу пропускания приемного канала ПФС	Переменный параметр	См. п. 3.6
Параметры ПФС		
Рабочая частота, f (МГц)	14 250	Равна значению рабочей частоты ЗСС
Высота антенны над землей, h_{rg} (м)	30	
Высота суши над средним уровнем моря, h_g (м)	50	
Высота антенны над средним уровнем моря, $h_{rs} = h_g + h_{rg}$ (м)	80	Сумма величин, приведенных выше
Максимальное усиление по электрической оси антенны, $G_r = G_{FSR}(0)$ (дБи)	43	Для антенны диаметром 1,2 м
Ширина диаграммы направленности по уровню -10 дБ, $\theta_{FSR, -10 \text{ dB}}$ (градусы)	2,2	Рассчитано в соответствии с Рекомендацией МСЭ-R F.1245
Средний коэффициент усиления антенны по уровню -10 дБ ее диаграммы направленности, $G_{r, AVE}$ (дБи)	40,5	Рассчитано
Потери в фидере, F (дБ)	3	
Скорость передачи данных (Мбит/с)	34	
Полоса пропускания приемника, B_{FSR} (МГц)	14	Для линии со скоростью 34 Мбит/с
Фактическая граница замирания, отнесенная к уровню КОБ 1×10^{-3} (дБ)	24	
I/N , применяемая к критерию ES (I/N_{th})	19	
Коэффициент шума, NF (дБ)	4,5	
Точность отслеживания антенны ЗСС	$\pm 0,2^\circ$ макс.	
Показатель кратковременной помехи		
Параметр	Значение	Замечание
Допустимый уровень мощности помехи, $P_{interference, S}$ (дБВт)	-109	$= 10 \log(k T B_{FSR}) + NF + I/N_{th}$
Процент времени, для которого могут быть превышены I_{max, p_s} (%)	$2,7 \times 10^{-4}$	
Расчет минимально допустимых потерь при передаче (дБ)		
Потери, $L_{b, min}(p_s)$ (дБ)	Рассчитаны	См. уравнение (2)

ТАБЛИЦА 2 (окончание)

Расчет применяемого процента времени, для которого не превышаются минимальные потери при распространении, с учетом того, что ЗСС не всегда имеют место		
Примерное расстояние ЗСС от ПФС, d_{xxx} (км)	Рассчитано	
Расстояние, которое проходит ЗСС через лепесток диаграммы направленности по уровню -10 дБ, $d_{ESV \text{ in beam}}$ (км)	Рассчитано	$= 2d_{xxx} \tan(\theta_{FSR, -10 \text{ dB}/2})$
Время, которое ЗСС находится в пределах лепестка диаграммы направленности по уровню -10 дБ, $t_{ESV \text{ in beam}}$ (ч)	Рассчитано	$= d_{ESV \text{ in beam}} / v_{ESV}$
Процент помех ЗСС, p_{ESV} (%)	Рассчитан	$= (f_{ESV} t_{ESV \text{ in beam}} / 8760) \times 100\%$
Процент времени, для которого не превышает $L_{b, \min}(p_s), p$ (%)	Рассчитан	$= (p_s / p_{ESV}) \times 100\%$

3 Обсуждение допущений и величин параметров

3.1 Максимальная мощность передачи ЗСС

Величина $P_{t, \max}$ – это мощность на входе антенны, а не максимальная выходная мощность усилителя большой мощности (УБМ) передатчика ЗСС. Величина $P_{t, \max}$ должна учитывать сумму потерь, вносимых всеми волноводами, кабелями и вращающимися соединениями, которые могут быть на пути сигнала между выходом УБМ и входным фланцем антенны.

$P_{t, \max}$ – это допустимый уровень мощности на входе антенны ЗСС, ведущей передачу с максимальной скоростью передачи данных, который, таким образом, представляет собой наихудший случай величины любой ЗСС. Для полосы частот, шириной 6 ГГц, $P_{t, \max} = 16,7$ дБВт, а для полосы частот, шириной 14 ГГц, $P_{t, \max} = 12,2$ дБВт. Однако величина мощности передатчика сильно зависит от необходимой скорости передачи и других характеристик системы. Для частотной полосы 6 ГГц мощность передатчика ЗСС может составлять около 0 дБВт (на 16,7 дБ меньше, чем $P_{t, \max}$) для низкоскоростных систем связи, а при частотной полосе 14 ГГц мощность передатчика ЗСС может составлять уже около -13 дБВт (на 25,2 дБ меньше, чем $P_{t, \max}$) для низкоскоростных систем связи.

3.2 Усиление ЗСС в направлении ПФС

В предположении наихудшего случая, когда равны углы азимута от ЗСС к ПФС и от ЗСС к желаемому для ЗСС спутнику, G_t определяется следующим образом:

$$G_t = G_{ESV}(\theta_{ESV}) \quad \text{дБи,} \quad (3)$$

где:

$G_{ESV}(\theta)$: усиление антенны ЗСС под углом отклонения θ от ее электрической оси на частоте передачи (дБи)

θ_{ESV} : угол места антенны ЗСС по отношению к горизонтالي (градусы).

В любом другом случае G_t задается $G_{ESV}(\theta')$, где (θ') – это угол между электрической осью антенны и горизонтом в направлении азимута ПФС ($(\theta') > \theta_{ESV}$). $G_{ESV}(\theta)$ является усилением (максимальным) по электрической оси антенны ЗСС, а θ измеряется по отношению к электрической оси антенны.

В качестве примера результаты расчета представлены избирательными углами 10° , 20° и 36° . Результаты для 36° применимы также для всех избирательных углов, превышающих 36° . Вероятность каждого значения зависит от относительного азимута ЗСС по отношению к направлению ФС, минимального учитываемого угла места и, наконец, широты, на которой работает ЗСС и которая обуславливает максимальный угол места ЗСС.

Таким образом, можно рассчитать избирательность антенны для всех геометрических случаев с учетом азимута ЗСС относительно ПФС (от 0° до 360°) и ее угла места (от минимального угла места до максимального угла места, который зависит от рассматриваемой широты).

На основании этого на рисунке 3 приводятся распределения избирательности такой антенны для некоторой широты и допущенного минимального угла места, равного 10° .

В подтверждение данных таблицы 3 на рисунке 3 показано, что возможность избирательности антенны ниже 36° мала, особенно для низких широт. Избирательный угол меньше 36° возможен от 17,5% случаев (на широте 60°) до 4,6% случаев (на широте 0°). Кроме того, избирательность ниже 20° представляет только 2,3% случаев на широте 45° . Из рисунка 3 можно заметить, что (для минимального угла места 10°) избирательность, равная 10° , возможна в одном маловероятном случае, когда азимуты ФС и РСС лежат на одной прямой.

РИСУНОК 3

Распределение избирательности антенны для различных широт

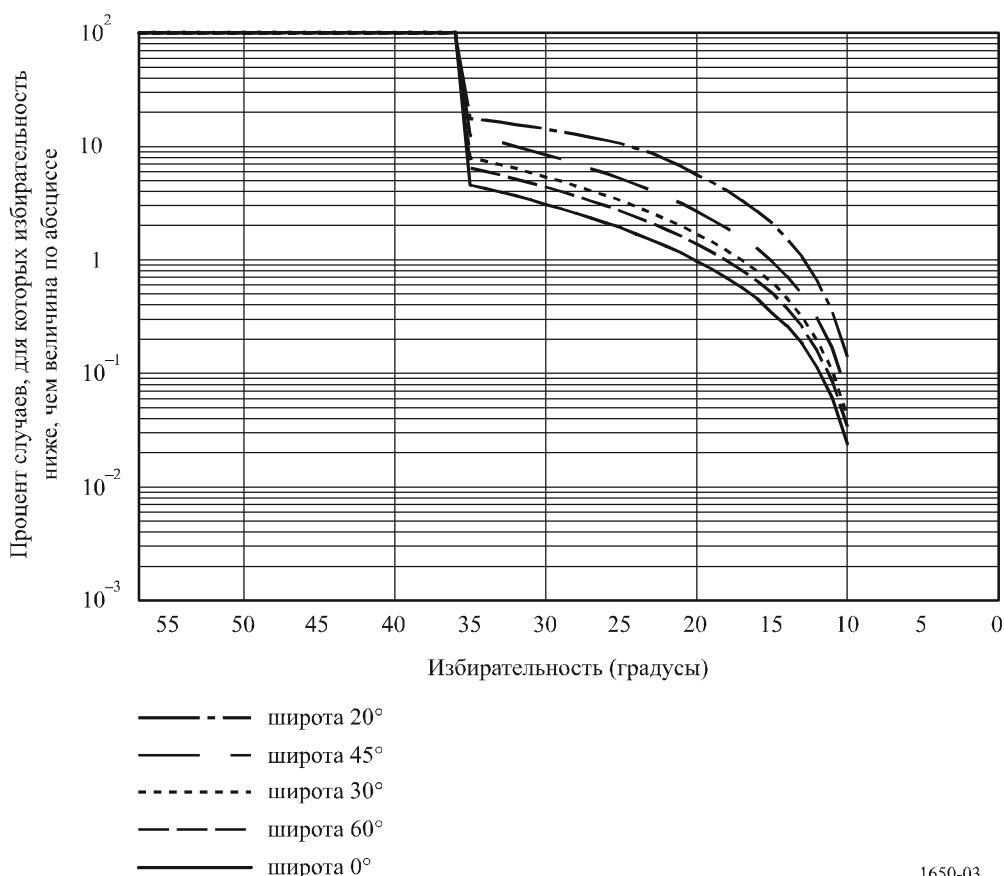


ТАБЛИЦА 3

Распределение избирательности антенны для различных широт

Широта (градусы)	Максимальный угол места (градусы)	Процент для данной избирательности		
		> 36°	< 30°	< 20°
0	90	95,4	2,8	0,8
20	66,6	93,6	4	1,2
30	55,8	92,1	4,9	1,4
45	38,2	87,6	7,7	2,3
60	22	82,5	13,5	4,8

Принимая к сведению процентные данные из таблицы 3, предоставляются только расстояния для избирательности, равной 20° и 36°.

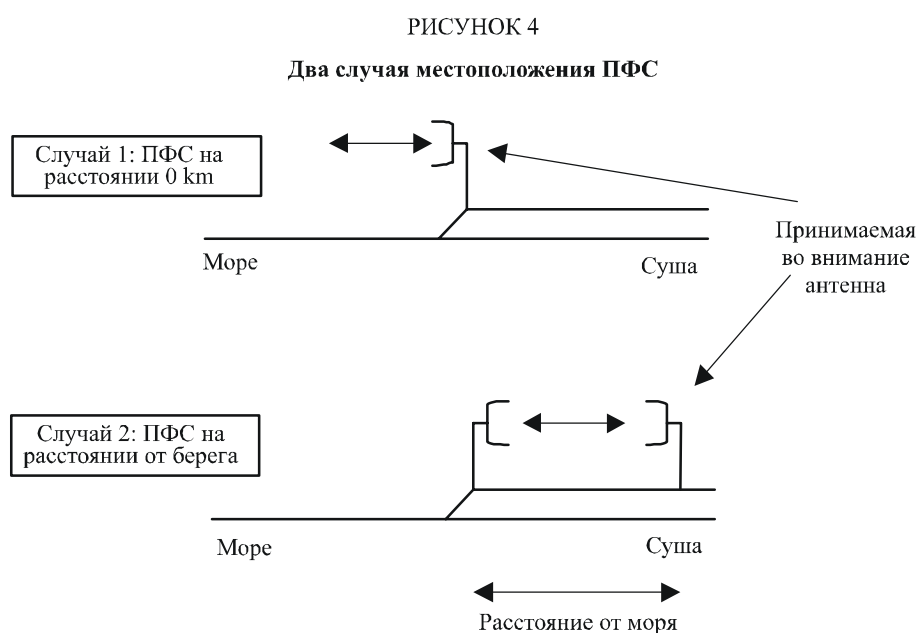
3.3 Модель распространения

Результаты представлены на основе моделей распространения из Рекомендаций МСЭ-R P.452 и P.620.

Результаты представлены на примере двух широт 45° и 20°.

3.4 Местонахождение ПФС

Методология расчета основана на анализе помех от ЗСС основному лепестку антенны ПФС. Как показано на рисунке 4, результаты представлены для двух случаев: ПФС, расположенная на берегу (0 км удаления от моря), и ПФС, расположенная на некотором расстоянии от моря (25 км от моря для полосы частот 6 ГГц и 15 км для полосы частот 14 ГГц).

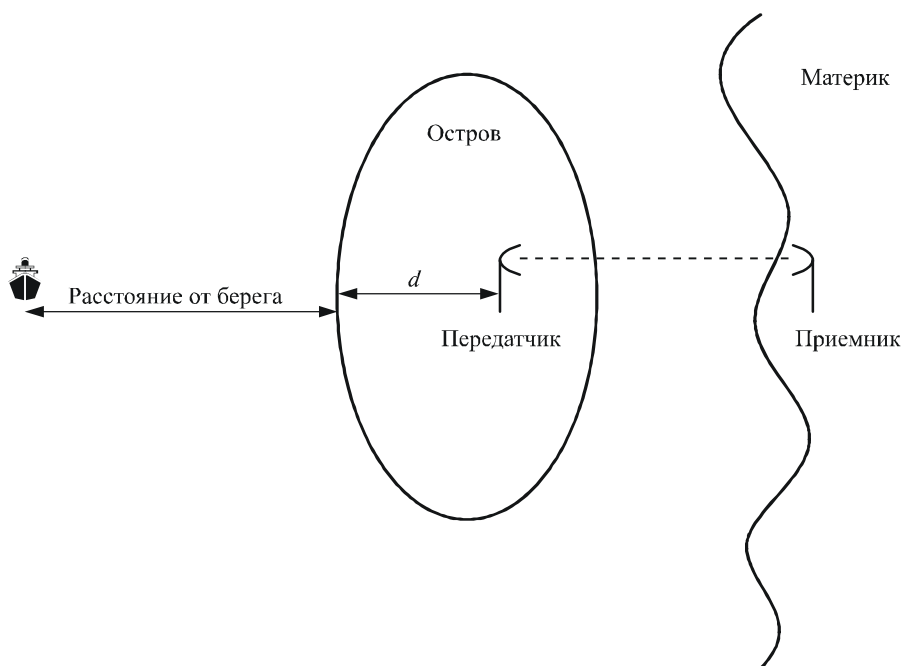


Приемники фиксированного канала связи, расположенные на берегу, как правило, будут направлены в сторону суши. Однако ввиду наличия каналов, обслуживающих острова, которые не связаны с материком, может иметь место канальное оборудование, которое расположено на береговой линии или вблизи нее и которое обращено непосредственно в море. Последствия этого сценария могут быть таковы, что с целью обеспечения защиты всех ПФС расстояние от берега должно быть основано на случае расположения ПФС на береговой линии. Однако было бы логично применять расстояние от берега острова, также как и от материка. Это иллюстрируется на рисунке 5.

Рисунок показывает, что расстояние между ЗСС и ПФС – это расстояние от берега + длина фиксированной линии + расстояние d от передатчика фиксированной линии, расположенного на острове, до берега в направлении судна. Следовательно, даже для этих фиксированных линий, обслуживающих острова, всегда существует дополнительное расстояние между ПФС и прибрежной частью суши, от которой отсчитывается расстояние от берега.

Было бы нецелесообразно применять в РР расстояние от берега до одних типов суши, и не применять расстояние от берега до других типов суши. Следовательно, есть основания допустить, что расстояние будет применяться с учетом любой суши, включая острова.

РИСУНОК 5
Расположенный на берегу ПФС, обслуживающий остров



1650-05

3.5 Число судов в частотной полосе 6 ГГц

Необходимо оценить число проходов судов сквозь луч ПФС, которые принимаются в полосе пропускания приемника.

Рекомендация МСЭ-R S.1428 дает некоторое представление о числе судов, которое существует в настоящее время или предсказывается на ближайшее будущее. В таблице 4 дается число терминалов.

ТАБЛИЦА 4

Система 1	"около"
Система 2	"около 50"
Система 3	"43"
Система 4	"около 50"
Всего	"около 183"

Вероятно, существуют другие поставщики услуг, которые не включены в рекомендацию, однако можно предположить, что число работающих в настоящее время ЗСС измеряется несколькими сотнями. Предполагается, что они работают по всему миру. Однако есть основания предположить, что число ЗСС в будущем возрастет.

Несмотря на то, что необходимо учитывать вероятный рост в будущем числа ЗСС, это зависит от ряда факторов, которые сложно определить количественно.

С учетом изложенного выше были рассчитаны расстояния для ряда проходов судов, работающих на одной и той же частоте, т. е. один проход судна каждые три дня, один проход судна в день и три прохода судна в день.

3.6 Число судов в полосе частот 14 ГГц

Земные станции на борту судов, работающие в полосе частот 14,25–14,5 ГГц, вероятнее всего должны быть развернуты на паромках. Поэтому, вероятно, число судов будет выше, чем в случае работы в полосе частот 5925–6425 МГц. Статистика, собранная в Соединенном Королевстве, указывает, что Дувр является самым оживленным портом. В 1999 году там было приблизительно 24 000 заходов паромов, что равно примерно 66 паромам в день. Поэтому число проходов судов в день оценивается в 132 прохода в день. Если излучения ЗСС равномерно распределены по всей полосе, т. е. по полосе 14–14,5 ГГц, число проходов судов, попадающих в полосу частот выше 250 МГц, может быть оценено в 66 проходов в день. Если допустить одну передачу ЗСС в любое время в полосе пропускания ПФС, то число проходов судов становится равным $66 \times 17/250$ или 4,5 в день. Для сохранения сбалансированной степени консерватизма минимальное расстояние было рассчитано, исходя из трех проходов судов в день и шести проходов судов в день.

3.7 Высота ПФС

Для расчетов в полосе частот 6 МГц высота антенны ПФС принималась равной 120 м над средним уровнем моря. Несмотря на то, что это типично для большинства случаев, в некоторых странах оборудование фиксированных линий может располагаться в горах на высоте около 1000 м. Если допустить также, что ПФС находится в 25 км от берега и направлен в сторону моря, то в таком случае соответствующий передатчик фиксированной линии вероятнее всего должен находиться на гораздо более низкой высоте и, следовательно, ПФС будет характеризоваться отрицательным углом места (примерно $-2,3^\circ$), тогда как угол места от ПФС к ЗСС на расстоянии от берега будет равен примерно 0° . Таким образом, будет существовать дополнительная избирательность антенны ПФС.

4 Результирующие расстояния

Используя величины параметров и изложенную выше методологию, можно рассчитать минимальное расстояние, как показано в следующих таблицах.

4.1 Расстояния для полосы частот 6 ГГц

а) Защитное расстояние в полосе частот 6 ГГц с использованием Рекомендации МСЭ-R Р.620, широта = 45°

		ПФС на расстоянии 0 км от берега			ПФС на расстоянии 25 км от берега ⁽¹⁾		
		10 ⁽²⁾	20	36	10 ⁽²⁾	20	36
Угол избирательности антенны (градусы)		10 ⁽²⁾	20	36	10 ⁽²⁾	20	36
L_b (дБ)		170,5	163	156,5	170,5	163	156,5
1 судно каждый третий день	Расстояние (км)	420	345	280	375	300	235
	p (%)	0,048	0,058	0,071	0,050	0,061	0,077
1 судно каждый день	Расстояние (км)	445	370	300	405	325	260
	p (%)	0,015	0,018	0,022	0,015	0,019	0,023
3 судна каждый день	Расстояние (км)	465	385	320	425	350	280
	p (%)	0,005	0,006	0,007	0,005	0,006	0,007

⁽¹⁾ Предлагаемые расстояния привязаны к берегу, что означает, что расстояния в колонках, соответствующих "ПФС на расстоянии 25 км от берега", представляют собой расстояние до ПФС минус 25 км.

⁽²⁾ Избирательность, равная 10°, возможна в маловероятном случае, когда азимуты ПФС и ЗСС находятся на одной прямой, и ЗСС работает на минимальном угле места.

б) Защитное расстояние в полосе частот 6 ГГц с использованием Рекомендации МСЭ-R Р.452, широта = 45° ($\Delta N = 50$)

		ПФС на расстоянии 0 км от берега			ПФС на расстоянии 25 км от берега ⁽¹⁾		
		10 ⁽²⁾	20	36	10 ⁽²⁾	20	36
Угол избирательности антенны (градусы)		10 ⁽²⁾	20	36	10 ⁽²⁾	20	36
L_b (дБ)		170,5	163	156,5	170,5	163	156,5
1 судно каждый третий день	Расстояние (км)	404	328	265	368	294	233
	p (%)	0,049	0,060	0,075	0,050	0,072	0,077
1 судно каждый день	Расстояние (км)	427	347	283	396	321	258
	p (%)	0,015	0,019	0,023	0,016	0,019	0,023
3 судна каждый день	Расстояние (км)	445	365	298	420	342	279
	p (%)	0,005	0,006	0,007	0,005	0,006	0,007

в) Защитное расстояние в полосе частот 6 ГГц с использованием Рекомендации МСЭ-R Р.620, широта = 20°

		ПФС на расстоянии 0 км от берега		ПФС на расстоянии 25 км от берега ⁽¹⁾	
		20	36	20	36
Угол избирательности антенны (градусы)		20	36	20	36
L_b (дБ)		163	156,5	163	156,5
1 судно каждый третий день	Расстояние (км)	375	307	343	277
	p (%)	0,052	0,064	0,053	0,065
1 судно каждый день	Расстояние (км)	391	323	362	293
	p (%)	0,017	0,020	0,017	0,020
3 судна каждый день	Расстояние (км)	408	377	378	308
	p (%)	0,006	0,007	0,006	0,007

d) Защитное расстояние в полосе частот 6 ГГц с использованием Рекомендации МСЭ-R P.452, широта = 20° ($\Delta N = 70$)

		ПФС на расстоянии 0 км от берега		ПФС на расстоянии 25 км от берега ⁽¹⁾	
Угол избирательности антенны (градусы)		20	36	20	36
L_b (дБ)		163	156,5	163	156,5
1 судно каждый третий день	Расстояние (км)	348	283	318	253
	p (%)	0,057	0,070	0,057	0,071
1 судно каждый день	Расстояние (км)	364	297	334	267
	p (%)	0,018	0,022	0,018	0,023
3 судна каждый день	Расстояние (км)	378	310	347	281
	p (%)	0,006	0,007	0,006	0,007

При рассмотрении результатов, представленных выше, внимание должно быть уделено обсуждению величин параметров и сценариев п. 3. Рекомендуемое минимальное расстояние от низшей отметки уровня воды, официально признанной прибрежным государством, за пределами которого движущаяся ЗСС не будет причинять неприемлемых помех ФС, составляет 300 км.

4.2 Расстояния для полосы частот 14 ГГц

a) Защитное расстояние в полосе частот 14 ГГц с использованием Рекомендации МСЭ-R P.620, широта = 20°

		ПФС на расстоянии 0 км от берега		ПФС на расстоянии 15 км от берега ⁽¹⁾	
Угол избирательности антенны (градусы)		20	36	20	36
L_b (дБ)		155,2	148,7	155,2	148,7
L_1 (дБ)		19,7	13,2	19,7	13,2
3 судна каждый день	Расстояние (км)	165	120	150	105
	p (%)	0,009	0,013	0,009	0,005
6 судов каждый день	Расстояние (км)	170	120	155	105
	p (%)	0,004	0,006	0,004	0,006

⁽¹⁾ Предлагаемые расстояния привязаны к берегу, что означает, что расстояния в колонках, соответствующих "ПФС на расстоянии 15 км от берега", представляют собой расстояние до ПФС минус 15 км.

b) Защитное расстояние в полосе частот 14 ГГц с использованием Рекомендации МСЭ-R P.452, широта = 20° ($\Delta N = 70$)

		ПФС на расстоянии 0 км от берега		ПФС на расстоянии 15 км от берега ⁽¹⁾	
Угол избирательности антенны (градусы)		20	36	20	36
L_b (дБ)		155,2	148,7	155,2	148,7
3 судна каждый день	Расстояние (км)	156	111	140	95
	p (%)	0,007	0,009	0,007	0,005
6 судов каждый день	Расстояние (км)	160	114	144	98
	p (%)	0,003	0,005	0,003	0,005

с) **Защитное расстояние в полосе частот 14 ГГц с использованием Рекомендации МСЭ-R Р.620, широта = 45°**

		ПФС на расстоянии 0 км от берега			ПФС на расстоянии 15 км от берега ⁽¹⁾		
Угол избирательности антенны (градусы)		10 ⁽²⁾	20	36	10 ⁽²⁾	20	36
L_b (dB)		162,7	155,2	148,7	162,7	155,2	148,7
L_1 (dB)		27,2	19,7	13,2	27,2	19,7	13,2
3 судна каждый день	Расстояние (км)	210	160	115	195	140	95
	p (%)	0,007	0,010	0,013	0,007	0,010	0,014
6 судов каждый день	Расстояние (км)	215	165	115	200	145	100
	p (%)	0,004	0,005	0,007	0,004	0,005	0,007

⁽²⁾ Избирательность, равная 10°, возможна в маловероятном случае, когда азимуты ПФС и ЗСС находятся на одной прямой, и ЗСС работает на минимальном угле места.

д) **Защитное расстояние в полосе частот 14 ГГц с использованием Рекомендации МСЭ-R Р.452, широта = 45° ($\Delta N = 50$)**

		ПФС на расстоянии 0 км от берега			ПФС на расстоянии 15 км от берега ⁽¹⁾		
Угол избирательности антенны (градусы)		10 ⁽²⁾	20	36	10 ⁽²⁾	20	36
L_b (dB)		162,7	155,2	148,8	162,7	155,2	148,8
3 судна каждый день	Расстояние (км)	202	150	106	183	131	87
	p (%)	0,005	0,007	0,010	0,006	0,009	0,014
6 судов каждый день	Расстояние (км)	205	155	109	187	136	90
	p (%)	0,003	0,004	0,034	0,003	0,004	0,007

При рассмотрении результатов, представленных выше, внимание должно быть уделено обсуждению величин параметров и сценариев п. 3. Рекомендуемое минимальное расстояние от низшей отметки уровня воды, официально признанной прибрежным государством, за пределами которого движущаяся ЗСС не будет причинять неприемлемых помех ФС, составляет 125 км.