

Международный союз электросвязи

**МСЭ-R**

Сектор радиосвязи МСЭ

**Рекомендация МСЭ-R F.2086-0**  
(09/2015)

**Сценарии развертывания систем связи  
пункта с пунктом фиксированной службы**

**Серия F**  
**Фиксированная служба**



Международный  
союз  
электросвязи

## Предисловие

Роль Сектора радиосвязи заключается в обеспечении рационального, справедливого, эффективного и экономичного использования радиочастотного спектра всеми службами радиосвязи, включая спутниковые службы, и проведении в неограниченном частотном диапазоне исследований, на основании которых принимаются Рекомендации.

Всемирные и региональные конференции радиосвязи и ассамблеи радиосвязи при поддержке исследовательских комиссий выполняют регламентарную и политическую функции Сектора радиосвязи.

### Политика в области прав интеллектуальной собственности (ПИС)

Политика МСЭ-R в области ПИС излагается в общей патентной политике МСЭ-T/МСЭ-R/ИСО/МЭК, упоминаемой в Приложении 1 к Резолюции МСЭ-R 1. Формы, которые владельцам патентов следует использовать для представления патентных заявлений и деклараций о лицензировании, представлены по адресу: <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/en>, где также содержатся Руководящие принципы по выполнению общей патентной политики МСЭ-T/МСЭ-R/ИСО/МЭК и база данных патентной информации МСЭ-R.

### Серии Рекомендаций МСЭ-R

(Представлены также в онлайн-форме по адресу: <http://www.itu.int/publ/R-REC/en>.)

Серия	Название
BO	Спутниковое радиовещание
BR	Запись для производства, архивирования и воспроизведения; пленки для телевидения
BS	Радиовещательная служба (звуковая)
BT	Радиовещательная служба (телевизионная)
<b>F</b>	<b>Фиксированная служба</b>
M	Подвижные службы, служба радиоопределения, любительская служба и относящиеся к ним спутниковые службы
P	Распространение радиоволн
RA	Радиоастрономия
RS	Системы дистанционного зондирования
S	Фиксированная спутниковая служба
SA	Космические применения и метеорология
SF	Совместное использование частот и координация между системами фиксированной спутниковой службы и фиксированной службы
SM	Управление использованием спектра
SNG	Спутниковый сбор новостей
TF	Передача сигналов времени и эталонных частот
V	Словарь и связанные с ним вопросы

*Примечание.* – Настоящая Рекомендация МСЭ-R утверждена на английском языке в соответствии с процедурой, изложенной в Резолюции МСЭ-R 1.

Электронная публикация  
Женева, 2016 г.

© ITU 2017

Все права сохранены. Ни одна из частей данной публикации не может быть воспроизведена с помощью каких бы то ни было средств без предварительного письменного разрешения МСЭ.

## РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R F.2086-0

**Сценарии развертывания систем связи пункта с  
пунктом фиксированной службы**

(Вопрос МСЭ-R 252/2)

(2015)

**Сфера применения**

В настоящей Рекомендации содержатся информация о сценариях развертывания и соответствующие статистические данные по некоторым системам фиксированной беспроводной связи пункта с пунктом фиксированной службы, работающим в диапазоне частот 1,4–86 ГГц. Эта информация может использоваться в исследованиях совместного использования частот и в исследованиях помех между этими системами фиксированной службы и системами других служб. Настоящая Рекомендация предназначена для использования совместно с Рекомендацией МСЭ-R F.758.

**Ключевые слова**

Развертывание, пункт с пунктом, совместное использование частот, угол места, длина линии, высота антенны

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

*учитывая,*

- a) что часто возникает необходимость в исследовании совместного использования частот системами связи пункта с пунктом (П-П) фиксированной службы (ФС) и системами других служб, в полосах частот, распределенных обеим службам с равными правами;
- b) что следует также принимать во внимание помехи от других систем, работающих в той же полосе на непервичной основе, нежелательные излучения других систем в службах, работающих вне полосы, распределенной фиксированной службе, и излучения от источников, отличных от радиослужб;
- c) что для создания подлежащих исследованию моделей совместного использования частот необходимо понимать сценарии развертывания систем каждой службы;
- d) что для исследований совместного использования частот ФС и другими службами и исследований помех между ними полезно наличие базовой информации о развертывании систем связи пункта с пунктом ФС,

*отмечая,*

- a) что в Рекомендации МСЭ-R F.758 представлена информация о разработке критериев совместного использования частот и оценки условий воздействия помех между ФС и другими службами и другими источниками помех;
- b) что в Рекомендации МСЭ-R F.758 представлено руководство по техническим характеристикам и типовым системным параметрам цифровых фиксированных беспроводных систем, которые необходимо учитывать при разработке критериев совместного использования частот и совместимости с другими службами и применениями радиосвязи;
- c) что в Рекомендациях МСЭ-R F.699 и МСЭ-R F.1245 представлены эталонные диаграммы направленности антенн с пиковыми уровнями боковых лепестков и с усредненными уровнями боковых лепестков, соответственно, систем связи П-П ФС,

*рекомендует,*

в случае отсутствия более точной информации, использовать для сценариев развертывания систем связи пункта с пунктом ФС информацию, приведенную в Приложении 1, совместно с приведенными в Приложении 2 статистическими данными, которые могут применяться в исследованиях совместного использования частот системами связи пункта с пунктом ФС и другими системами/применениями ФС и других служб или исследованиях помех между ними.

## Приложение 1

### Сценарии развертывания систем связи пункта с пунктом фиксированной службы

#### 1 Введение

В отсутствие более точной информации рекомендуется использовать в качестве значений по умолчанию параметры и исходные положения, приведенные в настоящей Рекомендации, при проведении технических исследований совместного использования частот системами П-П ФС или исследований помех между ними в полосах выше приблизительно 1 ГГц<sup>1</sup>.

Для простоты исходные положения относительно полос частот в настоящей Рекомендации в ряде случаев приведены для широких диапазонов частот. Это сделано в целях упрощения и не влечет за собой каких бы то ни было вопросов распределения.

#### 2 Сценарии развертывания систем связи пункта с пунктом ФС

Тип применения, для которого используется система П-П ФС, и, следовательно, способ развертывания системы будут значительно различаться в каждой администрации в зависимости от диапазона частот и географических условий.

- Нижние полосы, примерно ниже 11 ГГц, микроволнового диапазона пригодны для длинных пролетов, но обеспечивают ширину канала до 28/40 МГц с возможным удвоением путем группирования двойных каналов. Эти характеристики особенно хорошо подходят для длинных междугородних трасс (например, вдоль автомагистралей, железных дорог, коридоров электропередач и других трасс). Системы в этих полосах могут использоваться в качестве альтернативы волокну или для резервирования – на пересеченной местности, где сложно разворачивать волокно, или в случае, когда желательна малое время задержки. Линии в этих полосах разворачиваются менее часто (или менее плотно) в городских центрах, и общее число линий в этих полосах меньше числа линий на более высоких частотах. Следует отметить, что радиолинии в этих полосах могут быть развернуты в звездообразной конфигурации, сходясь к станции ФС, расположенной в городском центре.
- Средние полосы микроволнового диапазона, примерно 11–23 ГГц, все еще относительно пригодны для длинных пролетов и обеспечивают более широкие по сравнению с нижними полосами каналы. Эти полосы используются, как правило, для транзитной связи в инфраструктуре подвижной связи в городских и пригородных зонах, при этом обычно используется кольцевая или звездообразная конфигурация. Число линий, а также плотность развертывания в этих полосах могут быть весьма высокими.
- Верхние полосы микроволнового диапазона, примерно выше 23 ГГц, но ниже 30 ГГц, пригодны для коротких пролетов, но могут обеспечить значительную ширину полосы. Эти полосы наиболее широко используются в городских зонах в качестве альтернативы волокну, для связи университетских городков или для обеспечения транзитной связи для узлов сотовой связи, особенно малых сот. Как правило, системы включают в себя только один или два пролета. Число линий, а также плотность развертывания в этих полосах могут быть весьма высокими в плотных городских зонах, и использование этих полос быстро расширяется.
- Полосы миллиметровых волн, частоты выше 30 ГГц, пригодны для коротких пролетов и привлекательны обеспечиваемой ими высокой производительностью (очень большая ширина полос и высокие скорости передачи данных). Характеристики распространения и

---

<sup>1</sup> Описательно общепринято обозначать диапазон частот 300 МГц – 300 ГГц как "микроволновый диапазон". В терминах полос частот, согласно п. 2.1 РР, диапазон частот 30 ГГц – 300 ГГц обозначается как "миллиметровые волны".

направленность антенны идеально подходят для характеризующейся высокой плотностью архитектуры линий связи пункта с пунктом малой дальности с высоким уровнем повторного использования частоты. Линии фиксированной службы в диапазоне миллиметровых волн могут обеспечивать пропускную способность в несколько гигабит, аналогичную пропускной способности волокна. Некоторые линии могут быть развернуты без координации. Возможные применения линий фиксированной службы в диапазоне миллиметровых волн включают транспортирование для: беспроводных локальных сетей (WLAN), персональных беспроводных сетей (WPAN), подвижной широкополосной связи (то есть транзитной связи), мультимедийных услуг с высокой разрешающей способностью для кочевых пользователей, и беспроводных систем распределения видеосигнала. Ожидается, что использование этих полос будет расти по мере развития и освоения технологий.

Приведенные описания представляют собой широкие обобщения, на практике границы между этими общими категориями диапазонов частот и соответствующих применений в значительной степени размыты, и они перекрывают друг друга.

Следует отметить, что далее в настоящей Рекомендации не рассматриваются несколько полос для применений фиксированной службы в диапазоне миллиметровых волн. К ним относятся, в частности, полосы фиксированной службы 92–94 ГГц и выше. В связи с этим ссылки в настоящей Рекомендации "выше 23 ГГц" не включают эти верхние полосы частот диапазона миллиметровых волн для распределений фиксированной службы.

### **3 Параметры связи пункта с пунктом ФС для использования в технических исследованиях**

#### **3.1 Критерии помех**

Общую информацию и руководство по критериям помех для технических исследований см. в Рекомендации МСЭ-R F.758.

#### **3.2 Параметры оборудования связи пункта с пунктом ФС**

Основным справочным документом по исходным положениям, касающимся параметров оборудования ФС, является Приложение 2 Рекомендации МСЭ-R F.758. В случае отсутствия информации о рассматриваемом диапазоне частот дополнительную информацию можно получить, обратившись к Приложению 3 Рекомендации МСЭ-R F.758.

Для тех случаев, когда в обоих этих приложениях необходимая информация отсутствует и если желательно провести анализ аналоговых систем, существует архив дополнительной, хотя вероятно устаревшей, информации об оборудовании в Отчете МСЭ-R F.2108.

#### **3.3 Эталонные диаграммы направленности антенны**

Выбор надлежащей эталонной диаграммы направленности антенны для анализа с участием систем связи пункта с пунктом ФС зависит от исследуемого сценария:

- в случае единственного источника (или ограниченного числа источников) помех и статической геометрии помех рекомендуется использовать диаграмму направленности с пиковыми уровнями боковых лепестков, аналогичную описанной в Рекомендации МСЭ-R F.699;
- для статистического анализа и анализа с учетом зависимости от времени, в случае суммирования помех от большого числа источников, а также для пространственного статистического анализа использование диаграммы направленности с пиковыми значениями боковых лепестков будет приводить к переоценке уровня помех. В этих случаях рекомендуется использовать диаграмму направленности с усредненными уровнями боковых лепестков, аналогичную описанной в Рекомендации МСЭ-R F.1245.

#### **3.4 Модели распространения**

Для анализа помех следует использовать соответствующую(ие) Рекомендацию(и) серии Р.

### 3.5 Параметры, относящиеся к развертыванию

В данном Приложении в качестве типовых элементов, которые необходимо использовать для исследований совместного использования частот и исследований помех с участием систем П-П фиксированной службы, рассматриваются следующие параметры, относящиеся к развертыванию:

- длина линии;
- угол места антенны;
- высота антенны над уровнем земли.

В Приложении 2 в сводной форме приведены статистические данные, представленные по этим параметрам некоторыми администрациями.

При проведении исследований совместного использования частот с системами П-П фиксированной службы, работающими в определенной полосе частот, в качестве руководства полезными могут быть таблицы с А1-1 по А1-4, в которых показана связь между приведенными в Приложении 2 статистическими данными по параметрам, относящимся к развертыванию, и соответствующими полосами частот, определенными в Рекомендации МСЭ-R F.758.

Для полос частот, не включенных ни в один из левых столбцов, рекомендуется использовать статистические данные для ближайшей полосы.

ТАБЛИЦА А1-1

**Статистические данные по относящимся к развертыванию параметрам, соответствующие полосам частот, которые определены в Рекомендации МСЭ-R F.758, ниже полосы 6 ГГц**

Сегмент полосы частот, определенный в Рек. МСЭ-R F.758 (ГГц)	Статистические данные по относящимся к развертыванию параметрам для использования в полосах частот, указанных в левом столбце	
1,350–1,530	Таблицы А2-1А, А2-1В и А2-1С в Приложении 2	Полоса 1,375–1,400/1,427–1,452 ГГц
1,700–2,100/1,900–2,300		Полоса 2,025–2,110/2,200–2,285 ГГц
2,290–2,670		Полоса 2,025–2,110/2,200–2,285 ГГц
3,600–4,200		Полоса 3,7–4,2 ГГц
4,400–5,000		Примечание

ПРИМЕЧАНИЕ. – Данные в настоящее время отсутствуют.

ТАБЛИЦА А1-2

**Статистические данные по относящимся к развертыванию параметрам, соответствующие полосам частот, которые определены в Рекомендации МСЭ-R F.758, для полосы 6–10 ГГц**

Сегмент полосы частот, определенный в Рек. МСЭ-R F.758 (ГГц)	Статистические данные по относящимся к развертыванию параметрам для использования в полосах частот, указанных в левом столбце	
5,925–6,425	Таблицы А2-2А, А2-2В и А2-2С в Приложении 2	Полоса 5,925–6,425 ГГц Полоса 6 ГГц
6,425–7,125		Полоса 6,425–7,125 ГГц Полоса 7 ГГц
7,110–7,900		Полоса 7 ГГц Полоса 7,125–7,725 ГГц Полоса 7,425–7,75 ГГц
7,725–8,500		Полоса 7,725–8,275 ГГц Полоса 8,025–8,500 ГГц Полоса 8 ГГц
10,5–10,68		Полоса 10 ГГц

ТАБЛИЦА А1-3

Статистические данные по относящимся к развертыванию параметрам, соответствующие полосам частот, которые определены в Рекомендации МСЭ-R F.758, для полосы 11–23 ГГц

Сегмент полосы частот, определенный в Рек. МСЭ-R F.758 (ГГц)	Статистические данные по относящимся к развертыванию параметрам для использования в полосах частот, указанных в левом столбце	
10,7–11,7		Полоса 11 ГГц Полоса 10,7–11,7 ГГц
12,75–13,25	Таблицы А2–3А, А2–3В и А2–3С в Приложении 2	Полоса 13 ГГц
14,4–15,35		Полоса 14,25–14,5 ГГц Полоса 15 ГГц Полоса 14,4–15,23 ГГц Полоса 14,5–15,35 ГГц
		Полоса 17,7–19,7 ГГц Полоса 18 ГГц Полоса 17,8–18,3/19,3–19,7 ГГц Полоса 17,82–18,72 ГГц
		Полоса 23 ГГц Полоса 22–23,6 ГГц Полоса 22,4–22,6/23,0–23,2 ГГц
17,7–19,7		
21,2–23,6		

ТАБЛИЦА А1–4

Статистические данные по относящимся к развертыванию параметрам, соответствующие полосам частот, которые определены в Рекомендации МСЭ-R F.758, выше полосы 23 ГГц

Сегмент полосы частот, определенный в Рек. МСЭ-R F.758 (ГГц)	Статистические данные по относящимся к развертыванию параметрам для использования в полосах частот, указанных в левом столбце	
24,25–29,50	Таблицы А2–4А, А2–4В и А2–4С в Приложении 2	Полоса 26 ГГц Полоса 25,053–25,431/ 26,061–26,439 ГГц Полоса 28 ГГц
31,8–33,4		Полоса 32 ГГц
36,0–40,5		Полоса 38 ГГц
51,4–52,6		Примечание
55,78–59,0		Примечание
71–76/81–86		Полоса 75 ГГц Полоса 71–76/81–86 ГГц

ПРИМЕЧАНИЕ. – Данные в настоящее время отсутствуют.

### 3.5.1 Длина линии

Длина линии фиксированной службы может быть определена, в пределах применения, для которого используется система П-П ФС, с учетом следующих факторов (см. также п. 2 настоящего Приложения: Сценарии развертывания для систем связи пункта с пунктом ФС):

- требуемая производительность линии (или готовность);
- условие прямой видимости.

В случае транзитной связи для инфраструктуры подвижной связи основным фактором становится расстояние между базовыми станциями подвижной связи или между базовыми станциями подвижной связи и узлом высокого уровня (станция базовой сети).

### **3.5.2 Направление наведения антенны**

В некоторых используемых совместно с космическими службами полосах частот выше 1 ГГц направление максимального излучения любой антенны ФС, превышающее конкретный предел э.и.и.м., отстоит от геостационарной орбиты на 1,5–2 градуса согласно соответствующему положению Статьи 21 РР, если это практически возможно. При проведении исследований совместного использования частот фиксированной службой и космическими службами важным фактором становится вопрос о том, применялось ли (или продолжает ли применяться) в сценарии развертывания ФС в рассматриваемой полосе частот вышеуказанное отклонение от дуги.

#### **3.5.2.1 Азимут антенны**

При проведении общих исследований совместного использования частот может быть принято, что азимутальные углы (в градусах по часовой стрелке от истинного севера) будут равномерно изменяться в пределах от нуля до 360 градусов. По возможности лучше применять это для линии, а не для станции, однако допустимым может быть применение для станции, если используемый метод моделирования или анализа налагает ограничения.

#### **3.5.2.2 Угол места антенны**

Этот параметр является важным фактором анализа помех космическим станциям и от космических станций. В отношении данного параметра следует отметить, что может прогнозироваться отрицательный медианный угол места, в особенности на более длинных линиях, как результат воздействия атмосферной рефракции в зоне кривизны Земли (см. Дополнение к Приложению 2).

### **3.5.3 Высота антенны над уровнем земли**

Этот параметр является важным фактором при анализе потерь за счет отражения в городских условиях или оценке условий прямой видимости или помех другим наземным станциям или от других наземных станций, включая земные станции космических служб.

### **3.5.4 Поляризация**

В системах фиксированной связи пункта с пунктом используется горизонтальная и/или вертикальная поляризация. При исследовании воздействия на системы или от систем с круговой поляризацией (например, спутниковые системы) нет необходимости указывать конкретную используемую поляризацию.

В случаях когда необходимо провести различие между горизонтальной и вертикальной поляризацией, потребуется указать, в какой степени используются такие технологии, как двойная поляризация на совпадающей частоте (CCDP), для увеличения пропускной способности системы. В традиционных системах связи пункта с пунктом будет, как правило, выполняться переключение между линиями с горизонтальной поляризацией и линиями с вертикальной поляризацией и будет наблюдаться примерно равное разделение между двумя поляризациями, когда каждая линия использует одну или другую поляризацию. В системах с CCPD в каждой линии будут использоваться оба типа поляризации – горизонтальная и вертикальная.

## **3.6 Зависимость между параметрами**

Следует отметить, что длина линии, угол места и высота антенны являются зависимыми параметрами. Имея любые два из этих параметров, третий можно вычислить. Это необходимо принимать во внимание при разработке сценариев совместного использования частот.

Например, для конкретного сценария число произвольных линий может быть определено на основании указанных статистических распределений значений длины линии и высоты антенны. В таком случае соответствующие углы места антенны следует рассчитывать для каждой такой линии, а не использовать статистические данные, приведенные в настоящей Рекомендации.

Другой пример: создавая сценарий с участием некоторого числа случайным образом расположенных станций без установления взаимосвязей линий, статистические данные длины линии не будут учитываться, и в отношении каждой такой станции должны применяться распределения значений высоты и угла места антенны.

## Приложение 2

### Обобщенное представление статистических данных по параметрам, относящимся к развертыванию, для систем связи П-П фиксированной службы, работающих в разных полосах частот

#### 1 Введение

В настоящем Приложении на основании вкладов от нескольких администраций представлены в обобщенной форме статистические данные по углу места антенны, длине линии и высоте антенны над уровнем земли в качестве типовых параметров, относящихся к развертыванию, систем П-П ФС для использования при проведении исследований совместного использования частот и исследований помех с участием систем П-П ФС.

#### 2 Обобщенное представление статистических данных

##### 2.1 Полосы частот ниже 6 ГГц

ТАБЛИЦА А2-1А

#### Угол места (градусы)

	Полоса (ГГц)	Число записей	Процентили			Медиана <sup>2</sup>	Стандартное отклонение
			5:95	10:90	25:75		
Франция	1,375–1,400/ 1,427–1,452	1 614	–3,8:4,4	–1,9:2,2	–0,4:0,4	–0,01	3,37
Канада	2,025–2,110/ 2,200–2,285	6 350	–0,9:0,3	–0,6:0,1	–0,3:0	–0,2	0,9
Канада	3,7–4,2	1 580	–1,4:0,7	–0,7:0,4	–0,3:0	–0,2	0,8

<sup>2</sup> Может прогнозироваться отрицательный медианный угол места, в особенности на более длинных линиях, как результат воздействия атмосферной рефракции в зоне кривизны Земли (см. Дополнение к Приложению 2).

ТАБЛИЦА А2-1В

Длина линии (км)

	Полоса (ГГц)	Число записей	Процентили			Медиана	Стандартное отклонение
			5:95	10:90	25:75		
Франция	1,375–1,400/ 1,427–1,452	1 614	2,2:44	3,6:37	8,3:27	17,3	14,6
Канада	2,025–2,110/ 2,200–2,285	6 350	1:83	1:67	15:53	39	29
Канада	3,7–4,2	1 580	1:84	2:72	7:57	41	28

ТАБЛИЦА А2-1С

Высота антенны (метры над уровнем земли)<sup>3</sup>

	Полоса (ГГц)	Число записей	Процентили			Медиана <sup>3</sup>	Стандартное отклонение
			5:95	10:90	25:75		
Франция	1,375–1,400/ 1,427–1,452	1 614	5:53	6:45	10:33	20	16,8
Канада	2,025–2,110/ 2,200–2,285	6 350	3:127	5:105	15:80	47	42
Канада	3,7–4,2	1 580	15:140	20:131	20:85	39	42

## 2.2 Полосы частот в диапазоне от 6 до примерно 11 ГГц

ТАБЛИЦА А2-2А

Угол места (градусы)

	Полоса (ГГц)	Число записей	Процентили			Медиана <sup>4</sup>	Стандартное отклонение
			5:95	10:90	25:75		
Канада	5,925–6,425	31 423	–0,8:0,5	–0,5:0,1	–0,3:0	–0,2	1,4
Канада	6,425–6,930	21 126	–0,7:0,5	–0,5:0,2	–0,2:0	–0,1	1,1
Франция	5,925–6,425	1 937	–1,5:1,6	–0,7:0,9	–0,1:0,2	0,03	1,13
Франция	6,425–7,125	2 756	–2,3:2,3	–1:1,3	–0,2:0,2	0,01	1,5
Польша	6	1 262	–0,62:0,42	–0,35:0,13	–0,19:–0,03	–0,106	0,487
Польша	7	1 280	–0,45:0,29	–0,29:0,16	–0,15:0,01	–0,080	4,739
Канада	7,125–7,725	20 684	–1,4:0,8	–0,9:0,3	–0,4:0	–0,2	1,5
Канада	7,725–8,275	7 772	–1,0:0,5	–0,6:0,2	–0,2:0	–0,1	0,8

<sup>3</sup> Высота над уровнем земли включает конструкцию антенны и любое здание, на котором установлена антенна.

<sup>4</sup> Может прогнозироваться отрицательный медианный угол места, в особенности на более длинных линиях, как результат воздействия атмосферной рефракции в зоне кривизны Земли (см. Дополнение к Приложению 2).

ТАБЛИЦА А2-2А (окончание)

	Полоса (ГГц)	Число записей	Процентили			Медиана <sup>4</sup>	Стандартное отклонение	
			5:95	10:90	25:75			
Япония	7,425–7,75	16 380	-7,29:7,26	-4,50:4,45	-1,41:1,32	-0,119	6,472	
Франция	8,025–8,500	2 257	-2,4:5,8	-1,5:3,5	-0,25:1,12	0,13	3,24	
Польша	8	1 856	-0,37:0,20	-0,27:0,06	-0,18:-0,03	-0,114	,347	
Канада	10,55–10,68	1 272	-1,0:0,86	-0,56:0,43	-0,22:0,11	-0,05	0,87	
Канада	10,7–11,7	24 571	-1,7:1,1	-0,8:0,5	-0,3:0,1	-0,1	1,4	
Франция	10,7–11,7	2 491	-2,7:3	-1,45:1,5	-0,35:0,42	0,0	1,92	
Япония	10,7–11,7	23 448	-3,10:3,07	-1,85:1,80	-0,60:0,55	-0,027	2,078	
Польша	10	Tx	78	-0,52:4,08	-0,26:2,80	-0,01:1,28	0,525	1.392
		Rx	78	-4,08:0,30	-2,81:0,21	-1,32:-0,17	-0,579	1.373
Польша	11	1 431	-0,38:0,29	-0,29:0,17	-0,17:0,00	-0,076	0,354	

ТАБЛИЦА А2-2В

Длина линии (км)

	Полоса (ГГц)	Число записей	Процентили			Медиана	Стандартное отклонение
			5:95	10:90	25:75		
Канада	5,925–6,425	31 423	9:74	15:64	28:51	40	18
Канада	6,425–6,930	21 126	5:68	8:59	17:45	30	20
Франция	5,925–6,425	1 937	12:49	14:43	19:37	28	12,6
Франция	6,425–7,125	2 756	8,2:46	10:42	15:30	21,7	12,5
Польша	6	1 262	19,6:51,4	21,9:46,5	27,2:38,6	33,3	10,08
Польша	7	1 280	11,7:41,1	14,4:34,0	17,1:26,8	21,2	9,06
Канада	7,125–7,725	20 684	6:75	11:70	20:53	38	23
Канада	7,725–8,275	7 772	5:59	6:47	13:35	22	17
Япония	7,425–7,75	8 570	1,7:48,8	3,5:39,8	8,6:26,0	14,8	14,684
Франция	8,025–8,500	2 257	2,7:50	4,8:41	10:28	17,43	14,9
Польша	8	1 856	15,9:47,0	19,0:44,6	25,7:39,5	33,4	9,91
Канада	10,55–10,68	1 272	6:27	7:22	10:17	13	6,41
Канада	10,7–11,7	24 571	3:45	4:34	7:21	13	14
Франция	10,7–11,7	2 491	4,8:26	6,4:22	9,2:17	12,51	6,71
Япония	10,7–11,7	11 724	2,14:14,05	2,97:12,24	4,85:9,47	6,994	3,666
Польша	10	78	1,1:39,2	1,7:20,5	3,6:12,6	6,9	10,97
Польша	11	1 431	8,0:39,0	11,0:36,0	14,7:30,4	21,3	9,70

ТАБЛИЦА А2-2С

Высота антенны (метры над уровнем земли)<sup>5</sup>

	Полоса (ГГц)	Число записей	Процентили			Медиана <sup>5</sup>	Стандартное отклонение	
			5:95	10:90	25:75			
Канада	5,925–6,425	31 423	14:105	20:95	35:78	55	41	
Канада	6,425–6,930	21 126	15:115	20:102	36:81	54	32	
Франция	5,925–6,425	1 937	5:53	6:45	10:33	33	22,8	
Франция	6,425–7,125	2 756	8:64	10:55	17:43	30	19,6	
Польша	6	1 262	24,2:115,0	29,2:88,5	39,1:69,3	55,0	27,9	
Польша	7	1 280	23,0:89,9	33,5:75,0	41,2:62,0	52,0	22,7	
Канада	7,125–7,725	20 684	11:119	15:105	24:76	45	34	
Канада	7,725–8,275	7 772	19:110	23:89	37:73	52	27	
Япония	7,425–7,75	9 152	10,8:82,0	13,8:58,5	19,2:40,93	27,2	31,163	
Франция	8,025–8,500	2 257	5,5:72	8:58	12:36	21	25	
Польша	8	1 856	30,0:88,0	35,4:80,0	46,0:68,0	58,9	16,8	
Канада	10,55–10,68	1 272	15:82	20:66	30:50	40	24,1	
Канада	10,7–11,7	24 571	15:92	23:80	33:59	44	25	
Франция	10,7–11,7	2 491	8:55	10:48	17,5:39	29	17,11	
Япония	10,7–11,7	23 448	17,0:84,0	21,4:69,3	28,0:51,1	40,5	23,435	
Польша	10	Tx	78	7,9:82,0	10,0:80,0	16,0:45,8	25,5	27,9
		Rx	78	14,9:161,8	18,8:142,0	33,8:80,8	50,0	48,0
Польша	11	1 431	27,6:105,0	35,0:86,0	44,0:69,6	58,0	23,8	

## 2.3 Полосы частот в диапазоне от 12 до 23 ГГц

ТАБЛИЦА А2-3А

## Угол места (градусы)

	Полоса (ГГц)	Число записей	Процентили			Медиана <sup>6</sup>	Стандартное отклонение
			5:95	10:90	25:75		
Франция	12,75–13,25	8 323	-2,7:2,8	-1,4:1,4	-0,35:0,33	-0,01	2,31
Польша	13	7 136	-0,60:0,48	-0,38:0,27	-0,19:0,06	-0,064	0,543
Франция	14,25–14,5	186	-7,35:12,9	-3,02:7,32	-0,41:2,6	0,14	6,61
Канада	14,5–15,35	16 152	-1,3:0,8	-0,9:0,5	-0,3:0,1	-0,1	1,1
Япония	14,4–15,23	10 316	-3,30:3,27	-1,92:1,89	-0,60:0,60	-0,018	2,123

<sup>5</sup> Высота над уровнем земли включает конструкцию антенны и любое здание, на котором установлена антенна.

<sup>6</sup> Может прогнозироваться отрицательный медианный угол места, в особенности на более длинных линиях, как результат воздействия атмосферной рефракции в зоне кривизны Земли (см. Дополнение к Приложению 2).

ТАБЛИЦА А2-3А (окончание)

	Полоса (ГГц)	Число записей	Процентили			Медиана <sup>б</sup>	Стандартное отклонение
			5:95	10:90	25:75		
Польша	15	5 836	-0,55:0,47	-0,35:0,25	-0,18:0,08	-0,049	0,446
Франция	17,7-19,7	7 127	-3,3:3,37	-1,57:1,79	-0,38:0,48	0,02	2,69
Канада	17,8-18,3/ 19,3-19,7	19 448	-1,9:1,0	-1,1:0,6	-0,5:0,2	-0,1	2,2
Япония	17,82-18,72	15 892	-9,22:9,22	-5,04:5,02	-1,35:1,34	-0,040	6,563
Польша	18	9 137	-0,79:0,73	-0,44:0,38	-0,18:0,10	-0,041	1,226
Канада	21,6-22,4/ 23,0-23,6	13 345	-1,95:1,92	-1,19:1,27	-0,46:0,43	-0,01	2,07
Япония	22,4-22,6/ 23,0-23,2	1 148	-20,7:20,7	-13,7:13,7	-3,69:3,68	-0,098	11,864
Франция	22-23,6	13 303	-3,2:3,1	-1,55:1,53	-0,42:0,41	0,0	2,78
Польша	23	24 344	-1,09:1,06	-0,65:0,61	-0,24:0,19	-0,030	1,064

ТАБЛИЦА А2-3В

Длина линии (км)

	Полоса (ГГц)	Число записей	Процентили			Медиана	Стандартное отклонение
			5:95	10:90	25:75		
Франция	12,75-13,25	8 323	4:28	5,7:24	8,5:18	12,7	8,08
Польша	13	7 136	8,8:31,5	10,6:28,6	13,8:23,2	17,7	7,26
Франция	14,25-14,5	186	2:25	3,7:22	7:16	10,7	7,13
Канада	14,5-15,35	16 152	2:32	3:25	5:15	9	11
Япония	14,4-15,23	5 158	1,83:7,42	2,38:6,52	3,24:5,39	4,211	1,878
Польша	15	5 836	27,0:68,0	34,0:63,0	43,5:53,3	46,0	12,9
Франция	17,7-19,7	7 127	1,5:16	2,3:14	4,3:10	7,3	5,1
Канада	17,8-18,3/ 19,3-19,7	19 448	2:30	2:22	3:12	6	10
Япония	17,82-18,72	7 944	0,7:6,89	1,1:5,8	1,8:4,0	2,7	1,882
Польша	18	9 137	3,7:20,4	5,3:18,0	8,4:14,5	11,4	4,95
Канада	21,6-22,4/ 23,0-23,6	13 345	1:8	1:6	2:4	3	17,69
Япония	22,4-22,6/ 23,0-23,2	592	0,7:7,6	1,0:3,9	1,5:3,0	2,2	2,436
Франция	22,2-23,6	13 303	1,3:13	2,1:11	4,1:8,6	6,2	3,58
Польша	23	24 344	2,1:14,3	3,1:12,5	5,1:9,8	7,4	3,74

ТАБЛИЦА А2-3С

Высота антенны (метры над уровнем земли)<sup>7</sup>

	Полоса (ГГц)	Число записей	Процентили			Медиана	Стандартное отклонение
			5:95	10:90	25:75		
Франция	12,75–13,25	8 323	7:52	10:45	17:37	27,7	16,61
Польша	13	7 136	17,0:104,1	25,0:80,0	37,0:58,0	46,0	28,8
Франция	14,25–14,5	186 352	6:52	8:45	12:34	20	16,67
Канада	14,5–15,35	16 152	22:94	26:82	34:58	43	24
Япония	14,4–15,23	10 316	19,78:91,83	22,4:74,4	31,2:52,0	41,20	26,073
Польша	15	5 836	27,0:68,0	34,0:63,0	43,5:53,3	46,0	12,9
Франция	17,7–19,7	7 127	8,6:55	11,7:47	20:38	29	17,84
Канада	17,8–18,3/ 19,3–19,7	19 448	18:91	23:75	30:52	40	24
Япония	17,82–18,72	10 232	11,7;71,89	15,0:52,59	22,38:41,0	32,0	30,939
Польша	18	9 137	20,0:84,1	27,0:69,3	38,0:58,0	45,0	22,8
Канада	21,6–22,4/ 23,0–23,6	13 345	11:74	15:60	25:44	33	23,7
Япония	22,4–22,6/ 23,0–23,2	538	5,0:68,5	6,0:51,29	12,3:35,4	24,0	21,885
Франция	22–23,6	13 303	9:50	12:44	20:36	28	15,26
Польша	23	24 344	15,0:82,0	21,5:65,0	33,5:52,0	42,0	24,1

## 2.4 Полосы частот выше 23 ГГц

ТАБЛИЦА А2-4А

## Угол места (градусы)

	Полоса (ГГц)	Число записей	Процентили			Медиана <sup>8</sup>	Стандартное отклонение
			5:95	10:90	25:75		
Франция	25,053–25,431/ 26,061–26,439	3 582	–3,03:3,35	–1,6:2,09	–0,5:0,6	0,03	2,68
Польша	26	626	–2,46:2,44	–1,40:1,38	–0,53:0,50	–0,017	2,366
Польша	28	8	–:–	–:–	–0,38:0,34	–0,041	0,378
Франция	31,871–32,543/ 32,683–33,355	122	–0,83:4,3	–0,31:3,24	0,05:1,27	0,5	1,90
Польша	32	7 587	–2,13:2,12	–1,36:1,34	–0,56:0,54	–0,005	2,177

<sup>7</sup> Высота над уровнем земли включает конструкцию антенны и любое здание, на котором установлена антенна.

<sup>8</sup> Может прогнозироваться отрицательный медианный угол места, в особенности на более длинных линиях, как результат воздействия атмосферной рефракции в зоне кривизны Земли (см. Дополнение к Приложению 2).

ТАБЛИЦА А2-4А (окончание)

	Полоса (ГГц)	Число записей	Процентили			Медиана <sup>8</sup>	Стандартное отклонение
			5:95	10:90	25:75		
Франция	38	7 554	-3,8:4,3	-2,09:2,36	-0,73:0,71	-0,04	3,13
Польша	38	30 437	-3,59:3,59	-2,17:2,17	-0,85:0,83	-0,004	3,600
Франция	71-76/81-86	61	-1,7:4,3	-0,9:2,6	-0,2:1	0,34	2,15
Польша	75	176	-3,12:3,11	-2,54:2,54	-1,01:1,00	-0,004	2,366

ТАБЛИЦА А2-4В

Длина линии (км)

	Полоса (ГГц)	Число записей	Процентили			Медиана	Стандартное отклонение
			5:95	10:90	25:75		
Франция	25,053-25,431/ 26,061-26,439	3 582	0,7:8	1,07:6	1,85:5	3,06	2,12
Польша	26	626	0,8:9,0	1,0:7,6	2,0:5,8	3,3	2,63
Польша	28	8	-:-	-:-	4,9:11,3	7,1	3,08
Франция	31,871-32,543/ 32,683-33,355	122	0,72:5	1:4,4	1,5:4	2,5	1,43
Польша	32	7 587	0,5:7,2	0,7:6,2	1,1:3,7	2,0	2,15
Франция	38	7 554	0,5:5	0,8:4	1,3:3	2,29	1,38
Польша	38	30 437	0,4:4,6	0,5:3,9	1,0:2,7	1,7	1,35
Франция	71-76/81-86	61	0,5:2,8	0,7:2,7	1:2,3	1,87	0,95
Польша	75	176	0,3:2,0	0,5:1,9	0,7:1,8	1,0	0,66

ТАБЛИЦА А2-4С

Высота антенны (метры над уровнем земли)<sup>9</sup>

	Полоса (ГГц)	Число записей	Процентили			Медиана	Стандартное отклонение
			5:95	10:90	25:75		
Франция	25,053-25,431/ 26,061-26,439	3 582	10:56	14:48	21:38	29	18,13
Польша	26	626	14,4:110,3	18,0:79,5	26,0:55,0	38,3	29,2
Польша	28	8	-:-	-:-	33,5:99,8	50,0	32,2
Франция	31,871-32,543/ 32,683-33,355	122	13:63	17:52	24:43	33	19

<sup>9</sup> Высота над уровнем земли включает конструкцию антенны и любое здание, на котором установлена антенна.

ТАБЛИЦА А2-4С (окончание)

	Полоса (ГГц)	Число записей	Процентили			Медиана	Стандартное отклонение
			5:95	10:90	25:75		
Польша	32	7 587	13,0:98,0	16,0:68,2	21,4:40,0	28,0	29,5
Франция	38	7 554	10:53	14:46	20,5:36,5	28	16,88
Польша	38	30 437	12,0:85,0	15,0:64,0	22,0:44,5	33,5	26,5
Франция	71–76/81–86	61	12:50	16:46	21:36	29,05	11,59
Польша	75	176	11,0:68,2	13,6:49,0	17,0:38,9	26,3	21,4

### Дополнение к Приложению 2

#### Руководство по получению значения угла места с учетом воздействия атмосферной рефракции в зоне кривизны Земли

Для всех расстояний  $d$  учитывалась кривизна Земли и использовались формулы, приведенные в Рекомендации МСЭ-R P.1812-3:

$$\theta_{t\text{deg}} = \theta_{t\text{rad}} \cdot \frac{10^{-3} \cdot 180}{\pi} \quad \text{градусы,}$$

где:

$$\theta_{td} = 1000 \arctan \left( \frac{h_{rs} - h_{ts}}{10^3 d} - \frac{d}{2 a_e} \right),$$

$a_e$ : средний эффективный радиус Земли, приемлемый для данной трассы;

$h_{ts}$ : высота антенны передатчика (м) над средним уровнем моря;

$h_{rs}$ : высота приемной антенны (м) над средним уровнем моря;

$d$ : общее расстояние по дуге большого круга (км).

Коэффициент  $k_{50}$  среднего эффективного радиуса Земли для трассы определяется следующим образом:

$$k_{50} = \frac{157}{157 - \Delta N}$$

$\Delta N$ : средняя вертикальная скорость изменения коэффициента рефракции радиоволн ( $N$ -единиц/км).

Среднее значение эффективного радиуса Земли  $a_e$  определяется выражением:

$$a_e = 6\,371 \cdot k_{50} \quad \text{км.}$$