

Рекомендация МСЭ-R М.2134-0
(01/2019)

**Характеристики приемников и критерии
защиты систем подвижной службы
в диапазоне частот 27,5–29,5 ГГц для
применения в исследованиях
совместного использования частот и
совместимости**

Серия М

**Подвижные службы, служба радиоопределения,
любительская служба и относящиеся к ним
спутниковые службы**



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 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)
F	Фиксированная служба
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, 2019 г.

© ITU 2019

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 М.2134-0

**Характеристики приемников и критерии защиты систем подвижной службы
в диапазоне частот 27,5–29,5 ГГц для применения в исследованиях
совместного использования частот и совместимости**

(2019)

Сфера применения

В настоящей Рекомендации представлены характеристики приемников и критерии защиты систем подвижной службы в диапазоне частот 27,5–29,5 ГГц. Эти технические и эксплуатационные характеристики должны применяться в исследованиях совместного использования частот и совместимости¹.

Ключевые слова

Подвижная служба, технические характеристики, критерии защиты.

Сокращения/гlossарий

AAS	Advanced Antenna System		Усовершенствованная антенная система
ACS	Adjacent Channel Selectivity		Избирательность по соседнему каналу
AP	Access Point		Точка доступа
AR	Augmented Reality		Дополненная реальность
BS	Base Station	БС	Базовая станция
FS	Fixed Service	ФС	Фиксированная служба
FSS	Fixed Satellite Service	ФСС	Фиксированная спутниковая служба
LDPC	Low Density Parity Check		Контроль четности малой плотности
MCS	Modulation and Coding Schemes		Схемы модуляции и кодирования
MIMO	Multiple Input Multiple Output		Многоканальный вход, многоканальный выход
TDD	Time Division Duplex		Дуплексная передача с временным разделением
UHD	Ultra High Definition		Сверхвысокая четкость
UE	User Equipment		Оборудование пользователя
VR	Virtual Reality		Виртуальная реальность

¹ Настоящая Рекомендация не охватывает какие-либо технические характеристики и критерии защиты ESIM и NAPS в соответствии с пунктами 1.5 и 1.14 повестки дня ВКР-19.

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

- a) что в ряде стран планируется использование диапазона частот 27,5–29,5 ГГц или его частей подвижной службой, в частности для высокоскоростных каналов передачи данных, используемых главным образом для передачи мультимедийных сигналов высокой четкости;
- b) что для применения в исследованиях совместного использования частот и совместимости необходимы типовые технические и эксплуатационные характеристики приемников систем в полосах частот, распределенных подвижной службой;
- c) что необходимы процедуры и методики для анализа влияния систем других служб на приемники систем подвижной службы,

отмечая,

- a) что диапазон частот 27,5–29,5 ГГц распределен подвижной службе на первичной основе во всемирном масштабе;
- b) что диапазон частот 27,5–29,5 ГГц также распределен фиксированной спутниковой службе (Земля-космос) и фиксированной службе на первичной основе во всемирном масштабе,

рекомендует

- 1 применять для исследований совместного использования частот и совместимости с участием подвижной службы и систем других служб в диапазоне частот 27,5–29,5 ГГц технические и эксплуатационные характеристики приемников подвижной службы, указанные в Приложении 1;
- 2 использовать в качестве требуемого уровня защиты систем подвижной связи в диапазоне частот 27,5–29,5 ГГц критерий отношения уровня мощности мешающего сигнала к уровню мощности шума приемника системы подвижной связи, который указан в Приложении 1.

Приложение 1

Характеристики приемников и критерии защиты систем подвижной службы в диапазоне частот 27,5–29,5 ГГц для применения в исследованиях совместного использования частот и совместимости

1 Введение

Системы подвижной связи, работающие в диапазоне частот 27,5–29,5 ГГц или его частях, поддерживают разнообразные применения, включая надежную передачу гигабитов данных по широкополосным каналам подвижной связи, предназначенным для передачи голоса, данных и видеоизображений, в связанных с видео применениях, таких как потоковое видео сверхвысокой четкости, виртуальная реальность и т. д., которые служат главной движущей силой развития этих систем.

2 Характеристики систем подвижной связи в диапазоне частот 27,5–29,5 ГГц

2.1 Введение

Технический прогресс в области обработки сигналов, сложных методов модуляции, проектирования антенн и полупроводниковых компонентов обеспечивает возможность проектирования и производства систем связи, работающих в полосе частот 27,5–29,5 ГГц или его частях и предназначенных для обеспечения мультигигабитного доступа к мобильным/портативным устройствам. Эти устройства поддерживают связь с базовой станцией/точкой доступа, установленной главным образом в

густонаселенных местах, обеспечивая соединения для пользователей, домашних хозяйств и предприятий по каналу с полосой пропускания 100 МГц или более, например, посредством агрегирования.

Широкая доступная полоса пропускания и современные технологии антенных решеток позволяют доставлять значительный объем контента с очень высокой скоростью, создавая возможности для реализации таких применений, как видео сверхвысокой четкости (UHD), виртуальная реальность (VR) и дополненная реальность (AR). Эти системы позволяют подсоединять тысячи устройств в местах с очень плотным их скоплением, таких как стадионы или другие арены, остановки общественного транспорта и прочие места с большой концентрацией пользователей интеллектуальных устройств. К другим возможным применениям относятся высокоскоростные линии радиосвязи от распределительного узла до дома, которые подсоединяют мобильные/портативные модемы и устройства внутри дома к сети.

2.2 Приемники

В системах подвижной связи нового поколения, работающих в диапазоне частот 27,5–29,5 ГГц или его частях, используется современная технология цифровых приемников для улучшения рабочих характеристик системы с использованием передовых методов модуляции и кодирования. В число схем модуляции и кодирования (MCS), поддерживаемых этими системами, обычно входят BPSK, QPSK, 16QAM и 64QAM в сочетании со сверточным кодированием, кодированием с контролем четности малой плотности (LDPC) и турбокодированием.

В этих системах преимущественно используются OFDM в качестве метода многостанционного доступа при дуплексной передаче с временным разделением (TDD) и регулирование мощности на линии вверх.

Характеристика фильтра приемника этих систем определяется избирательностью по соседнему каналу (ACS). В приведенной ниже таблице А указаны значения ACS для базовых и подвижных станций подвижной службы в диапазоне частот 27,5–29,5 ГГц.

ТАБЛИЦА 1

Избирательность приемника по соседнему каналу (ACS)

Избирательность приемника по соседнему каналу (ACS) (дБ)	Базовая станция	Подвижная станция
		24

2.3 Антенны

В системах подвижной связи, работающих в диапазоне частот 27,5–29,5 ГГц или его частях, используется усовершенствованная технология антенной решетки с применением свободно компоуемых элементов, которые могут располагаться в разных конфигурациях. Как правило, для антенн базовых станций используются большие антенные решетки (например, содержащие до 256 элементов) в целях достижения более высокого коэффициента усиления, а для антенн подвижных станций – решетки меньшего размера из-за ограничений по размерам и мощности (например, содержащие до 32 элементов).

Данные, приведенные в таблице 1, и соответствующую информацию, содержащуюся с пункте 4.1, можно использовать для моделирования диаграммы направленности направленной антенны для этих антенн, которая применяется в исследованиях совместного использования частот и совместимости.

Антенны базовых станций обычно устанавливаются на столбах уличного освещения и других невысоких городских сооружениях высотой в пределах нескольких этажей здания. Типичная высота антенн этих систем в зависимости от среды развертывания варьируется от 10 м (примерно высота трехэтажного здания) до 20 м (примерно высота шестиэтажного здания) над уровнем земли. Предполагается, что подвижные станции находятся на уровне улицы и высота их антенны составляет 1,5 м.

3 Критерии защиты

Критерии защиты в виде значений отношения I/N приведены в таблице 1. Указанное допустимое отношение I/N отнесено ко входу подвижного приемника и требует учета всех источников помех. При наличии одного источника помех для защиты систем подвижной связи необходимо, чтобы этот критерий не был превышен за счет помехи от одного источника. При наличии нескольких источников помех для защиты систем подвижной связи необходимо, чтобы этот критерий не был превышен за счет суммарной помехи от нескольких источников.

4 Резюме

Технические параметры типовых систем подвижной связи, работающих в диапазоне частот 27,5–29,5 ГГц, представлены в таблице 1.

ТАБЛИЦА 2

Характеристики приемников базовых и подвижных станций, работающих в диапазоне частот 27,5–29,5 ГГц

Характеристики	Система А (соответствует разворачиванию в некоторых странах)		Система В (соответствует разворачиванию в некоторых странах)		Система С (соответствует разворачиванию в некоторых странах)		Система D (соответствует разворачиванию в некоторых странах)	
	Базовая станция	Подвижная станция						
Диапазон частот (ГГц)	27,5–28,35		27,5–29,5		27,5–29,5		27,5–29,5	
Полоса пропускания приемника (МГц)	100		100		200		200	
Тип диаграммы направленности антенны	Направленная		Направленная		Направленная		Направленная	
Поляризация антенны	Линейная		Линейная		Линейная		Линейная	
Максимальный коэффициент усиления антенны (дБи)	29	14	29	20	23	17	23	14
Модель диаграммы направленности антенны	См. диаграмму направленности антенны в пункте 4.1, ниже							
Высота антенны (м)	10–20	1,5	10–20	1,5	6 или 15	1,5	6–10	1,5
Коэффициент шума приемника (дБ)	6,5	8,5	6	6	10	10	10	10
Критерий защиты (дБ)	–6		–6		–6		–6	
Наклон антенны базовой станции вниз (град.)	10		10		10		10	
Потери в человеческом теле (для сценария портативного UE)	Н/д	4 дБ						
Потери в фидере БС	0	Н/д	0	Н/д	3 дБ	Н/д	3 дБ	Н/д

В исследованиях совместного использования частот иногда предполагается, что луч антенны БС может отклоняться в диапазоне $\pm 60^\circ$ в азимутальной плоскости. В зависимости от изучаемого сценария² в плоскости угла места по отношению к горизонтальной плоскости для системы А может использоваться диапазон от -6° до -60° для БС на высоте 20 м и от -3° до -60° для БС на высоте 10 м; для системы В – диапазон от -5° до -60° для БС на высоте 20 м и от -2° до -60° для БС на высоте 10 м; для системы С

² Принимая во внимание приведенные выше цифры, следует определить меры защиты подвижной службы для всех углов места и использовать, среди прочего, длину волны, диаграмму усиления антенны приемника и коэффициент шума приемника для систем подвижной службы, применяя их ко всем азимутальным углам.

– диапазон от -6° до -60° для БС на высоте 15 м и от -3° до -60° для БС на высоте 6 м; а для системы D
– диапазон от -6° до -60° для БС на высоте 10 м и от -3° до -60° для БС на высоте 6 м.

4.1 Модель эталонной диаграммы направленности антенны

Диаграмма направленности антенны с формированием луча определяется на основе конфигурации антенной решетки, состоящей из ряда идентичных излучающих элементов, расположенных в одной плоскости с фиксированным расстоянием разноса (например, $\lambda/2$). Предполагается, что элементы имеют одинаковую диаграмму направленности и максимальную направленность, перпендикулярную плоскости расположения элементов. Общее усиление антенны – это сумма (по логарифмической шкале) усиления решетки и усиления элементов.

Формулы, выражающие диаграммы направленности элементов и составную диаграмму направленности, приведены в таблицах A1 и A2, ниже. Углы θ и φ в этих таблицах определяются на основе системы координат, выраженной следующим образом.

Излучающие элементы размещаются равномерно в плоскости $y-z$ вдоль вертикальной оси z в декартовой системе координат. Плоскость $x-y$ обозначает горизонтальную плоскость. Угол места обозначается символом θ (определяется в пределах от 0° до 180° , при этом 90° соответствуют углу, перпендикулярному к апертуре антенной решетки). Угол по азимуту обозначается символом φ (определяется в пределах от -180° до 180°).

В активной усовершенствованной антенной системе (AAS) работа в случае нежелательных сигналов (за пределами блока) отличается от работы в случае полезных сигналов (в пределах блока). Системы AAS активно управляют отдельными сигналами, подаваемыми на отдельные элементы в решетке, для того чтобы формировать диаграмму направленности антенны и определять ее направление, добиваясь желаемой формы.

Диаграмма направленности элемента

ТАБЛИЦА 3

Диаграмма направленности элемента для модели антенной решетки³

Диаграмма направленности в горизонтальной плоскости	$A_{E,H}(\varphi) = -\min \left[12 \left(\frac{\varphi}{\varphi_{3дБ}} \right)^2, A_m \right]$ дБ
Ширина луча одного элемента по уровню 3 дБ в горизонтальной плоскости/град. ($\varphi_{3дБ}$)	80
Коэффициент обратного излучения A_m и SLA_V	30
Диаграмма направленности в вертикальной плоскости	$A_{E,V}(\theta) = -\min \left[12 \left(\frac{\theta-90}{\theta_{3дБ}} \right)^2, SLA_V \right]$ дБ
Ширина луча одного элемента по уровню 3 дБ в вертикальной плоскости/град. ($\theta_{3дБ}$)	65
Диаграмма направленности одного элемента	$A_E(\varphi, \theta) = G_{E,max} - \min \{ -[A_{E,H}(\varphi) + A_{E,V}(\theta)], A_m \}$
Усиление элемента (дБи), $G_{E,max}$	5

Составная диаграмма направленности антенны

В таблице A2 иллюстрируется вывод составной диаграммы направленности антенны $A_A(\theta, \varphi)$. $A_A(\theta, \varphi)$ – это результирующая диаграмма направленности антенны с формированием луча,

³ В таблице представлена эталонная диаграмма направленности антенны, и как таковая она не соответствует пиковой или усредненной огибающей.

определяемая логарифмической суммой усиления решетки $10 \log_{10} \left(\sum_{m=1}^{N_H} \sum_{n=1}^{N_V} w_{i,n,m} \cdot v_{n,m} \right)^2$, и усиления элементов решетки $A_E(\theta, \varphi)$. Составная диаграмма направленности антенны базовой станции должна использоваться тогда, когда антенная решетка обслуживает одну или несколько подвижных станций с помощью одного или нескольких лучей, причем каждый луч указан параметром i .

ТАБЛИЦА 4

**Составная диаграмма направленности антенны с формированием луча
для базовых станций и подвижных станций**

Конфигурация	Несколько столбцов ($N_V \times N_H$ элементов)
Составная диаграмма направленности антенной решетки, дБ, $A_A(\theta, \varphi)$	<p>Для луча i</p> $A_{A,Beam i}(\theta, \varphi) = A_E(\theta, \varphi) + 10 \log_{10} \left(\sum_{m=1}^{N_H} \sum_{n=1}^{N_V} w_{i,n,m} \cdot v_{n,m} \right)^2.$ <p>Супервектор положения определяется следующим образом:</p> $v_{n,m} = \exp \left(i \cdot 2\pi \left((n-1) \cdot \frac{d_V}{\lambda} \cdot \cos(\theta) + (m-1) \cdot \frac{d_H}{\lambda} \cdot \sin(\theta) \cdot \sin(\varphi) \right) \right),$ <p>$n = 1, 2, \dots, N_V; m = 1, 2, \dots, N_H;$</p> <p>взвешивание определяется следующим образом:</p> $w_{i,n,m} = \frac{1}{\sqrt{N_H N_V}} \exp \left(i \cdot 2\pi \left((n-1) \cdot \frac{d_V}{\lambda} \cdot \sin(\theta_{i,e tilt}) - (m-1) \cdot \frac{d_H}{\lambda} \cdot \cos(\theta_{i,e tilt}) \cdot \sin(\varphi_{i,escan}) \right) \right)$
Конфигурация антенной решетки (ряд \times столбец)	Базовая станция: 16×16 (системы А и В), 8×8 (системы С и D) Подвижная станция: 4×2 (системы А и D)/ 8×4 (система В)/ 4×4 (система С)
Горизонтальный шаг излучающих элементов d/λ	0,5
Вертикальный шаг излучающих элементов d/λ	0,5

В отсутствие конкретной информации по диаграмме направленности в Рекомендации МСЭ-R F.1336 приведены пиковые и усредненные диаграммы направленности секторальных антенн в диапазоне частот от 400 МГц до 70 ГГц.