

ОТЧЕТ МСЭ-R RS.2096

Совместное использование полосы частот 10,6–10,68 ГГц фиксированной и подвижной службами и спутниковой службой исследования Земли (пассивной)

(2007)

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

1	Введение.....	2
2	ССИЗ (пассивная).....	2
2.1	Применения.....	2
2.2	Параметры пассивных датчиков	2
2.3	Допустимые критерии помех	5
2.4.	Существующие радиочастотные помехи в полосе 10,6–10,68 ГГц.....	5
3	Параметры фиксированной и подвижной служб	6
3.1	Фиксированная служба.....	6
3.2	Подвижная служба	8
4	Исследования с использованием моделирования	8
4.1	Общая методика моделирования	8
4.2	Исследование номер 1 с использованием моделирования	9
4.2.1	Системы ФС передачи из пункта в пункт.....	11
4.2.2	Системы ФС передачи из пункта во многие пункты	14
4.3	Исследование номер 2 с использованием моделирования	17
4.4	Исследование номер 3 с использованием моделирования	19
4.4.1	Системы ФС передачи из пункта во многие пункты	19
4.4.2	Системы ФС передачи из пункта в пункт.....	21
4.4.3	Системы подвижной службы	23
4.5	Исследование номер 4 с использованием моделирования	24
4.5.1	Системы ФС передачи из пункта в пункт.....	24
4.5.2	Системы подвижной службы	27
4.6	Резюме результатов исследования совместного использования частот	31

5	Способы уменьшения помех.....	36
5.1	Спутниковая служба исследования Земли (пассивная).....	36
5.2	Фиксированная служба.....	38
5.3	Подвижная служба.....	40
6	Вывод.....	40
7	Справочные материалы МСЭ-R.....	41

1 Введение

Целью настоящего Отчета является обобщение результатов исследования совместного использования полосы частот 10,6–10,68 ГГц фиксированной и подвижной службами и спутниковой службой исследования Земли (ССИЗ) (пассивной).

2 ССИЗ (пассивная)

2.1 Применения

Полоса 10,6–10,7 ГГц представляет особый интерес для измерения уровня дождя, снега, состояния моря и океанских ветров на поверхности океана и суши. Эта полоса частот считается всепогодной зоной, пригодной для использования мультиспектральных систем для установления физических свойств поверхности.

- Измерения, выполняемые на частоте 10 ГГц над поверхностью суши, пригодны для оценки биомассы растительности, если известен уровень влажности почвы.
- Измерения, выполняемые в диапазоне 10 ГГц над поверхностью моря, достаточны для оценки состояния поверхности моря и скорости ветра. В частности, измерения на 10 ГГц, предоставляющие оценки скорости ветра, имеют важное значение для получения точной информации о температуре морской поверхности с использованием данных 6 ГГц, обеспечивающих наилучшую чувствительность к температуре морской поверхности.

Ряд датчиков уже используют эту полосу или планируются в ближайшем будущем для применения с целью проведения таких измерений. Эти измерения используются в полной мере (регулярное использование данных, бесперебойная работа, несколько пригодных для применения продуктов данных) и применяются на всемирной основе. Метеорологические организации во всех регионах пользуются получаемыми данными и обмениваются ими. Следует отметить, что получаемые параметры являются частью комплекса измерений, выполняемых на пяти взаимосвязанных частотах (6, 10, 18, 24 и 36,5 ГГц).

2.2 Параметры пассивных датчиков

В таблице 1 приведены параметры пассивных датчиков конического сканирования, которые уже эксплуатируются или планируются для введения в эксплуатацию в полосе частот 10,6–10,68 ГГц, как показано на рис. 1.

ТАБЛИЦА 1

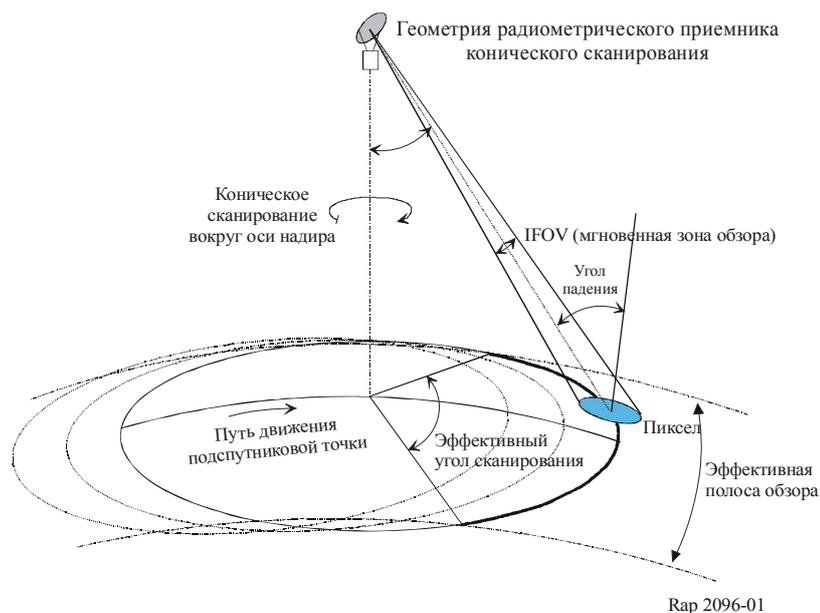
Параметры пассивных датчиков

Канал 10,6–10,7 ГГц	SENSOR-1 10 ГГц	AMSR-E	CMIS
Ширина полосы пропускания канала (МГц)	100	100	100
Размер пиксела в области пути прохождения (км)	56,7	27,5	42,9
Угол смещения к надиру или полуконический угол α (градусы)	44,3	47,5	48,6
Угол падения i в центре площади проекции луча (градусы)	52	55	58,1
Поляризация	Г, В	Г, В	Г, В, П, Л
Высота спутника (км)	817	705	833
Максимальный коэффициент усиления антенны (дБи)	36	42	45
Диаметр отражателя (м)	0,9	1,6	2,2
Эффективная полоса обзора (км)	1594	1450	1893
Ширина луча антенны по половинной мощности $\theta_{3\text{дБ}}$ (градусы)	2,66	1,4	1,02
Скорость сканирования в об./мин. (оборотов в минуту)	20	40	31,6

Г: горизонтальная В: вертикальная П: правая Л: левая

РИСУНОК 1

Геометрия пассивных микроволновых радиометрических приемников конического сканирования



Антенны пассивных датчиков моделируются в соответствии со следующими рис. 2–4.

РИСУНОК 2

Диаграмма направленности усиления антенны SENSOR-1 на 10,6 ГГц

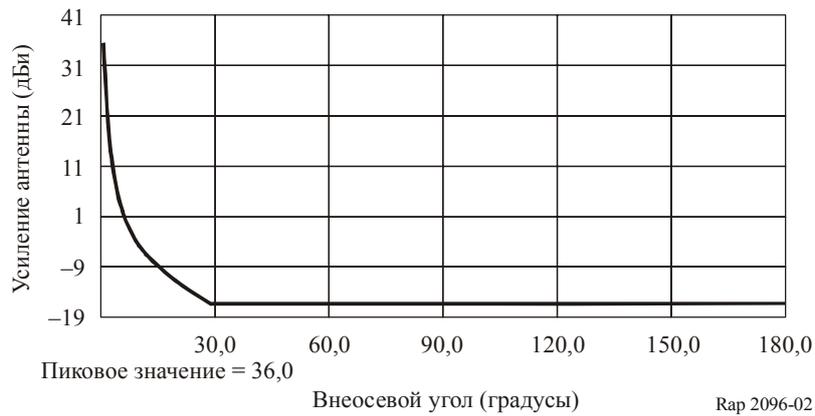


РИСУНОК 3

Диаграмма направленности усиления антенны AMSR-E на 10,6 ГГц

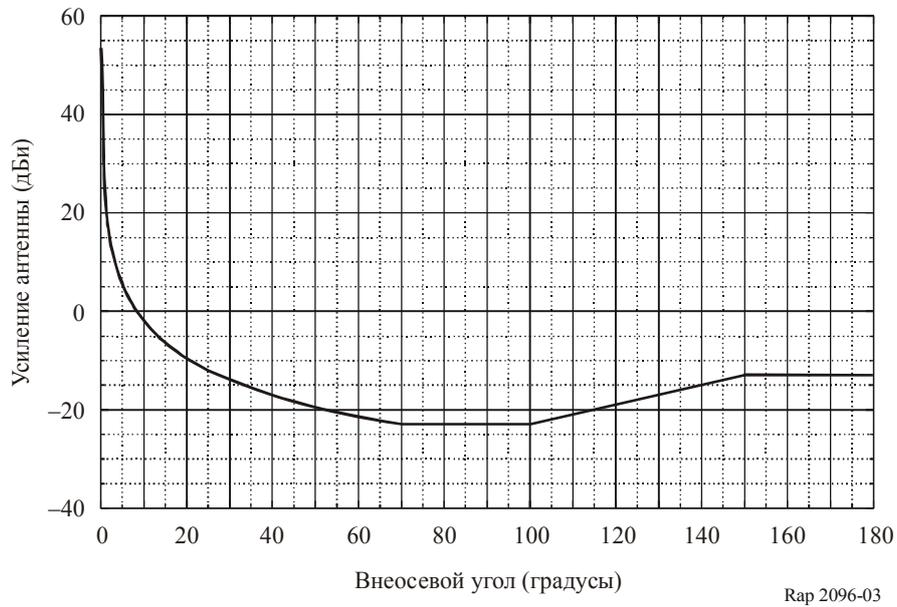
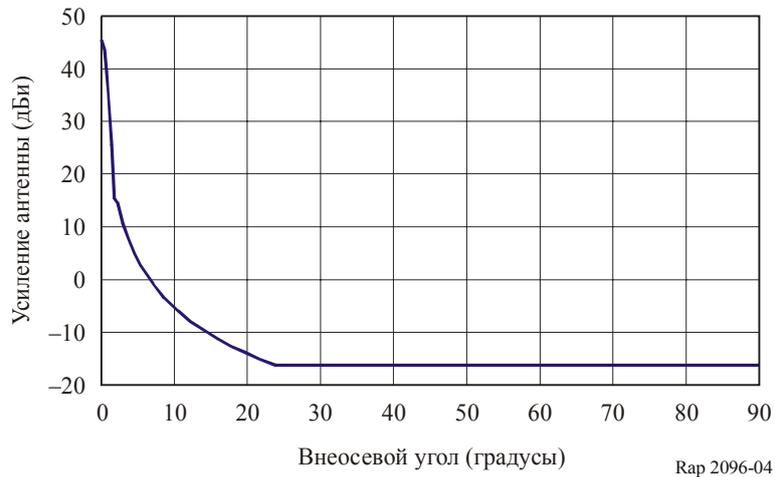


РИСУНОК 4

Диаграмма направленности усиления антенны CMIS на 10,6 ГГц



2.3 Допустимые критерии помех

Рекомендация МСЭ-R RS.1029 "Критерии помех для спутникового пассивного дистанционного зондирования" при любых оценках помех или исследованиях совместного использования частот рекомендует использовать допустимые уровни помех и эталонные значения ширины полосы. Допустимые уровни помех для полосы частот 10,6–10,7 ГГц составляют –156 дБВт в эталонной полосе шириной 100 МГц для современных пассивных датчиков и –166 дБВт в эталонной полосе шириной 100 МГц для будущих пассивных датчиков, которые обладают более высокой чувствительностью, чем работающие в настоящее время. Первое значение указывалось для условий совместного использования частот примерно с 2003 года; а второе значение предназначено для научных требований, которые будут технически достижимыми для датчиков в последующие 5–10 лет. Кроме того, в Рекомендации МСЭ-R RS.1029 указывается, что данные уровни помех не должны превышать более чем в 0,1% от области обзора датчика, которая описывается как область измерения земной поверхности, площадью 10 000 000 км², если не обосновано другое значение.

2.4 Существующие радиочастотные помехи в полосе 10,6–10,68 ГГц

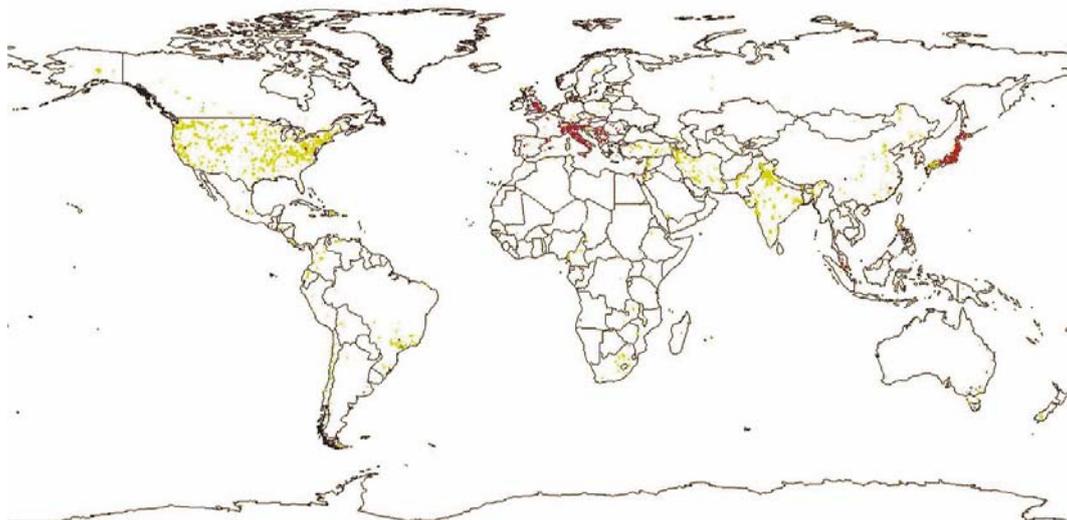
В общем случае помехи низкого уровня на входе пассивных датчиков могут привести к ухудшению их работы, признавая, что, в частности, датчики не могут различать излучения естественного и искусственного происхождения.

С другой стороны, если уровни помех очень высоки (на несколько порядков больше уровня чувствительности), то обнаруженные сигналы соответствующих уровней могут считаться как не имеющие естественного происхождения и не будут приниматься во внимание.

На рис. 5 на карте мира представлено составное изображение радиочастотных помех (РЧП) на различных частотах микроволнового диапазона, полученное по данным датчика AMSR-E в течение одного месяца (август 2004 г.) (желтым цветом показан диапазон 6–7 ГГц, красным – 10,6 ГГц).

РИСУНОК 5

Радиочастотные помехи, создаваемые пассивному датчику AMSR-E в диапазонах 6–7 ГГц и 10,6 ГГц



Rap 2096-05

Этот рисунок основан на анализе измерений, осуществленных пассивным датчиком, при горизонтальной и вертикальной поляризациях, в отношении которых использовался критерий разницы отрицательной поляризации (т.е. разницы между горизонтальной и вертикальной поляризациями) 5 К. В действительности, признается, что отрицательная поляризация выше 5 К на этих длинах волн может иметь место только при излучениях искусственного происхождения с горизонтальной поляризацией.

Следует отметить, что на этом рисунке показана только одна форма помех (излучения с горизонтальной поляризацией) и, в общем, не удалось показать, насколько обширными являются необнаруживаемые помехи. Однако уместно предположить, что в районах, где существуют обширные обнаруживаемые РЧП, вероятно можно найти более широкие области необнаруживаемых помех. Поэтому такие обнаруживаемые помехи высоких уровней являются симптомом наличия проблем, однако отсутствие обнаруживаемых РЧП не подразумевает того, что проблем нет.

Что касается уровня возможных помех, то признавая, что эти цифры соответствуют отрицательным поляризациям, превышающим 5 К, можно предположить, что минимальные помехи будут также приблизительно превышать 5 К (что соответствует -142 дБВт/100 МГц).

С учетом существующего порога помех, приведенного в Рекомендации МСЭ-R RS.1029 (т. е. значения 166 дБВт/100 МГц, соответствующего $0,02$ К), можно показать, что эти помехи превышают данный порог не менее чем на 24 дБ.

Кроме того, в Рекомендации МСЭ-R RS.1029 указано также, что в полосе $10,6-10,7$ ГГц уровень допустимых помех может быть превышен в $0,1\%$ области измерения площадью $10\,000\,000$ км². Если примерно принять во внимание все существующие затронутые области, то можно показать, что область с высоким загрязнением уже соответствует $2,8\%$, что значительно превосходит критерий в отношении области ($0,1\%$), означая, что другие области являются загрязненными, несмотря на то что помехи не были обнаружены и, следовательно, не были учтены в этой оценке.

В случае таких помех сопоставительные модели должны были бы учитывать следующую ситуацию, которая может привести к искаженным метеорологическим прогнозам:

- высокий уровень помех (обнаруживаемых), которые не должны приниматься во внимание, но в результате приведут к потере данных в определенной области;
- необнаруживаемые уровни помех, которые весьма вероятно будут иметь место над обширной областью, что в результате приведет к искаженным данным;
- пиксели, для которых не обнаружены помехи или уровень которых ниже порога, указанного в Рекомендации МСЭ-R RS.1029, следовательно, предоставляются верные данные.

Кроме того, следует отметить, что ситуации, соответствующие двум последним подпунктам, не будут различаться.

3 Параметры фиксированной и подвижной служб

3.1 Фиксированная служба

В таблицах 2 и 3 представлены параметры систем ФС "из пункта в пункт" (Р-Р) и "из пункта во многие пункты" (Р-МР), соответственно, которые были использованы в этих исследованиях совместимости.

Полоса $10,6-10,68$ ГГц используется во Франции только оборудованием фиксированной беспроводной связи в случае нарушения транзитных линий и ремонта линий ФС в других полосах. Поэтому такое использование является ограниченным и временным. В последней колонке таблицы 2 приведены характеристики этих аварийных линий Р-Р ФС.

ТАБЛИЦА 2

Рабочие параметры оборудования Р-Р фиксированной связи в полосе 10,6–10,68 ГГц

Источник	Рекомендация МСЭ-R F.758			Вклады администраций		
	128-ТМ			ASK, PESKY	ASK, PESKY	4-PESKY
Модуляция						
Случай моделирования ФС ⁽¹⁾	1	2	3	4	5	6
Пропускная способность (Мбит/с)	3,1	12,4	24,7	8	16	34
Частотное разнесение (МГц)	0,8	2,5	5	7	14	14
Радиостволы/80 МГц	100	32	16	12	6	6
Усиление антенны (макс.) (дБи)	51	51	51	49	49	36–45
Потери в фидере/мультиплексоре (мин.) (дБ)	0	0	0	0	0	4
Тип антенны	параболическая	параболическая	параболическая	параболическая	параболическая	параболическая
Максимальная выходная мощность передатчика (дБВт)	-3	-3	-3	-2 ⁽²⁾	-2 ⁽²⁾	-7
Э.и.и.м. (макс.) (дБВт)	48 ⁽²⁾	48 ⁽²⁾	48 ⁽²⁾	47 ⁽²⁾	47 ⁽²⁾	34
Ширина полосы ПЧ приемника (дБ)	0,8	2,5	5	7	14	20,4
Коэффициент шума приемника (дБ)	4	4	4	3	3	8
Тепловой шум приемника (дБВт)	-141	-136	-133	-132,5	-129,5	-113
Номинальный уровень на входе приемника (дБВт)	-60	-60	-60	-60	-60	-68
Уровень на входе приемника для КОБ = 1×10^{-3} (дБВт)	-110	-104	-101	-117	-114	-108

⁽¹⁾ Эта запись в таблице используется далее в настоящем Отчете в качестве ссылки при описании определенных исследований моделирования.

⁽²⁾ За исключением ряда указанных стран п. 5.482 РР ограничивает э.и.и.м. значением 40 дБВт, а мощность передатчика -3 дБВт при отсутствии согласия в соответствии с п. 9.21. При моделированиях, осуществляемых с использованием пределов, указанных в п. 5.482 РР, получаемые уровни помех будут на 7–8 дБ ниже уровней, показанных на рис. 7.

ТАБЛИЦА 3

Рабочие параметры оборудования Р-МР фиксированной связи в полосе 10,6–10,68 ГГц

Параметр	Центральная станция (концентратор)	Оконечная станция абонента
Модуляция	QPSK	
Способ доступа	Временное разделение каналов (ВРК)	
Ширина полосы/несущая (МГц)	3,5 МГц	3,5 МГц
Тип антенны	Секторная антенна	Параболическая
Усиление антенны (дБи)	13, задний лепесток -10 дБи	19–26
Ширина луча антенны (градусы)	120°	12°–7°
Количество активных несущих/секторов	5	5
Количество секторов	3	–
Длина трассы (км) ⁽¹⁾	0,1–10	
Максимальная мощность передачи на несущую (дБВт)	-10	-10
Управление мощностью	Нет	Да
Потери на линии принимающей системы (дБ)	0	0
Номинальный уровень на входе приемника/несущей (дБВт)	-110	-110

⁽¹⁾ Трассы длиной свыше 10 км, возможно, зависят от коэффициентов блокирования, связанного с окружающей средой.

Системы Р-МР в этой полосе преимущественно развернуты в городских и пригородных зонах, при этом в сельской местности таких систем немного или вообще нет. С учетом планов размещения блоков радиочастот, приведенных в Рекомендации МСЭ-R F.1568, т. е. пяти пар блоков, два из которых перекрывают полосу 10,6–10,68 ГГц, и типового радиуса соты беспроводного доступа, составляющего до 10 км, можно предположить, что в данной большой городской/пригородной зоне работает не более двух сетей беспроводного доступа. В соответствии с планом размещения частот радиостолов каждый блок может иметь ширину полосы до 25 или 30 МГц. Кроме того, максимальное число оконечных станций может быть порядка 300. Оконечные станции и станция-концентратор этих систем не будут вести передачи в полосе 10,6–10,68 ГГц, учитывая, что в большинстве систем Р-МР вероятно будут использоваться методы частотного разделения каналов (ЧРК).

Усиление антенны и значения ширины луча для оконечных станций Р-МР в данной полосе частот находятся в диапазоне 19–26 дБи, при этом значения ширины луча составляют от 12° до 7°. Типовая высота антенны оконечной станции в этой полосе, возможно, составит 20 м над уровнем земли (при установках на крыше). Это предполагает, что угол наклона вниз антенны типовой станции-концентратора будет порядка 4° или меньше (под плоскостью горизонта).

Следовательно, в любой городской/пригородной зоне возможны три конфигурации развертывания Р-МР:

- Каждая из двух станций-концентраторов в городской зоне работает в одном из двух блоков частот, попадающих в полосу пропускания пассивного датчика.
- Одна станция-концентратор работает в одном из блоков частот, попадающих в полосу пропускания пассивного датчика, а 150 абонентских оконечных станций работают в другом блоке частот.
- Ни одна из станций-концентраторов не работает в блоках частот, попадающих в полосы пропускания пассивного датчика, однако 150 абонентских оконечных станций, связанных с каждой из двух станций-концентраторов, работает в пределах полосы пассивного датчика, т. е. всего в городской зоне действует 300 мешающих передатчиков.

Усиление антенны абонентского терминала составляет 19–26 дБи, при этом значения ширины луча антенн оконечных станций Р-МР в этой полосе находятся в пределах от 12° до 7°. Типовая высота антенны оконечной станции в этой полосе, возможно, составит 20 м над уровнем земли (при установках на крыше). Это предполагает, что угол наклона вниз антенны типовой станции-концентратора будет порядка 4° или меньше (под плоскостью горизонта).

3.2 Подвижная служба

Технические характеристики систем подвижной службы, работающих в полосе 10,6–10,68 ГГц, представлены в таблице 4. Эта полоса специально используется для работы нерегулярных временных линий передачи (Р-Р) телевизионных сигналов (включая электронный сбор новостей (ЭСН), телевизионное внешнее вещание (ТВВ) и вестудийное видеопроизводство (ВВП), которые могут рассматриваться как часть подвижной службы. Отмечается, что характеристики таких станций ПС весьма схожи с характеристиками станций ФС, допустимыми для динамических моделирований, так что выводы исследований в отношении ФС обычно предполагаются применимыми к ПС.

4 Исследования с использованием моделирования

4.1 Общая методика моделирования

В настоящих исследованиях совместного использования применяется динамическое моделирование с результатами, требуемыми в Рекомендации МСЭ-R RS.1029 в отношении процента площади области измерений, равной 10 млн. кв. км, на которой превышает допустимый уровень мощности помех. Эти динамические модели дают интегральные функции распределения (ИФР) уровней принимаемых помех исходя из таких областей измерения, где статистические данные помех могут непосредственно сравниваться с определенными критериями помех.

ТАБЛИЦА 4

Полоса частот	10,6–10,68 ГГц			
Стандарт ARIB	STD-B33	STD-B33	STD-B11	Использование ненаправленной антенны
Частотное разнесение (МГц)	9 (ТСЧ)	18 (ТВЧ)	18 (ТВЧ)	18
Пропускная способность (полезная нагрузка) (Мбит/с)	Вплоть до 30	Вплоть до 60	Вплоть до 66	Данные отсутствуют
Модуляция	QPSK-OFDM 16-QAM-OFDM 32-QAM-OFDM 64-QAM-OFDM		QPSK 16-QAM 32-QAM 64-QAM	Данные отсутствуют
Типовое усиление передающей антенны (дБи)	29–35	29–35	29–35	0
Тип передающей антенны	Параболическая	Параболическая	Параболическая	Ненаправленная
Мощность передачи (макс.) (дБВт)	–3	–3	–3	–3
Э.и.и.м. (макс.) (дБВт)	40	40	40	–3
Типовое усиление приемной антенны (дБи)	29–35	29–35	29–35	Данные отсутствуют
Тип приемной антенны	Параболическая	Параболическая	Параболическая	Данные отсутствуют
Потери в приемном фидере (макс.) (дБ)	1	1	1	Данные отсутствуют
Ширина полосы ПЧ приемника (МГц)	9	18	18	Данные отсутствуют
Коэффициент шума приемника (дБ)	4	4	4	Данные отсутствуют
Тепловой шум приемника (дБВт)	–130,5	–127,4	–127,4	Данные отсутствуют

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Углы места не указаны, поскольку приемные станции устанавливаются на транспортных средствах, на борту воздушных судов и высоких зданиях или башнях. Это означает, что антенну можно направить с любым углом места, чтобы избежать препятствий на земле, а их передающие антенны подвижны, поскольку приемная антенна может быть установлена на транспортном средстве или на борту воздушного судна. События могут происходить в любое время дня, при этом существенно меньше событий происходит ночью между 12 часами ночи и 6 часами утра. Сбор данных обычно занимает от получаса до одного часа. Однако сбор информации о специальных событиях может занимать от 2 до 5 часов. В некоторых случаях работа может продолжаться в течение дней и даже недель.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Некоторые администрации указывают, что полоса 10,6–10,68 ГГц используется в ЭСН/ТВВ/ВВП для приложений для мобильных и переносимых устройств. Большинство этих соответствующих характеристик приведено в таблице 4. Однако некоторые системы ЭСН/ВВ не представлены в настоящих исследованиях и данной таблице, их технические характеристики можно найти в Отчете 38 ERC (мощность передатчика 6 дБВт и э.и.и.м. между 6 и 16 дБВт) (см. Справочник по радиооборудованию и системам, телевизионные линии для использования в ЭСН/ВВ).

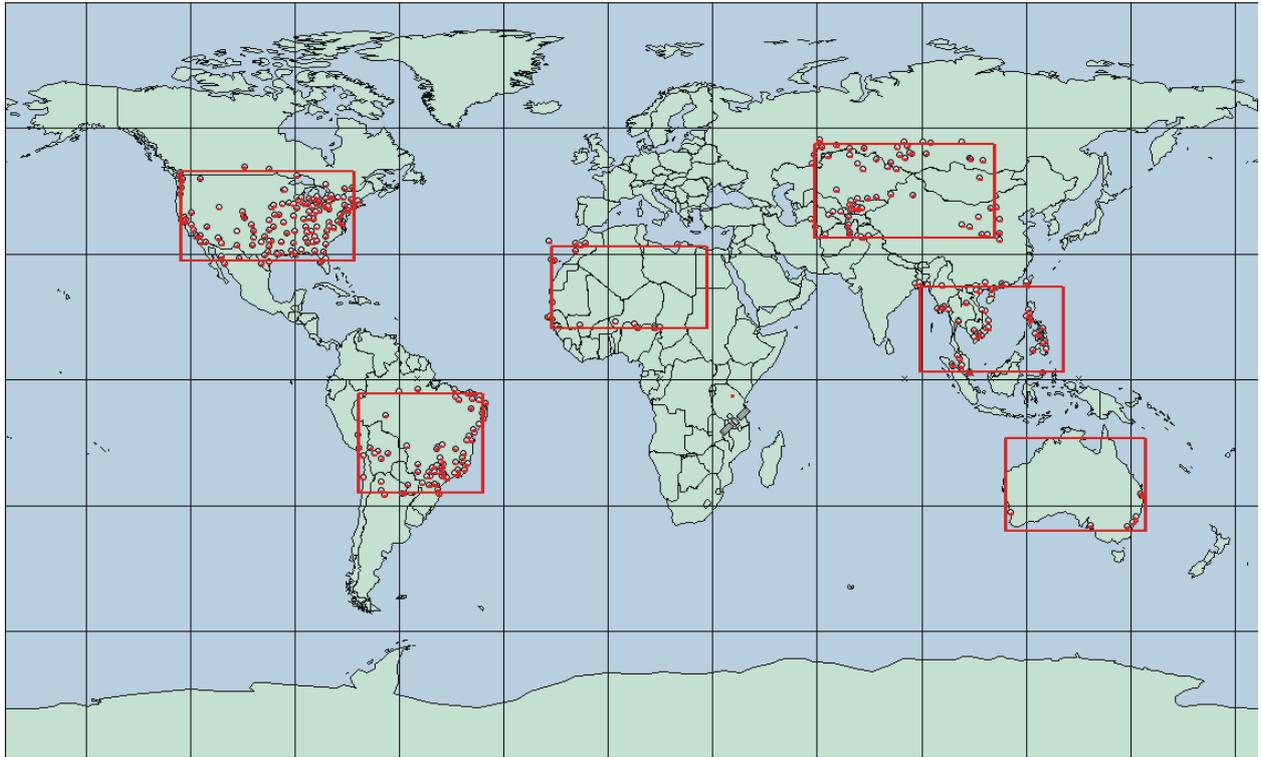
ПРИМЕЧАНИЕ 3. – С дополнительной информацией о цифровом наземном электронном сборе новостей можно ознакомиться в Отчете МСЭ-R ВТ.2069.

4.2 Исследование номер 1 с использованием моделирования

Это исследование с использованием моделирования основано на предположении о том, что системы ФС развернуты в городских и пригородных зонах, при этом в сельской местности таких систем немного или вообще нет. Ряд исследований с использованием моделирования были проведены на основе случайно распределенных станций ФС, расположенных вокруг городов в пределах зоны моделирования, при этом количество станций ФС в каждом городе соответствовало единственному использованию полосы в каждой городской зоне. На рис. 6 показано шесть таких зон развертывания, использованных в данном моделировании. В таблице 5 представлена информация о количестве городов, соответствующих каждой из этих зон измерения.

РИСУНОК 6

Зоны измерения ССИЗ, используемые при моделировании



Rap 2096-06

ТАБЛИЦА 5

Плотности городов в зонах измерения

Зона измерения	Количество городов, используемых при моделировании	Число городов в пределах зоны измерения
Австралия	8	8
Северная Африка	18	9
Юго-Восточная Азия	65	50
Южная Америка	82	69
Средняя Азия	74	60
Континентальные США	157	142

4.2.1 Системы ФС передачи из пункта в пункт

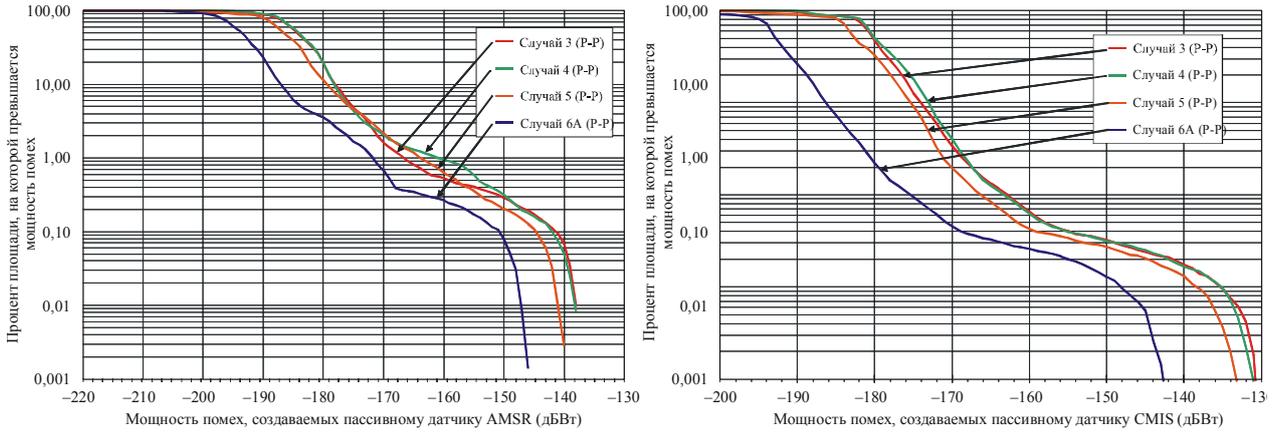
В данном моделировании предполагалось использование пяти систем ФС Р-Р. В таблице 6 приведены ключевые параметры каждой системы ФС Р-Р и диапазон помех в шести зонах измерения при двух пассивных датчиках. Интегральные функции распределения (ИФР), полученные в результате этого моделирования, представлены на рис. 7.

ТАБЛИЦА 6
**Результаты, полученные для модели развертывания систем ФС Р-Р
 в шести зонах измерения при двух датчиках**

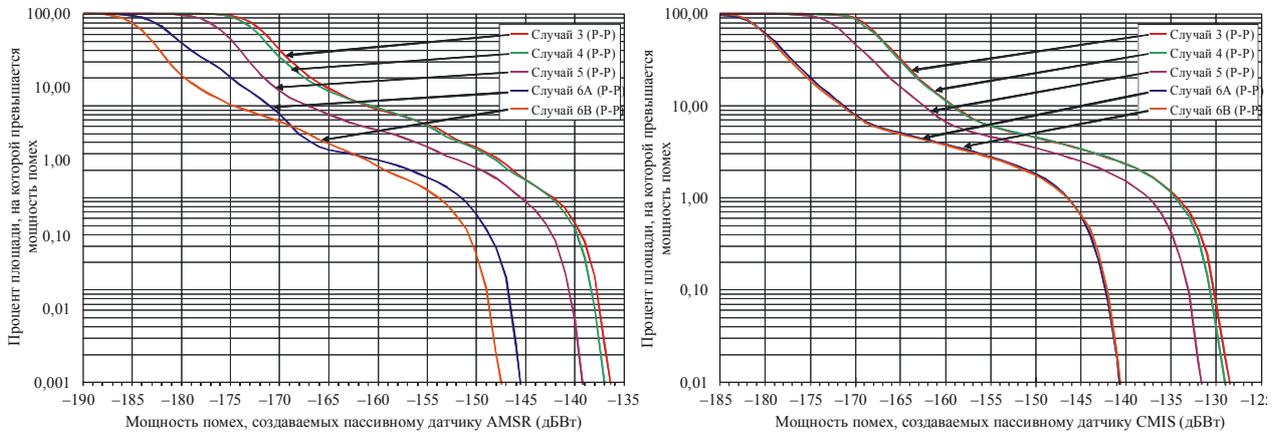
Характеристики системы ФС	Случай-3	Случай-4	Случай-5	Случай-6А	Случай-6В
Частотное разнесение (МГц)	5	7	14	14	14
Количество радиостволов в 80 МГц	16	12	6	6	6
Усиление антенны (дБи)	51	49	49	36	45
Потери в фидере/мультиплексоре (дБ)	0	0	0	4	4
Выходная мощность передатчика (дБВт)	-3	-2	-2	-7	-7
Э.и.и.м. (дБВт)	48	47	47	25	34
Мощность помех, превышаемая в 0,1% области измерения (дБВт)	От -142 до -131	От -142 до -131	От -146 до -134	От -151 до -142	От -151 до -142

РИСУНОК 7

Помехи, создаваемые системами ФС Р-Р пассивным датчикам AMSR-E и CMIS на 10,6 ГГц

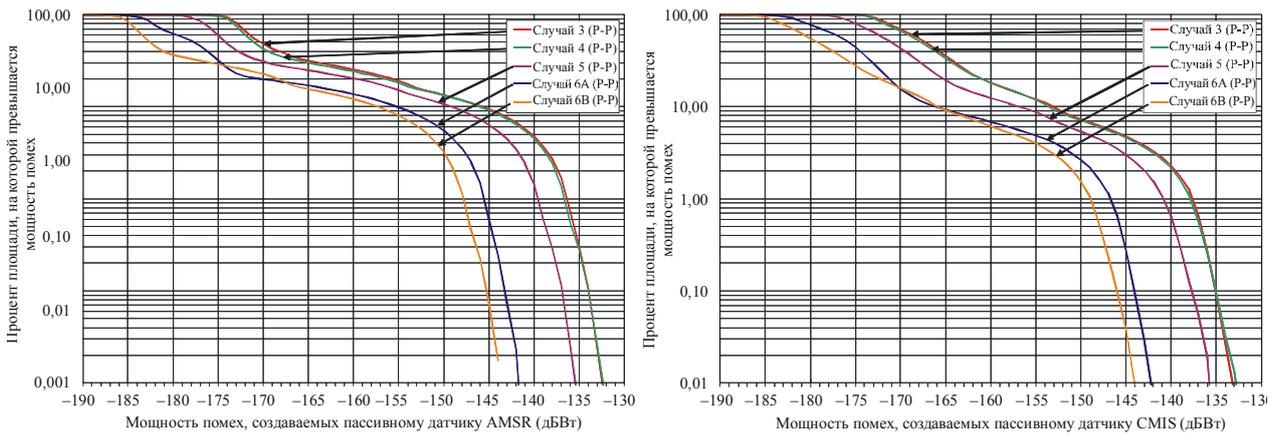


а) Зона измерения в Австралии



В) Зона измерения в Средней Азии

ИФР для случаев 6А и 6В и для случаев 3 и 4 весьма схожи и перекрываются на этом графике

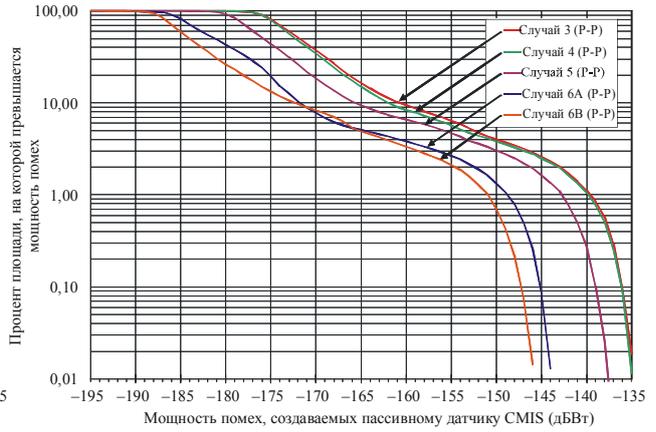
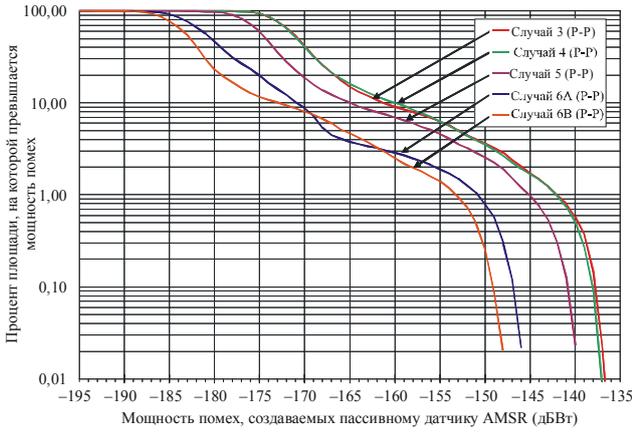


с) Зона измерения в континентальных США

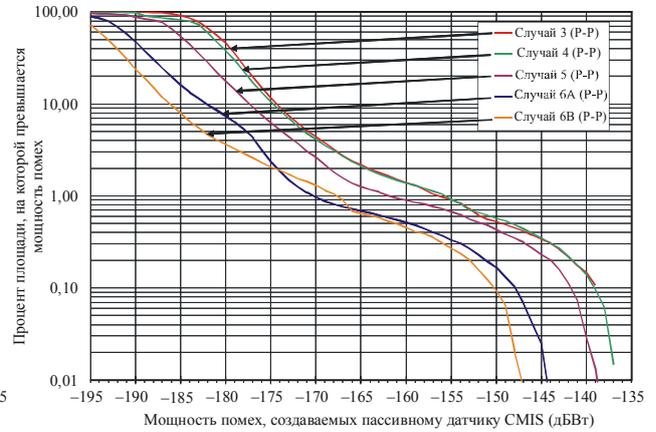
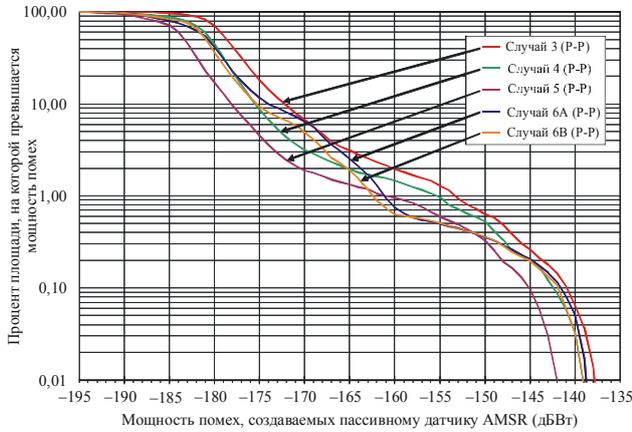
Примечание 1. – Небольшое различие между ИФР приводит к явному перекрытию графиков.

РИСУНОК 7 (окончание)

Помехи, создаваемые системами ФС Р-Р пассивным датчикам AMSR-E и CMIS на 10,6 ГГц

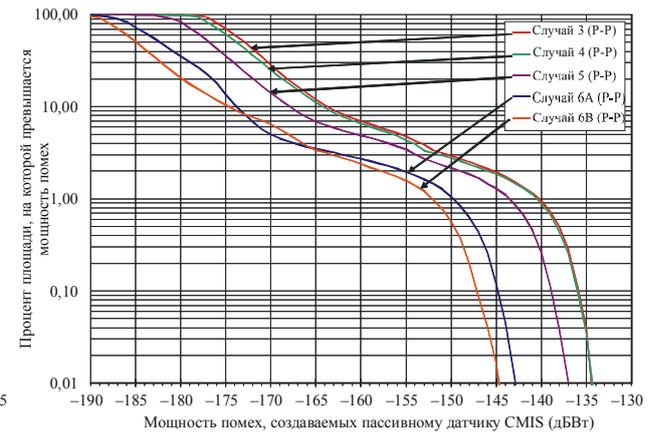
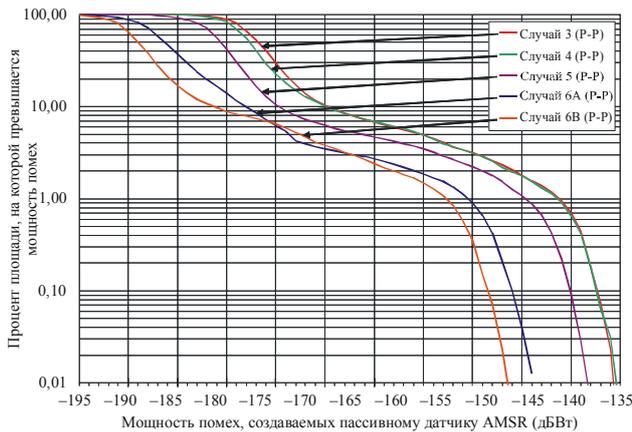


d) Зона измерения в Южной Америке



e) Зона измерения в Северной Африке

ИФР для случаев 6А и 6В и для случаев 3 и 4 весьма схожи и перекрываются на этом графике



f) Зона измерения в Азии

4.2.2 Системы ФС передачи из пункта во многие пункты

Та же динамическая имитационная модель использовалась для расчета уровней помех, создаваемых в результате развертывания систем Р-МР в каждой из шести зон измерения для трех возможных конфигураций двух радиостволов, приведенных в плане размещения частот в Рекомендации МСЭ-R F.1568¹, которые попадают в полосу 10,6–10,68 ГГц, т. е. двух станций-концентраторов, одной станции-концентратора и абонентской станции (АС) в другом радиостволе и абонентских станций в обоих радиостволах. Результаты представлены в таблице 7. Интегральные функции распределения (ИФР), полученные в результате этого моделирования, представлены на рис. 8.

ТАБЛИЦА 7

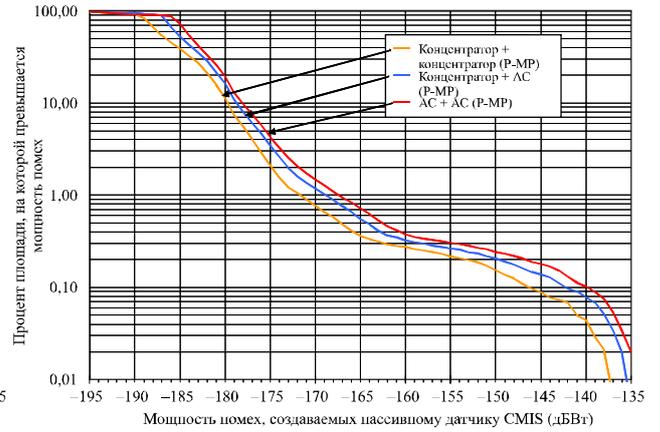
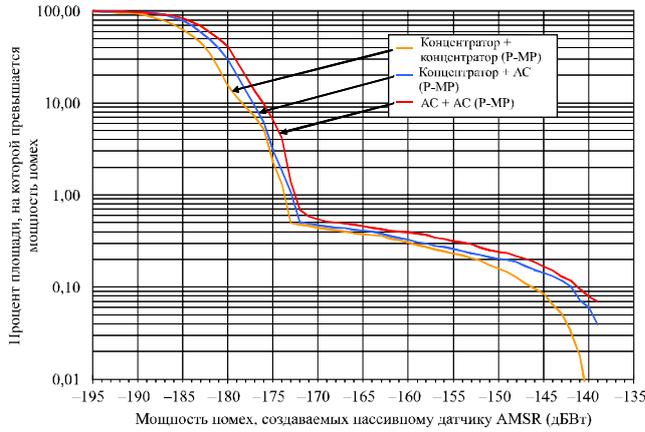
**Результаты, полученные для модели развертывания систем ФС Р-МР
в шести зонах измерения при двух датчиках**

Конфигурация Р-МР	Концентратор + концентратор	Концентратор + АС	АС + АС
Мощность помех, превышаемая в 0,1% области измерения (дБВт)	От –147 до –137	От –143 до –130	От –144 до –127

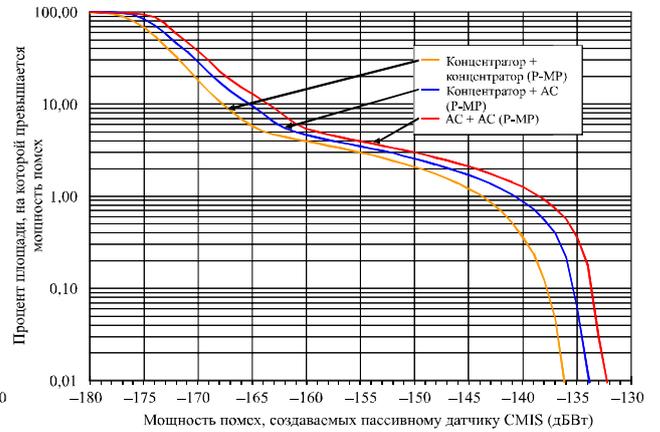
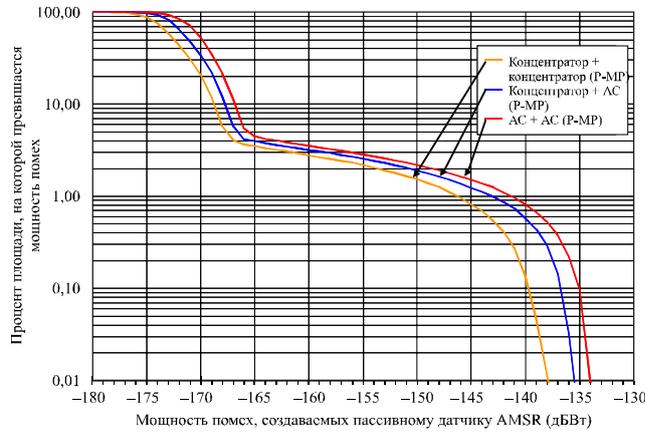
¹ Рекомендация МСЭ-R F.1568: Планы размещения блоков радиочастот для систем фиксированного беспроводного доступа в диапазонах 10,15–10,3/10,5–10,65 ГГц.

РИСУНОК 8

Помехи, создаваемые системами ФС Р-МР пассивным датчикам AMSR-E и CMIS на 10,6 ГГц

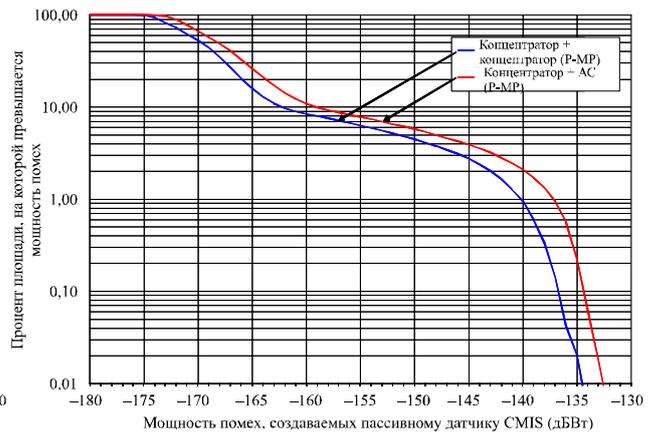
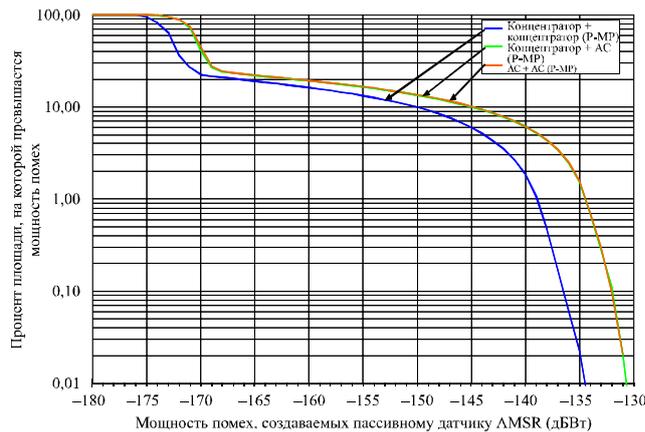


а) Зона измерения в Австралии



б) Зона измерения в Средней Азии

ИФР для случаев 6А и 6В и для случаев 3 и 4 весьма схожи и перекрываются на этом графике

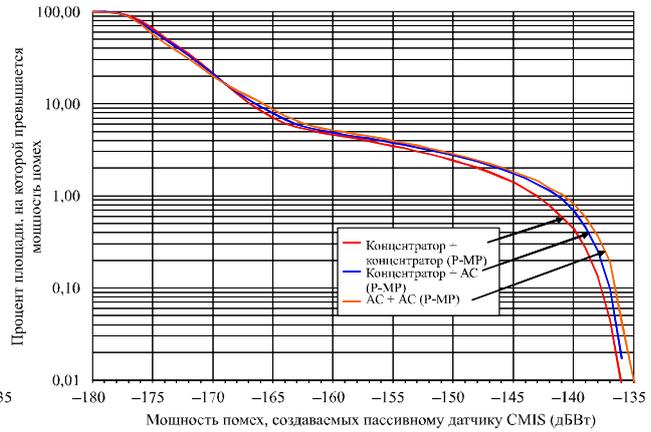
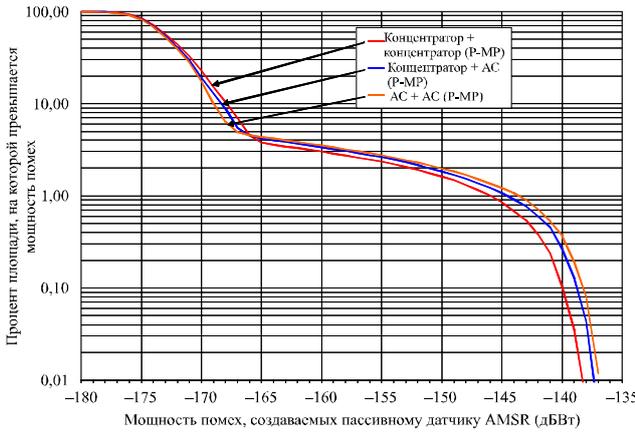


с) Зона измерения в континентальных США

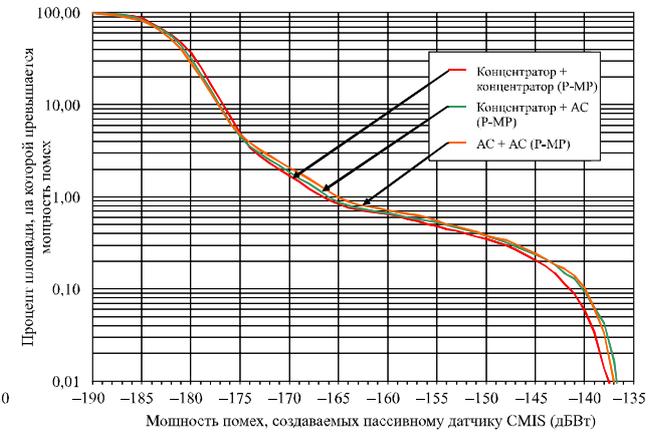
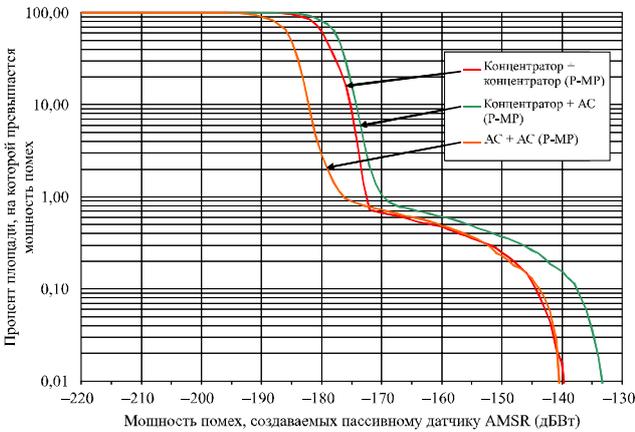
Примечание 1. – Небольшое различие между ИФР приводит к явному перекрытию графиков.

РИСУНОК 8 (окончание)

Помехи, создаваемые системами ФС Р-МР пассивным датчикам AMSR-E и CMIS на 10,6 ГГц

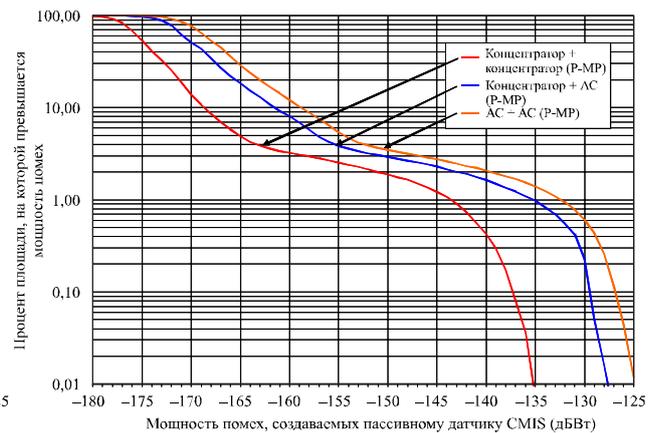
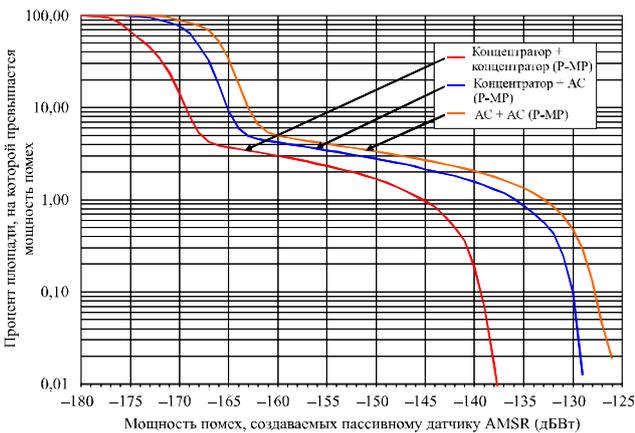


д) Зона измерения в Южной Америке



е) Зона измерения в Северной Африке

ИФР для случаев 6А и 6В и для случаев 3 и 4 весьма схожи и перекрываются на этом графике



ф) Зона измерения в Юго-Восточной Азии

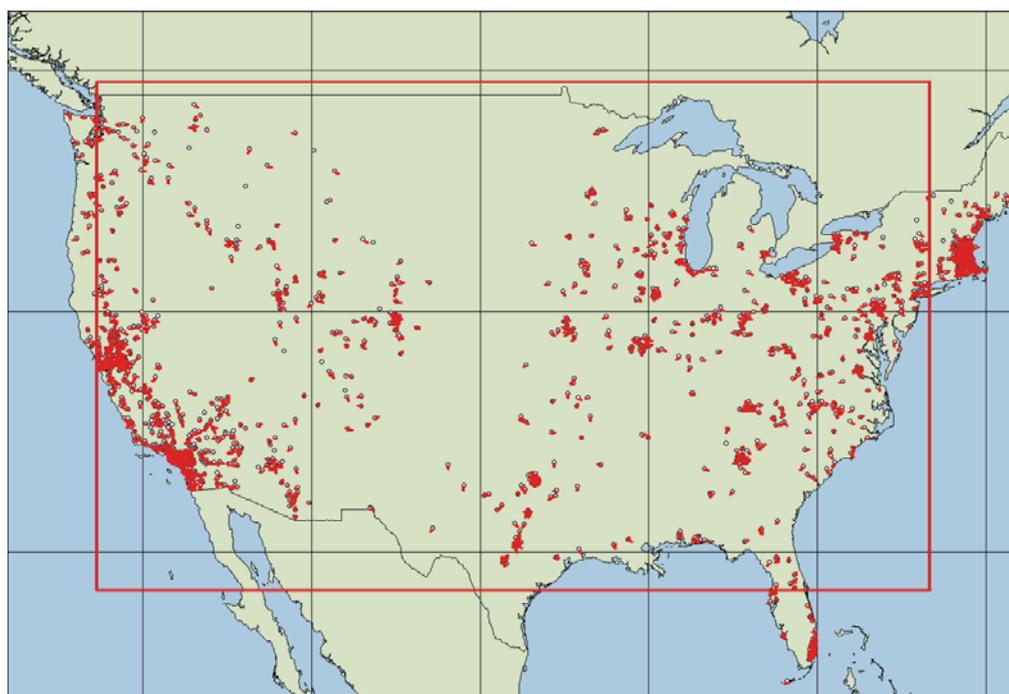
Rap 2096-08end

4.3 Исследование номер 2 с использованием моделирования

Открыто доступные данные о станциях, которые имели лицензии в Соединенных Штатах Америки и Австралии в 2005 году, были предоставлены в формате, позволяющем построить динамическую имитационную модель с целью сравнения ИФР помех, создаваемых моделями развертывания ФС, основанных на данных лицензий и случайных распределениях станций ФС вокруг больших городов. На рис. 9 и 10 представлены модели развертывания для зон измерения пассивных датчиков, охватывающих Соединенные Штаты Америки и Австралию, соответственно. Отдельные точки показывают станции ФС, параметры которых были указаны в данных лицензированных станций. Эти параметры включают географические координаты, азимуты наведения, мощности передатчиков, максимальные усиления антенн и значения ширины луча по уровню 3 дБ для 2652 и 966 таких станций в Соединенных Штатах Америки и Австралии, соответственно. Исходя из Рекомендации МСЭ-R F.1245² был определен набор эталонных диаграмм направленности, охватывающих усиления антенн ФС и значения ширины луча по уровню 3 дБ в данных лицензий каждой страны. Для каждой станции ФС в имитационной модели была выбрана диаграмма направленности, наиболее близкая по значениям усиления и ширины луча к тем значениям этих параметров для станций, которые указаны в данных лицензий.

РИСУНОК 9

Модели развертывания ФС в Соединенных Штатах Америки



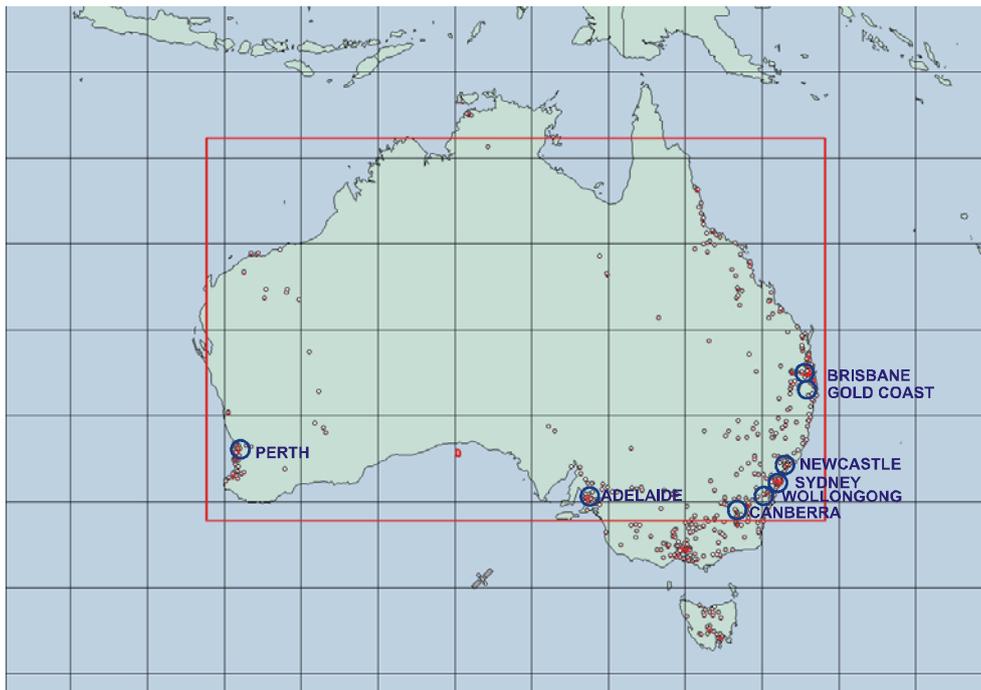
Rap 2096-09

На рис. 10 восемь больших окружностей с соответствующими названиями городов иллюстрируют зону, в пределах которой станции ФС были распределены случайным образом, в теоретических моделях развертывания ФС в городах, использованных при некоторых ранних моделированиях для этой зоны, описанных в п. 4.2. Каждая станция в этих имитационных моделях имела те же диаграммы направленности и мощность передачи, однако местоположения были случайно распределены на расстоянии от 0,1 до 30 км от номинального центра города, а азимуты наведения были выбраны случайным образом от -180° до 180° при равномерном распределении вероятности.

² Рекомендация МСЭ-R F.1245: Математическая модель усредненной диаграммы направленности антенн радиорелейных систем прямой видимости "из пункта в пункт", предназначенная для изучения вопросов координации и оценки помех в диапазоне частот от 1 ГГц до примерно 70 ГГц.

РИСУНОК 10

Модели развертывания ФС в Австралии

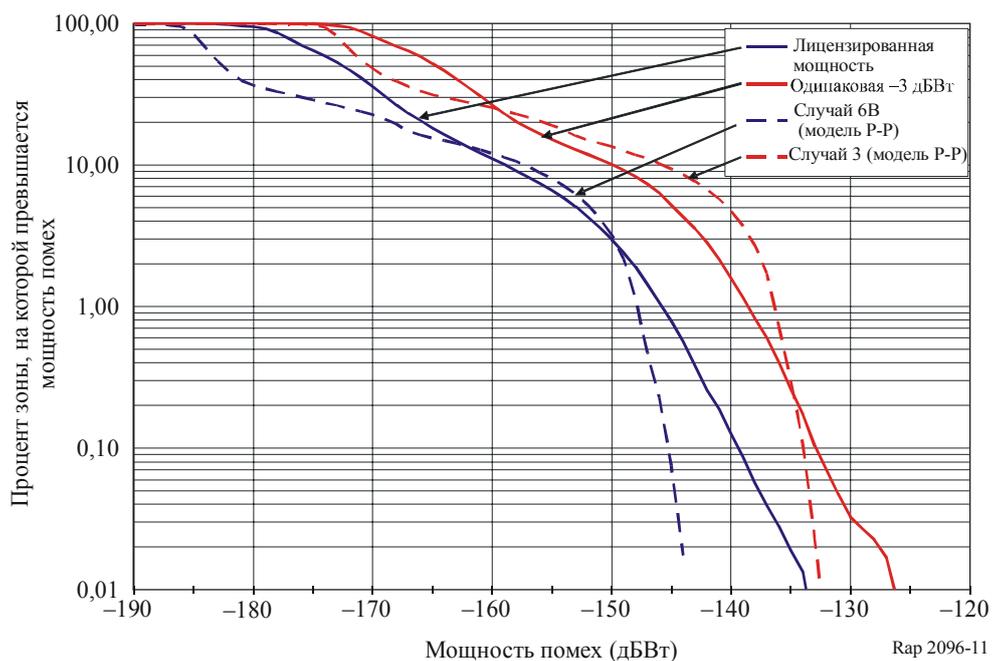


Rap 2096-10

На рис. 11 и 12 представлены результаты моделирования с использованием этих моделей развертывания ФС. Графики для трех других случаев построены для сравнения. В одном случае использовалась та же модель развертывания станций ФС, имеющих лицензию, однако предполагалось, что передатчики всех станций имеют мощность -3 дБВт вместо реального уровня мощности, указанного в лицензии. Ссылки на этих рисунках относятся к случаям Р-Р, рассмотренным на рис. 7 в п. 4.2.1.

РИСУНОК 11

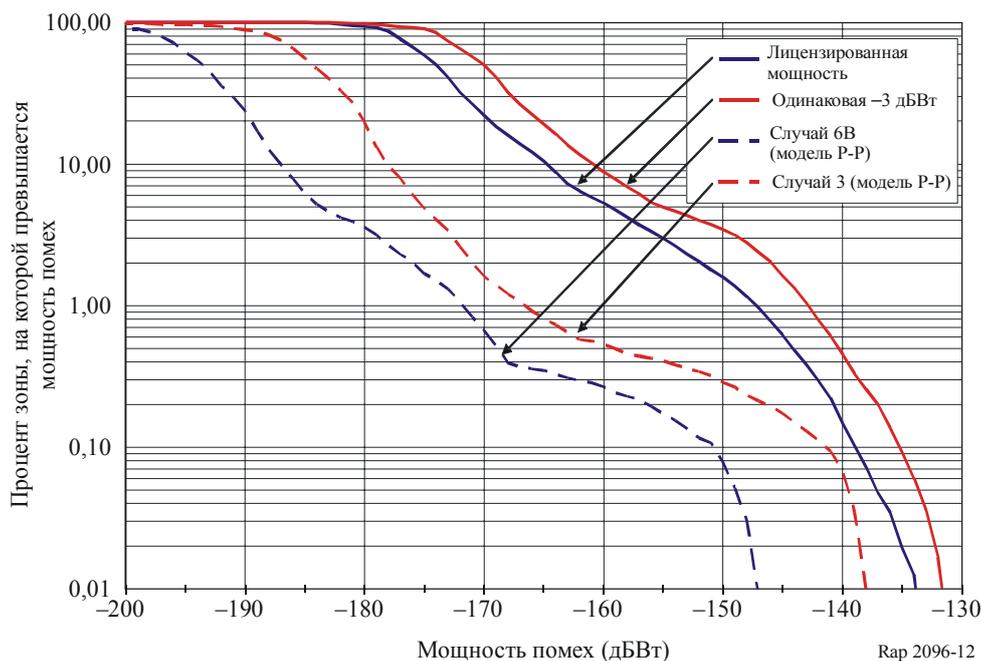
Сравнение ИФР помех для некоторых моделей развертывания в Соединенных Штатах Америки



Rap 2096-11

РИСУНОК 12

Сравнение ИФР помех для некоторых моделей развертывания в Австралии



На рис. 11 интегральная функция распределения помех для станций ФС, имеющих в настоящее время лицензии в Соединенных Штатах Америки, попадает между случаями самой высокой и самой низкой плотностей, используемых при моделировании с применением теоретической модели развертывания ФС. Однако ИФР на рис. 12 для станций ФС, имеющих в настоящее время лицензии в Австралии, указывает на более высокие уровни помех по сравнению с любыми ранее использованными теоретическими моделями развертывания ФС. Данное различие имеет место в результате использования в теоретической модели для Австралии гораздо меньшего количества городов (8 по сравнению со 157 для Соединенных Штатов Америки). Следовательно, эта модель не учитывает мешающих станций в обширных зонах страны за пределами этих нескольких городских зон, в которых работает значительное количество станций ФС, имеющих лицензии.

4.4 Исследование номер 3 с использованием моделирования

Настоящее исследование предоставляет результаты динамического моделирования для ряда развертываний систем Р-МР, Р-Р и систем подвижной службы. Моделирование осуществлялось до тех пор, пока интегральное распределение не становилось устойчивым.

4.4.1 Системы ФС передачи из пункта во многие пункты

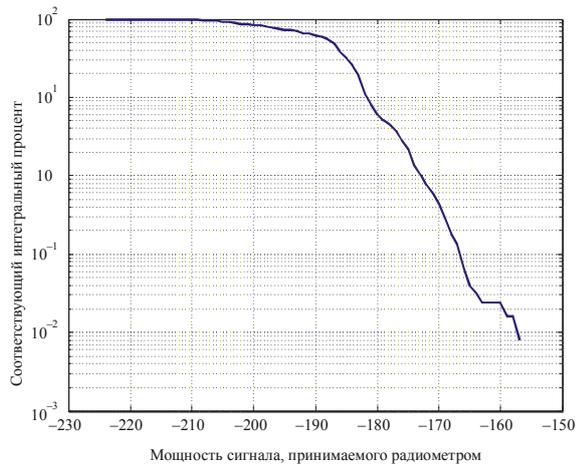
Для проведения динамического моделирования систем Р-МР в зоне, расположенной в Северной Америке (Канада, Соединенные Штаты Америки), были равномерно распределены 200 станций Р-МР, которые работали в совместно используемой пассивной полосе 10,6–10,68 ГГц. Две станции-концентраторы работают в городской зоне, а один из двух частотных блоков попадает в полосу пропускания пассивного датчика. Каждая станция-концентратор передает 5 несущих на сектор (120°), в результате мощность передачи составляет -3 дБВт (-10 дБВт + $10 \log(5)$), при этом секторная антенна имеет максимальное усиление 13 дБи. Каждая абонентская станция имеет мощность передачи -10 дБВт, при этом антенна имеет максимальное усиление 26 дБи (ширина луча 7°).

На рис. 13 представлены ИФР, создаваемые системами Р-МР.

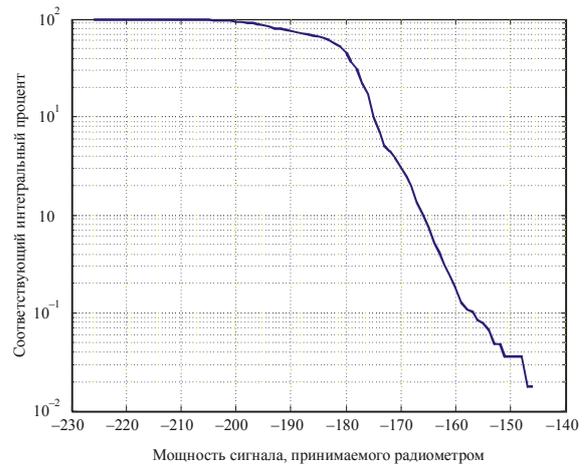
В таблице 8 сравниваются результаты этого моделирования в отношении уровня помех (I_{EISS}), превышаемого на пассивном датчике на 0,1% зоны измерения, при соблюдении критериев допустимых помех, содержащихся в Рекомендации МСЭ-R RS.1029, и указана максимальная мощность передачи ФС (P_t), при которой эти критерии выполняются.

РИСУНОК 13

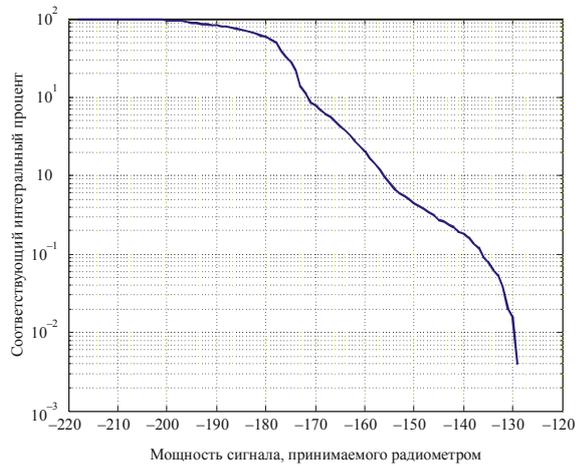
ИФР для помех со стороны Р-МР, создаваемых пассивным датчиком



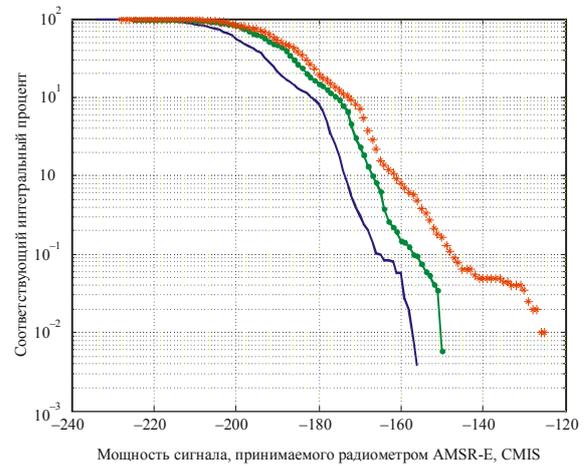
а) 200 станций-концентраторов Р-МР на датчик sensor 1



б) 200 станций-концентраторов Р-МР на датчик AMSR-E



в) 200 станций-концентраторов Р-МР на датчик CMIS



д) 200 абонентских станций Р-МР на датчики sensor 1, AMSR-E, CMIS

Rap 2096-13

ТАБЛИЦА 8

Сводка результатов моделирования

Случай моделирования	I_{EES} at 0,1%	Критерии в отношении существующих датчиков		Критерии в отношении будущих датчиков	
		Запас	Максимальная P_t (дБВт)	Запас	Максимальная P_t (дБВт)
Действие 200 станций-концентраторов Р-МР на sensor 1	-167 дБВт/100 МГц	Положительный	0	Положительный	-10
Действие 200 станций-концентраторов Р-МР на AMSR-E	-156 дБВт/100 МГц	Положительный	-10	-10	-10
Действие 200 станций-концентраторов Р-МР на CMIS	-136 дБВт/100 МГц	-20 дБ	-30	-30	-40
Действие 200 абонентских станций Р-МР на sensor 1	-166 дБВт/100 МГц	Положительный	0	Положительный	-10
Действие 200 абонентских станций Р-МР на AMSR-E	-157 дБВт/100 МГц	Положительный	-10	-9	-19
Действие 200 абонентских станций Р-МР на CMIS	-148 дБВт/100 МГц	-8 дБ	-18	-18	-28

4.4.2 Системы ФС передачи из пункта в пункт

В моделях развертывания ФС Р-Р предполагалось наличие 100 систем Р-Р. Эти станции Р-Р равномерно распределены в пределах прямоугольника с координатами 40° с. ш., 0° в. д. и 60° с. ш., 20° в. д. Каждая станция, оборудованная параболической антенной с максимальным усилением 50 дБи, передает сигнал мощностью -3 дБВт. Следует отметить, что некоторые станции фиксированной связи работают на более низких мощностях.

Несмотря на недостаток информации в отношении количества блоков частот, на которых осуществляется передача в пределах полосы пассивного датчика 10,6–10,68 ГГц, предполагается, что используется только один блок частот.

На рис. 14 представлены ИФР для случая Р-Р, создаваемые системами Р-Р.

В таблице 9 сравниваются результаты этого моделирования в отношении уровня помех (I_{EISS}), превышаемого на пассивном датчике на 0,1% зоны измерения, при соблюдении критериев допустимых помех, содержащихся в Рекомендации МСЭ-R RS.1029, и указана максимальная мощность передачи ФС (P_t), при которой эти критерии выполняются.

РИСУНОК 14а

ИФР для помех, создаваемых системами Р-Р датчику sensor 1 (100 систем Р-Р)

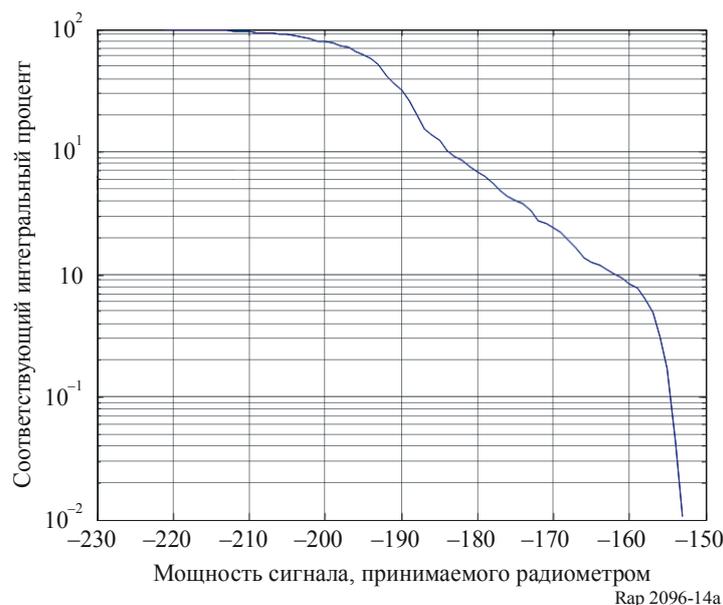


РИСУНОК 14b

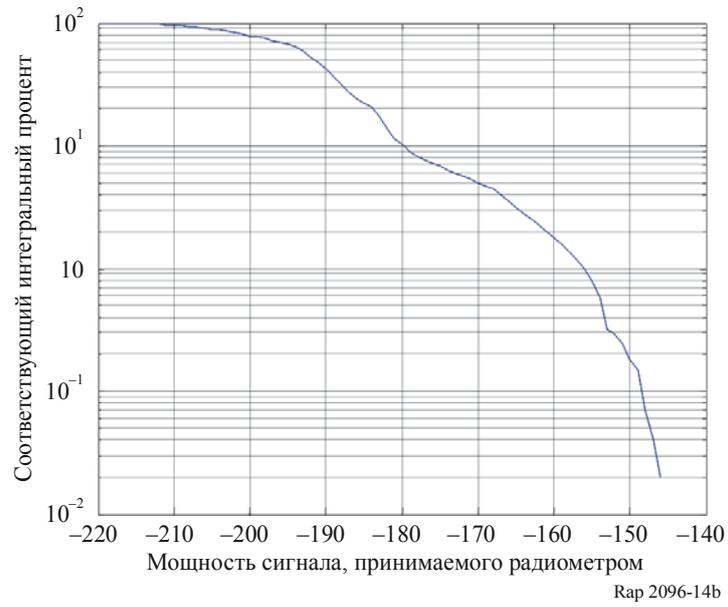
ИФР для помех, создаваемых системами Р-Р датчику AMSR-E (100 систем Р-Р)

РИСУНОК 14c

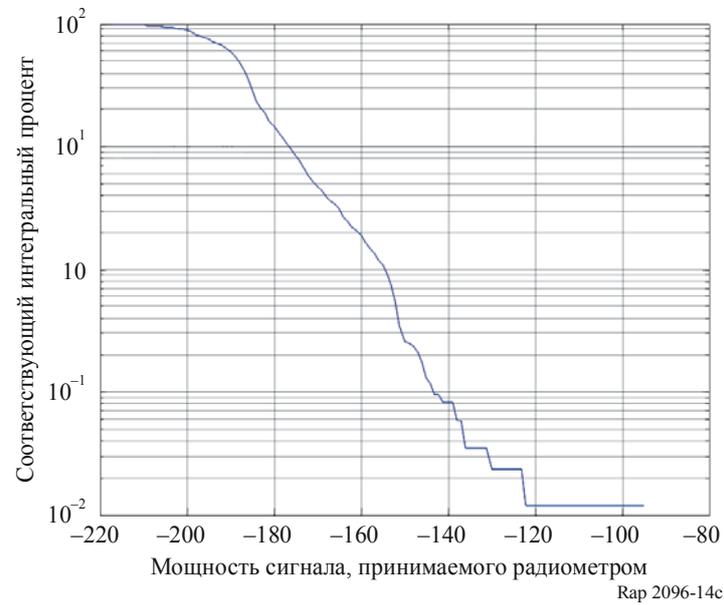
ИФР для помех, создаваемых системами Р-Р датчику CMIS (100 систем Р-Р)

ТАБЛИЦА 9

Сводка результатов моделирования

Случай моделирования	I_{EESS} на 0,1%	Критерии в отношении существующих датчиков		Критерии в отношении будущих датчиков	
		Запас (дБ)	Максимальная P_t (дБВт)	Запас (дБ)	Максимальная P_t (дБВт)
Действие 100 систем Р-Р на sensor 1	-155 дБВт/100 МГц	0	-3	-11	-14
Действие 100 систем Р-Р на AMSR-E	-148 дБВт/100 МГц	-8	-11	-18	-21
Действие 100 систем Р-Р на CMIS	-144 дБВт/100 МГц	-12	-15	-22	-25

4.4.3 Системы подвижной службы

Плотность развертывания систем подвижной службы предполагает наличие 100 работающих телевизионных линий, равномерно распределенных в пределах Европы. Мощность передачи каждой станции составляет -3 дБВт, при этом усиление антенны равно 32 дБи (ширина луча = $4,5^\circ$).

На рис. 15 представлена ИФР, создаваемая системами подвижной службы.

В таблице 10 сравниваются результаты этого моделирования в отношении уровня помех (I_{EESS}), превышаемого на пассивном датчике на 0,1% зоны измерения, при соблюдении критериев допустимых помех, содержащихся в Рекомендации МСЭ-R RS.1029, и указана максимальная мощность передачи ФС (P_t), при которой эти критерии выполняются.

РИСУНОК 15

ИФР для помех со стороны систем подвижной службы, создаваемых пассивным датчиком

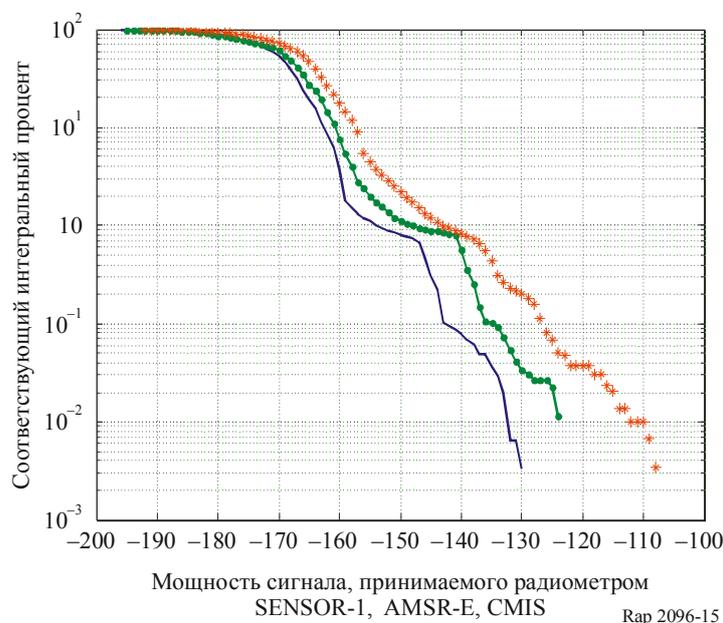


ТАБЛИЦА 10

Сводка результатов моделирования

Случай моделирования	I_{EES} на 0,1%	Критерии в отношении существующих датчиков		Критерии в отношении будущих датчиков	
		Запас (дБ)	Максимальная P_t (дБВт)	Запас (дБ)	Максимальная P_t (дБВт)
Действие 100 телевизионных линий на датчик sensor 1	-142 дБВт/100 МГц	-14	-17	-24	-27
Действие 100 телевизионных линий на AMSR-E	-135 дБВт/100 МГц	-21	-24	-31	-34
Действие 100 телевизионных линий на CMIS	-126 дБВт/100 МГц	-30	-33	-40	-43

4.5 Исследование номер 4 с использованием моделирования

Настоящее исследование предоставляет результаты динамического моделирования для систем ФС и подвижной службы. Моделирование было выполнено для одного месяца при шаге приращения времени 0,5 с.

4.5.1 Системы ФС передачи из пункта в пункт

Исследования совместного использования частот были проведены с применением динамического компьютерного моделирования для создания ИФР уровней помех, принимаемых пассивным датчиком AMSR-E конического сканирования со стороны развернутых станций фиксированной службы, при осуществлении измерений на площади измерений, равной 10^7 км², исходя из допустимых уровней помех, указанных в Рекомендации МСЭ-R RS.1029. Предположения, сделанные при проведении исследований совместного использования частот, приведены в таблицах 11 и 12. Моделирование было выполнено для одного месяца при шаге приращения времени 0,5 с.

ТАБЛИЦА 11

Параметры ССИЗ (пассивной) (AMSR-E/AQUA)

Параметр	Значение
Высота (км)	705
Наклонение орбиты (градусы)	98,2
Усиление антенны (дБи)	42,4
Диаграмма направленности антенны	См. рис. 3
Угол от надира (градусы)	47,5
Полоса частот (ГГц)	10,6–10,68

ТАБЛИЦА 12

Параметры станции фиксированной службы

Параметр	Значение
Мощность передатчика (дБВт)	-3,0
Ширина полосы (МГц)	18
Усиление антенны (дБи)	43,0
Э.и.и.м. (дБВт)	40,0
Угол места (градусы)	0~20° (равномерное распределение)
Направление азимута (градусы)	0~360° (см. Примечание 1)
Диаграмма направленности антенны	Рекомендация МСЭ-R F.1245
Количество станций	51 (см. Примечание 2)
Распределение	Равномерное распределение
Коэффициент использования (%)	100

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Направление азимута каждой станции является случайным в пределах 360°.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Количество станций, равное 51, получено исходя из того факта, что в Японии имеется 32 станции, а за ее пределами – 19. Количество станций в зарубежных странах оценивается с учетом соотношения между населением Японии и населением в зарубежных странах в зоне измерения (см. рис. 16).

Рассчитанная кривая ИФР для станций фиксированной службы, указанных на рис. 16, показана на рис. 17.

РИСУНОК 16

Развертывание станций фиксированной службы

(32 станции в Японии и 19 станций за ее пределами)

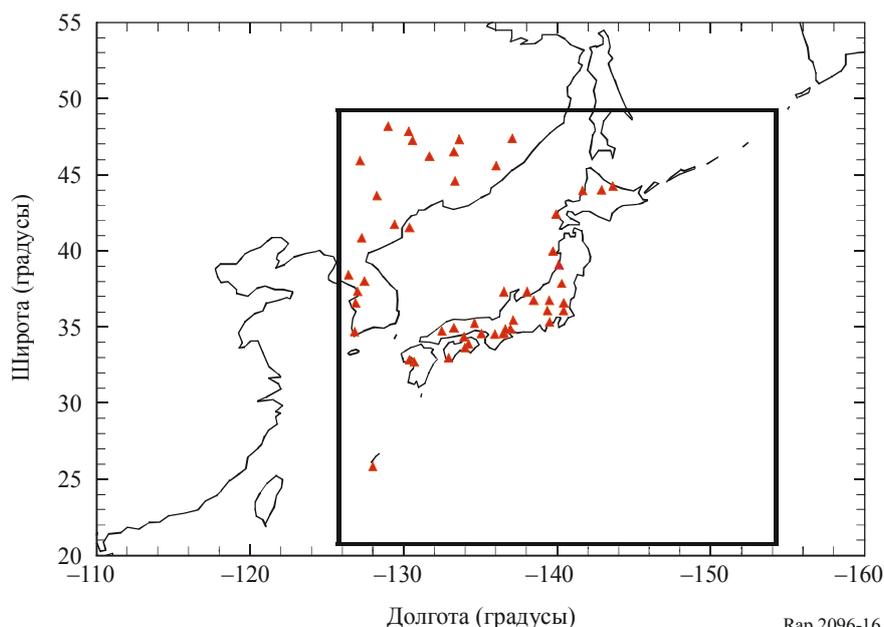
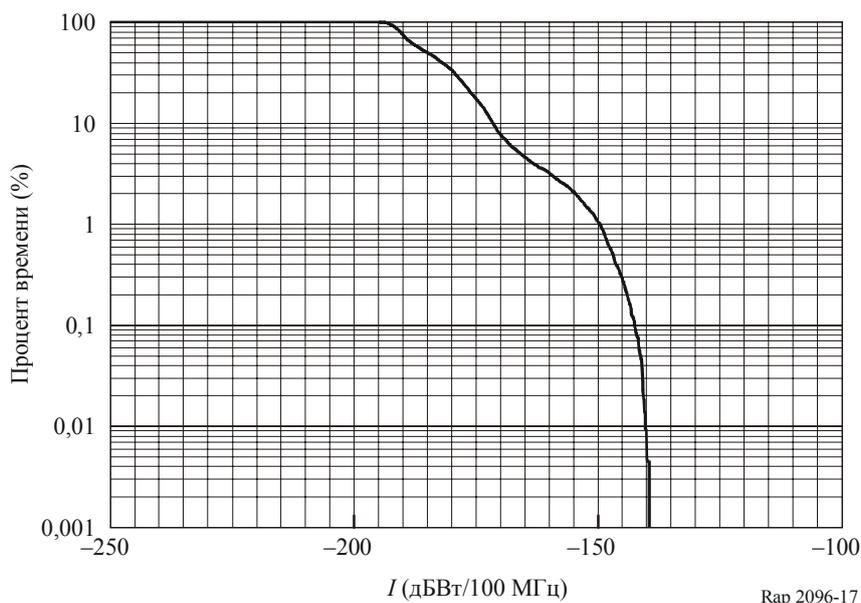


РИСУНОК 17

Кривая ИФР помех со стороны станций фиксированной службы



В таблице 13 представлен процент времени помех, равный 2,3% и 5,1%, превышающий допустимые уровни помех, составляющие -156 дБВт/100 МГц и -166 дБВт/100 МГц, соответственно.

В таблице 14 представлены значения превышения допустимых уровней помех, значения мощности передатчика и э.и.и.м., при которых соблюдаются критерии помех. В отношении допустимого уровня помех для будущих пассивных датчиков, составляющего -166 дБВт/100 МГц, имеют место следующие значения: отрицательный запас примерно -24 дБ, мощность передатчика не более -27 дБВт и э.и.и.м. не более 16 дБВт. В отношении допустимого уровня помех для действующих пассивных датчиков, составляющего -156 дБВт/100 МГц, имеют место следующие значения: отрицательный запас примерно -14 дБ, мощность передатчика не более примерно -17 дБВт и э.и.и.м. не более примерно 26 дБВт.

Отрицательный запас может быть снижен путем использования следующих элементов, которые не применялись в данном моделировании:

- автоматическое регулирование мощности передатчика (АРМП) или другое регулирование установки мощности;
- рассогласование по поляризации;
- потери в фидере передатчика ФС.

ТАБЛИЦА 13

Процент времени помех, в течение которого превышаются допустимые уровни помех

Допустимые уровни помех (дБВт/100 МГц)	Процент времени помех (%)
-166	5,1
-156	2,3

ТАБЛИЦА 14

**Превышение допустимых уровней помех, мощность передатчика и э.и.и.м.,
при которых соблюдаются критерии помех**

Допустимые уровни помех (дБВт/100 МГц)	Уровень помех для 0,1% (дБВт/100 МГц)	Значение превышения допустимых уровней помех (дБ)	Мощность передатчика (дБВт)	Э.и.и.м. (дБВт)
-166	-142,4	23,6	-26,6	16,4
-156	-142,4	13,6	-16,6	26,4

4.5.2 Системы подвижной службы

Исследования совместного использования частот были проведены с применением динамического компьютерного моделирования для создания ИФР уровней помех, принимаемых пассивным датчиком AMSR-E конического сканирования со стороны развернутых станций подвижной службы (типа ЭСН/ВВ) при осуществлении измерений на площади измерений, равной 10^7 км², исходя из допустимых уровней помех, указанных в Рекомендации МСЭ-R RS.1029. Предположения, сделанные при проведении исследований совместного использования частот, приведены в таблицах 15 и 16. Что касается диаграммы направленности антенн, то в этой полосе в станциях подвижной службы используются не только параболические антенны, но также антенны некоторых других типов, включая ненаправленные антенны, спиральные антенны и рупорные антенны. Моделирование было осуществлено для случаев использования параболических и ненаправленных антенн. Моделирование было выполнено для одного месяца при шаге приращения времени 0,5 с.

ТАБЛИЦА 15

Параметры ССИЗ (пассивной) (AMSR-E/AQUA)

Параметр	Значение
Высота (км)	705
Наклонение орбиты (градусы)	98,2
Усиление антенны (дБи)	42,4
Диаграмма направленности антенны	См. рис. 3
Угол от надира (градусы)	47,5
Полоса частот (ГГц)	10,6–10,68

ТАБЛИЦА 16

Параметры станций подвижной службы

Параметр	Значение	
Мощность передатчика (дБВт)	-3,0	
Ширина полосы (МГц)	18	
Тип антенны	Параболическая антенна	Ненаправленная антенна
Усиление антенны (дБи)	35,0	0
Э.и.и.м. (дБВт)	32,0	-3
Угол места (градусы)	-90~ 90°	
Направление азимута (градусы)	0~360° (см. Примечание 1)	
Диаграмма направленности антенны	Рекомендация МСЭ-R F.1245	Ненаправленная антенна 0 дБи
Количество станций	628 станций в Японии и 324 станции за ее пределами (см. Примечание 2)	
Распределение	Равномерное распределение	
Коэффициент использования (%)	0,34 (см. Примечание 3)	

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Направление азимута каждой станции является случайным в пределах 360°.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Количество станций в зарубежных странах оценивается с учетом соотношения между населением Японии и населением в зарубежных странах в зоне измерения (см. рис. 18).

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Это значение является оценкой, основанной на статистических данных использования станций подвижной службы в Японии. Оно представляет собой отношение часов работы станций в полосе 10,6–10,68 ГГц в течение года к общему количеству часов в году.

РИСУНОК 18a

Развертывание станций подвижной службы

(Коэффициент использования 100%, 628 станций в Японии, 354 станции за ее пределами)

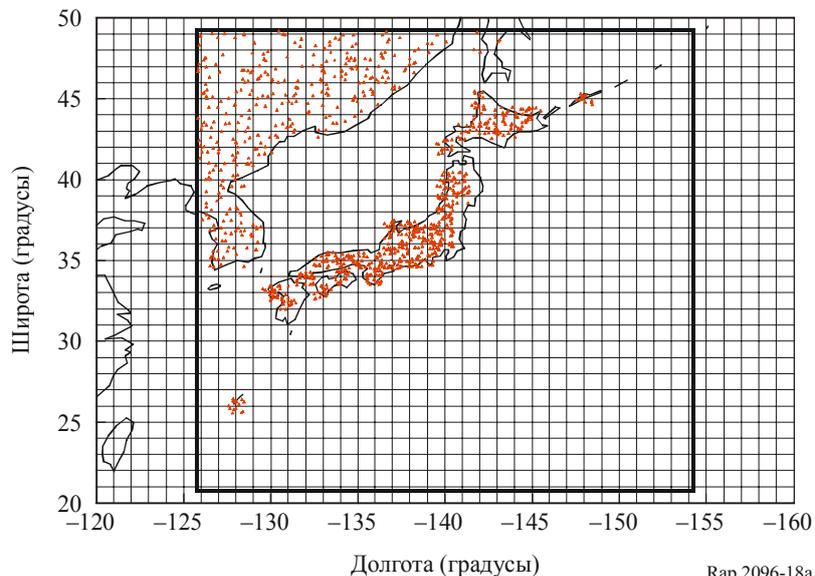
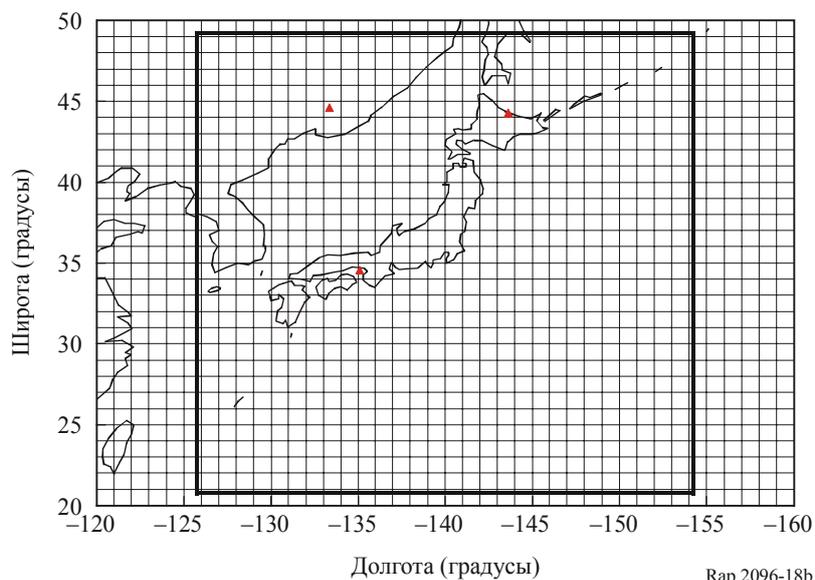


РИСУНОК 18b

Развертывание станций подвижной службы

(Коэффициент использования 0,34%, две станции в Японии и одна станция за ее пределами)

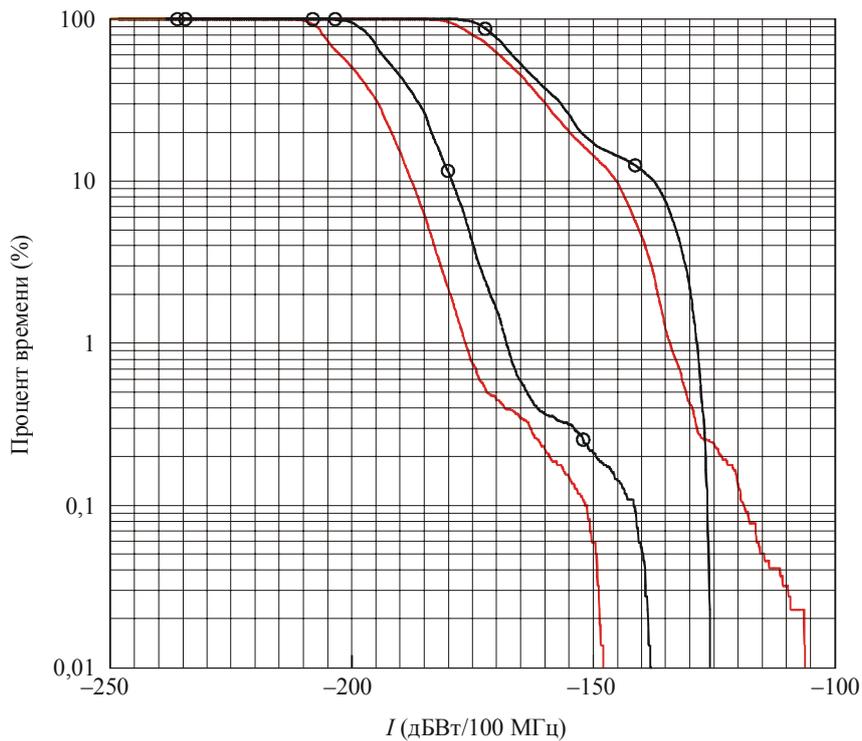


На рис. 19 представлена рассчитанная кривая ИФР для случаев развертывания станций подвижной службы, указанных на рис. 18a и 18b. На рис. 18b показаны три станции подвижной службы, которые были выбраны случайным образом при коэффициенте использования 0,34%. На рис. 19 показано различие между кривыми ИФР при коэффициентах использования 100% и 0,34% для двух различных диаграмм направленности антенн.

В таблице 17 представлены проценты времени помех, превышающих допустимый уровень -156 дБВт/100 МГц для действующих пассивных датчиков при коэффициентах использования 0,34% и 100%. В случае коэффициента использования 0,34% процент времени превышения помехами уровня -156 дБВт/100 МГц составляет 0,16% для параболической антенны и 0,32% для ненаправленной антенны.

РИСУНОК 19

ИФР для коэффициентов использования 100% и 0,34%



— Коэффициент использования 0,34%, параболическая антенна 35 дБи

- - Коэффициент использования 100%, параболическая антенна 35 дБи

—○— Коэффициент использования 0,34%, ненаправленная антенна 0 дБи

—●— Коэффициент использования 100%, ненаправленная антенна 0 дБи

Rap 2096-19

ТАБЛИЦА 17

Процент времени помех, превышающих допустимый уровень

Коэффициент использования (%)	Тип антенны	Допустимый уровень помех (дБВт/100 МГц)	Процент времени помех (%)
0,34	Параболическая антенна 35 дБи	-156	0,16
		-166	0,37
	Ненаправленная антенна 0 дБи	-156	0,32
		-166	0,675
100	Параболическая антенна 35 дБи	-156	21,9
		-166	48,2
	Ненаправленная антенна 0 дБи	-156	28,1
		-166	57,0

В таблице 18 представлены значения превышения допустимых уровней помех, значения мощности передатчика и э.и.и.м., при которых соблюдаются критерии помех. Если считать -156 дБВт/100 МГц критерием помех при коэффициенте использования 0,34%, то имеет место отрицательный запас, равный $-4,4$ дБ, в случае параболической антенны и $-14,4$ дБ в случае ненаправленной антенны.

ТАБЛИЦА 18

**Превышение допустимых уровней помех, мощность передатчика и э.и.и.м.,
при которых соблюдаются критерии помех**

Коэффициент использования (%)	Тип антенны	Допустимый уровень помех для 0,1% (дБВт/100 МГц)	Допустимый уровень помех (дБВт/100 МГц)	Значение превышения допустимых уровней помех (дБ)	Мощность передатчика (дБВт)	Э.и.и.м. (дБВт)
0,34	Параболическая антенна 35 дБи	-151,6	-156	4,4	-7,4	27,6
			-166	14,4	-17,4	17,6
	Ненаправленная антенна 0 дБи	-141,6	-156	14,4	-17,4	-17,4
			-166	24,4	-27,4	-27,4
100	Параболическая антенна 35 дБи	-119	-156	37	-40	-5
			-166	47	-50	-15
	Ненаправленная антенна 0 дБи	-126	-156	30	-33	-33
			-166	40	-43	-43

Более высокие уровни помех обусловлены, главным образом, связью между основным лучом космических пассивных датчиков и уровнем боковых лепестков диаграмм направленности станций подвижной службы при низком коэффициенте использования.

В случае данного критерия помех отрицательный запас, составляющий примерно $-4,4$ дБ или $-14,4$ дБ, может быть компенсирован путем использования надлежащего метода установки мощности или других возможных способов ослабления помех, которые не применялись в данном моделировании.

При совместном использовании частот с ССИЗ (пассивной) не рекомендуется применять ненаправленную антенну.

Было обнаружено, что для существующих пассивных датчиков существует отрицательный запас $-14,4$ дБ, относящийся к допустимому уровню помех -156 дБВт/100 МГц. При использовании в станциях подвижной службы антенн различных типов среднее значение превышения допустимого уровня помех может находиться между двумя уровнями, соответствующими случаям двух антенн.

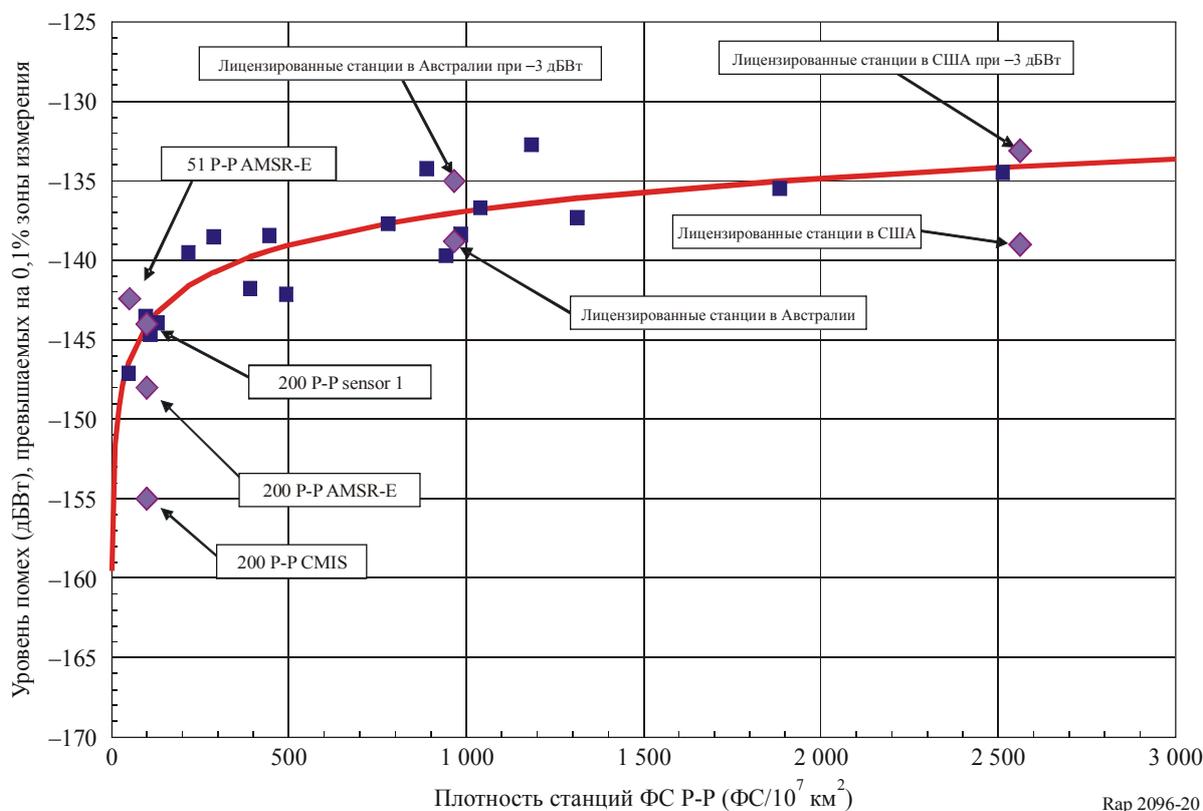
4.6 Резюме результатов исследования совместного использования частот

На рис. 20 представлены результаты динамического моделирования (п. 4.2.1), проведенного для моделей развертывания ФС Р-Р в отношении мощности помех, превышаемых на 0,1% зоны измерений, определенных на основе каждой ИФР и представленных на рисунке точкой данных в зависимости от плотности станций ФС при моделировании, в ходе которого была получена данная ИФР. Уровни помех были приведены к уровню мощности передачи -3 дБВт, а для случая получения нескольких ИФР в результате ряда моделирований при тех же плотностях станций ФС было указано среднее значение уровней помех для той же плотности. Эти результаты следует рассмотреть в отношении допустимого уровня, значение которого приведено в Рекомендации МСЭ-R RS.1029 и равно -156 дБВт/100 МГц для данного процента. На этом рисунке представлена также кривая, наилучшим образом соответствующая точкам данных и определяемая функцией, заданной формулой

$I = a * x^b$, где I – мощность помех, x – плотность развертывания ФС, a и b – постоянные. Указаны также результаты динамического моделирования, основанные на данных станций, имеющих лицензии, в Австралии и в Соединенных Штатах Америки (п. 4.2), при этом точки данных рассчитаны исходя из реальной мощности в лицензии каждой станции и из предположения, что мощность передачи каждой станции составляет -3 дБВт. Это сделано для сравнения с результатами других моделирований, а также результатами моделирования Р-Р (п. 4.1, 4.3 и 4.4). Результаты исследований, основанных на данных станций, которые имеют лицензии и работают в полосе 10,6–10,68 ГГц, соответствуют ранее осуществленным исследованиям на основе теоретических моделей и, по-видимому, предоставляют основу для определения соответствующих диапазонов плотностей развертывания ФС в теоретических сценариях развертывания, предполагаемых в других динамических моделях.

РИСУНОК 20

Сравнение результатов динамического моделирования Р-Р на 10 ГГц

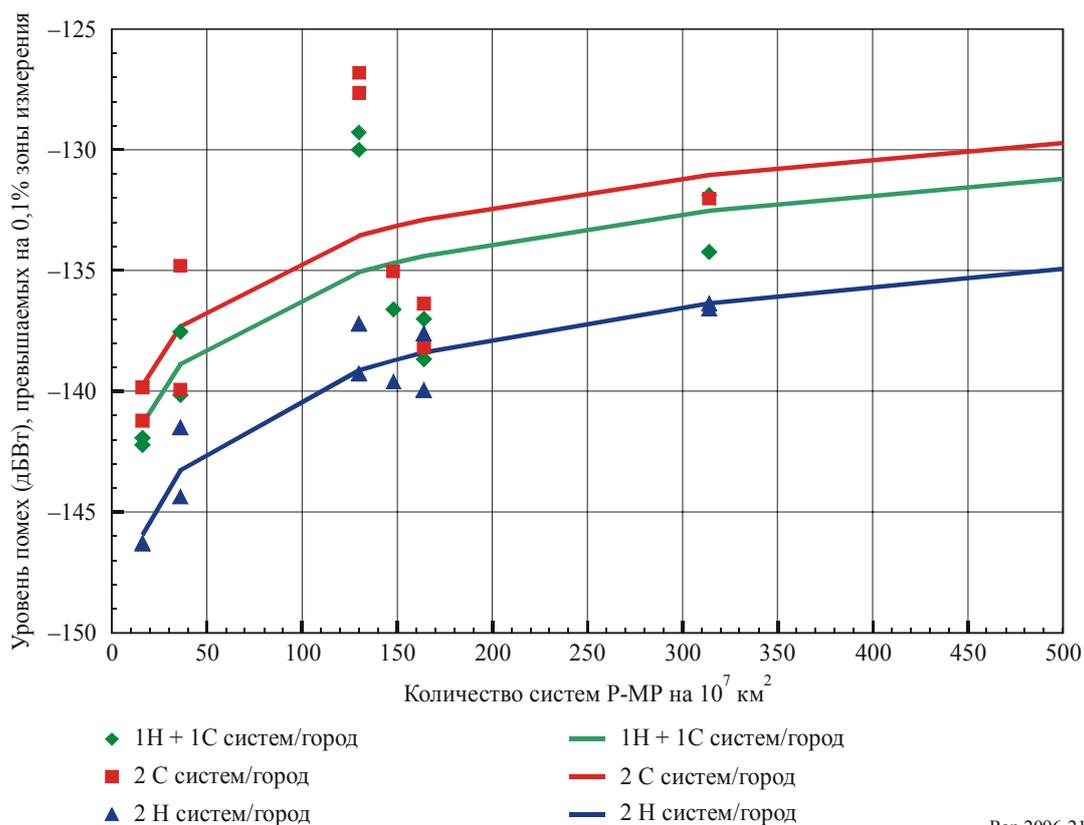


Rap 2096-20

На рис. 21 представлены результаты динамического моделирования, проведенного для моделей развертывания ФС Р-МР (п. 4.2.2), а на рис. 7 – графики ИФР, полученные в результате развертывания систем ФС передачи из пункта во многие пункты (Р-МР) вокруг больших городов в шести различных частях мира. Мощность помех, превышаемых на 0,1% зоны измерения, была определена на основе каждой ИФР и представлена на рис. 21 точкой данных в зависимости от плотности систем Р-МР при моделировании, в результате которого получена данная ИФР. На рис. 21 представлена также кривая, наилучшим образом соответствующая этим точкам данных (буква "Н" обозначает станцию-концентратор и буква "С" обозначает абонентскую станцию для трех возможных конфигураций двух радиостолов Р-МР, попадающих в полосу 10,6–10,68 ГГц ССИЗ (пассивной)).

РИСУНОК 21

Сравнение результатов динамического моделирования Р-МР



Rap 2096-21

В каждом из предыдущих исследований сравнивался уровень помех, принятых приемником ССИЗ (пассивной), с допустимым уровнем помех, указанных в Рекомендации МСЭ-R RS.1029. Однако при оценке результатов этих исследований следует учесть несколько дополнительных факторов.

Во-первых, во всех моделях помехи, принимаемые пассивным датчиком, рассчитывались в виде усредненной мощности, интегрированной в радиометре. Поэтому значения мощностей передатчика ФС, предполагаемые в динамических моделях, должны рассматриваться как усредненный или средний уровень мощности. Однако регламентарные пределы обычно определяются в виде пиковых уровней мощности, которые на 2–4 дБ выше усредненного (среднего) уровня для цифровых передач. Во-вторых, лучи антенны пассивного датчика линейно поляризованы с высокой чистотой поляризации, а помехи ФС обычно создаются боковыми или задними лепестками антенны станции, которые практически не имеют четко выраженного направления поляризации. Этот фактор, который уменьшит рассчитываемый уровень помех в целом на 2–3 дБ, при расчете помех не учитывался. Наконец в двух моделях для станций ФС, имеющих лицензии в полосе частот 10,6–10,68 ГГц, было показано, что уровень помех датчику, рассчитанный для реальных уровней лицензированной мощности, был на 3,8–6,4 дБ ниже уровня помех, отмеченного как уровень 0,1% для ИФР, рассчитанной в предположении, что каждая станция ведет передачу с максимальным уровнем мощности. В итоговых данных исследований при помощи моделирования используются функции интегральные функции распределения помех пассивному датчику, полученные в ходе динамического моделирования с целью определения максимальной мощности ФС, которая будет в точности удовлетворять допустимым критериям помех из Рекомендации МСЭ-R RS.1029 при условии, что все станции ФС работают с одинаковым уровнем мощности. С учетом всех трех вышеизложенных факторов уровни мощности, используемые при установлении какого-либо рекомендованного предела, определяемого в виде пиковой мощности передачи и который следует применять как регламентарную меру, будут эквивалентны применению усредненной мощности, которая была бы на 7,8–13,4 дБ меньше допустимых уровней мощности передачи, определенных посредством корректировки функций ИФР помех, полученных в ходе динамического моделирования.

В таблице 19 кратко изложены результаты описанных выше исследований совместного использования частот. Для каждого исследования при помощи моделирования в первых двух колонках указаны типы рассматриваемых в модели станций ФС или подвижной службы и мощности передатчиков ФС или подвижной службы, предполагаемые для каждой станции в данной модели развертывания ФС или подвижной службы. В некоторых исследованиях динамическое моделирование выполнялось для диапазона различных плотностей развертывания ФС на основе количества больших городов в разных используемых зонах измерения и количества радиоканалов, доступных в каждом городе на основе планов размещения частот МСЭ-R. В этой таблице приведены самые низкие и самые высокие значения плотности станций ФС, использованные в моделях, включенных в каждое исследование. При каждом динамическом моделировании создавалась ИФР помех, принимаемых пассивным датчиком ($I_{E_{ESS}}$). В таблице 19 указывается уровень $I_{E_{ESS}}$, превышаемый в 0,1% зоны измерения пассивного датчика, или, в случае, когда моделирование выполнялось для широкого диапазона плотностей развертывания станций ФС, указываются самое низкое и самое высокое значения $I_{E_{ESS}}$ на уровне 0,1%. Также в таблице указываются самая высокая и самая низкая мощности передатчика ФС, которые удовлетворяют допустимому критерию помех, равному -156 дБВт, из Рекомендации МСЭ-R RS.1029 для работающих в настоящее время пассивных датчиков, которые отвечают требованиям по самому низкому и самому высокому значениям уровней помех, создаваемых пассивному датчику, которые получены в ходе моделирования функций ИФР.

Ниже рассматриваются два поправочных коэффициента, один – для рассогласования по поляризации (2–3 дБ) и другой – для распределения уровней лицензированной мощности (3,8–6,4 дБ). Данные коэффициенты применимы при использовании ИФР помех, полученных в результате настоящего динамического моделирования, для определения любых возможных критериев совместного использования частот. В крайних правых колонках таблицы 19 приведен диапазон рассчитанных допустимых уровней мощности ФС/подвижной службы для каждого случая моделирования при самом низком значении, соответствующем самому низкому регулируемому уровню передачи ФС и наименьшему комбинированному поправочному коэффициенту, равному 5,8 дБ, и самом высоком значении, соответствующем самому высокому регулируемому уровню передачи ФС и наибольшему поправочному коэффициенту, равному 9,4 дБ. Следует заметить также, что все уровни мощности, использованные в таблице 19, являются усредненными или средними уровнями мощности, которые интегрируются радиометром пассивного датчика во время каждого измерения, и что рассматриваемый далее поправочный коэффициент обсуждается в п. 4 при условии, что критерии совместного использования должны быть получены в виде пиковых уровней мощности. Для случая Р-МР буквой "Н" обозначена станция-концентратор, а буквой "С" – абонентские станции для трех возможных конфигураций (1Н + 1С, 2Н или 2С) двух радиостволов Р-МР, попадающих в полосу 10,6–10,68 ГГц ССИЗ (пассивной).

ТАБЛИЦА 19

**Краткое изложение результатов исследований
с использованием моделирования на частоте 10 ГГц**

Номер исследования с использованием моделирования на частоте 10 ГГц	ПРИМЕЧАНИЯ	Мощность передатчика P_t (дБВт)	Плотность станций ФС/ПС на 10^7 км ²	I_{ess} для 0,1% (дБВт)	Максимальная мощность P_t (дБВт) для соответствия уровням защиты, указанным в Рекомендации МСЭ-R RS.1029	Максимальная мощность P_t (дБВт) с учетом поправочного коэффициента 5,8–9,4 дБ
1	Р-Р	-3	48–2 512	От -151 до -130,5 ⁽¹⁾	От -8 до -28,5 ^(5a) От -18 до -38,5 ^(5b)	От -22,7 до 1,4 От -32,7 до -8,6
1	Р-МР (1Н1С)	-3	16–314	От -142,2 до -129,3 ⁽¹⁾	От -16,8 до -29,7 ^(5a) От -26,8 до -39,7 ^(5b)	От -23,9 до -7,4 От -33,9 до -17,4
1	Р-МР (2С)	-10	16–314	От -141,2 до -126,8 ⁽¹⁾	От -24,8 до -9,2 ^(5a) От -34,8 до -49,2 ^(5b)	От -33,4 до -15,4 От -43,4 до -25,4
1	Р-МР (2Н)	-3	16–314	От -146,3 до -136,4 ⁽¹⁾	От -12,7 до -22,6 ^(5a) От -22,7 до -32,6 ^(5b)	От -16,8 до -3,3 От -26,8 до -13,3
2	База данных Австралии	-3	966	-135,2	-23,8 ^(5a) -33,8 ^(5b)	От -18 до -14,4 От -28 до -24,4

ТАБЛИЦА 19 (окончание)

Номер исследования с использованием моделирования на частоте 10 ГГц	ПРИМЕЧАНИЯ	Мощность передатчика P_t (дБВт)	Плотность станций ФС/ПС на 10^7 км ²	I_{cess} для 0,1% (дБВт)	Максимальная мощность P_t (дБВт) для соответствия уровням защиты, указанным в Рекомендации МСЭ-R RS.1029	Максимальная мощность P_t (дБВт) с учетом поправочного коэффициента 5,8–9,4 дБ
2	База данных США	-3	2 652	-132,9	-26,1 ^(5a) -36,1 ^(5b)	От -20,3 до -16,7 От -30,3 до -26,7
3	200 P-MP	-10	200	От -167 до -136 ⁽³⁾	От -10 до -30 ^(5a) От -10 до -40 ^(5b)	От -4,2 до -20,6 От -4,2 до -30,6
3	100 P-P	-3	100	От -155 до -144 ⁽³⁾	От -3 до -15 ^(5a) От -14 до -25 ^(5b)	От 2,8 до -5,6 От -8,2 до -15,6
3	100 подвижных	-3	100	От -142 до -126 ⁽³⁾	От -17 до -33 ^(5a) От -27 до -43 ^(5b)	От -11,2 до -23,6 От -21,2 до -33,6
4	51 P-P	-3	51	-142,4	-16,6 ^(5a) -26,6 ^(5b)	От -10,8 до -7,2 От -20,8 до -17,2
4	982 подвижных	-3	100	-126 или -119	-33 или -40 ^(5a) -43 или -50 ^(5b)	От -27,2 до -23,6 От -37,2 до -33,6
4	3 подвижных	-3	100	-151,6 или -141,6	-7,4 или -17,4 ^(5a) -17,4 – -27,4 ^(5b)	От -1,6 до 2 От -11,6 до -8

(1) Диапазон плотностей ФС и различных датчиков.

(2) Значения для двух плотностей ФС.

(3) Значения для трех различных датчиков.

(4) Все мощности ФС являются "средними мощностями", тогда как мощности ПС являются "пиковыми" мощностями.

(5a) Значения, полученные с использованием критерия -156 дБВт/100 МГц, приведенного в Рекомендации МСЭ-R RS.1029.

(5b) Значения, полученные с использованием критерия -166 дБВт/100 МГц, приведенного в Рекомендации МСЭ-R RS.1029.

В некоторых случаях допустимые уровни мощности, указанные в крайних правых колонках таблицы 19, превышают уровень мощности ФС, предполагаемый в исследовании с использованием моделирования, и можно прийти к выводу, что для данных случаев была продемонстрирована совместимость между ФС и ССИЗ (пассивной). Для тех случаев, когда указанные допустимые уровни мощности были меньше предполагаемых уровней мощности передачи ФС, рассматривались ИФР помех, полученные в результате моделирования, для того чтобы определить их влияние на работающие в настоящее время пассивные датчики в виде процента области измерения, на которой превышает допустимый уровень помех, равный -156 дБВт (или -166 дБВт), если мощность передатчика ФС была бы ограничена значением, принятом в ходе моделирования, или, в случае моделирования номер 4, лицензированными значениями для станций, которые предполагались определенными как пиковые уровни мощности. Диапазон значений в процентах для случая моделирования номер 2 охватывает диапазон плотностей развертывания станций ФС, диапазон значений которых в случае моделирования номер три характеризует воздействие на пассивные датчики при той же модели развертывания. Эти результаты представлены в таблице 20.

ТАБЛИЦА 20

Процент зоны измерения, в которой превышает допустимый уровень помех

Номер исследования с использованием моделирования на частоте 10 ГГц	Тип ФС/ПС	Мощность передатчика P_t в дБВт	Плотность станций ФС/ПС на 10^7 км ²	Процент зоны измерения, в которой превышает уровень -156 дБВт	Процент зоны измерения, в которой превышает уровень -166 дБВт
1	P-P	-3	48-2 512	< 0,1-13	0,4-30
1	P-MP (1Н1С)	-3	16-314	0,2-13	0,2-20
1	P-MP (2С)	-10	16-314	0,2-13	0,2-20
1	P-MP (2Н)	-3	16-314	0,1-10	0,8-10
2	База данных Австралии	-3	966	1,8	0,5-20
2	База данных США	-3	2 652	3,6	10-30
3	200 P-MP	-10	200	< 0,1-0,8	0,1-11
3	100 P-P	-3	100	< 0,1-0,6	1-5
3	100 подвижных	-3	100	1-3	11-50
4	51 P-P	-3	51	1,1	3,3
4	982 подвижных (антенна 35 дБи)	-3	982	14,6	31
4	982 подвижных (антенна 0 дБи)	-3	982	17,44	38
4	3 подвижных (антенна 35 дБи)	-3	3	0,06	0,2
4	3 подвижных (ненаправленная антенна 0 дБи)	-3	3	0,22	0,4

5 Способы уменьшения помех

5.1 Спутниковая служба исследования Земли (пассивная)

Используемые сегодня и будущие пассивные датчики интегрируют сигнал, полученный на спутнике, и отличить естественное излучение от искусственного невозможно. Если помехи превышают допустимые уровни, то существует риск того, что в нескольких зонах будут получены искаженные данные измерений, которые могут отразиться на достоверности прогнозов погоды или других научных применений, в которых используются продукты данных этих датчиков. Не существует проверенных способов определения того, не были ли данные измерений пассивного датчика искажены из-за помех, и уменьшения влияния таких искаженных данных измерений на прогнозы погоды или другие научные исследования, использующие эти данные.

Следовательно, способы уменьшения помех, применяемые в ССИЗ (пассивной), сосредоточиваются на подходах, которые могут понизить уровень помех, принимаемых на входе спутника.

В качестве возможных подходов для ослабления помех или минимизации возможности их возникновения учитывались и оценивались следующие технические и рабочие характеристики прибора ССИЗ (пассивной):

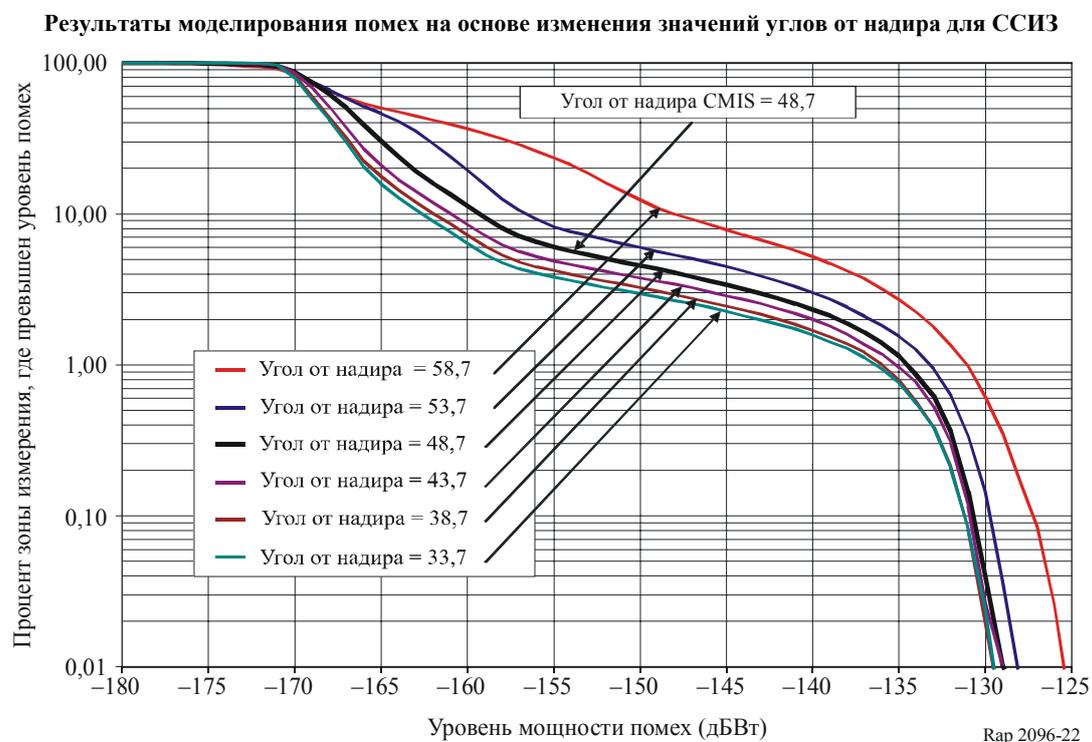
- Ограничение максимального угла наклона определяет амплитуду прямой связи между наземными активными службами и приемником ССИЗ (пассивной). Однако уменьшение значений угла наведения пассивных датчиков конического сканирования от надира ниже значений, установленных в настоящее время, не приводит к существенному снижению уровня помех.

- Требование минимальной эффективности главного луча непосредственно определяет форму диаграммы направленности антенны и позволяет уменьшить мощность помех, принятых вне области главного луча.
- Ограничение пространственной разрешающей способности может уменьшить вероятность источников помех или их количество в пределах определенного пиксела ССИЗ (пассивной).
- Улучшенные характеристики боковых лепестков антенны ССИЗ (пассивной) могут понизить уровень помех. Например, сравнение эталонной диаграммой направленности антенны, находящейся в процессе разработки для ССИЗ (пассивной), и диаграммы направленности антенны ФСС, определенной в Рекомендации МСЭ-R S.672³, показывает, что уменьшение уровня боковых лепестков приводит к меньшему проценту помех.

Главный луч пассивных датчиков конического сканирования пересекается с земной поверхностью с постоянным углом места, который определяется высотой спутника и углом наведения от надира приемной антенны. Для изучения влияния такого изменения углов места ФС была вновь запущена одна из вышеописанных моделей в диапазоне значений углов наведения пассивного датчика от надира (от 15° ниже и до 10° выше угла от надира датчика СМIS, составляющего 48,7°). На рис. 22 представлены результаты этого моделирования.

Рассмотрение этого рисунка показывает, что снижение угла от надира относительно существующего угла от надира датчика СМIS существенно не уменьшает уровень помех. Однако такое снижение значительно уменьшает полосу обзора пассивного датчика и площадь зоны, в которой осуществляется сбор данных при каждом прохождении спутника. Увеличение угла от надира относительно существующего угла от надира датчика СМIS вероятно приведет к значительному повышению уровней помех.

РИСУНОК 22



³ Рекомендация МСЭ-R S.672: Диаграмма направленности спутниковой антенны, применяемая в качестве нормативной при проектировании фиксированной спутниковой службы, использующей геостационарные спутники.

5.2 Фиксированная служба

В качестве возможных подходов ослабления или минимизации возможности помех в данной полосе для используемых средств ФС рассматривались и оценивались следующие действия в отношении технических и рабочих характеристик станции ФС:

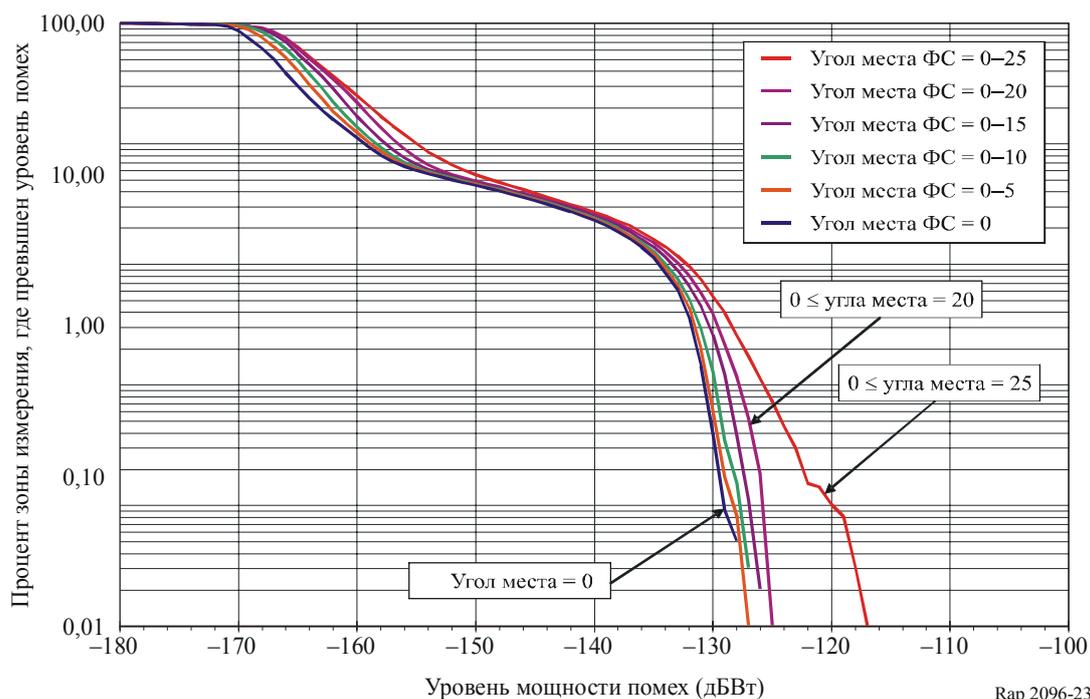
- Ограничение максимальной э.и.и.м. станции ФС.
- Требование к максимальному углу места главного луча станции ФС; однако для равномерного распределения углов места ФС, которое является неудачным и нереальным распределением для исследования возможности совместного использования частот, уровень помех пассивному датчику конического сканирования не увеличивается значительно, до тех пор пока верхний предел угла места ФС не достигнет значения примерно 20° .
- Требование по установке значения мощности передатчика ФС, которое обеспечивает необходимый уровень сигнала в условиях чистого неба с определенным запасом на замирания; настоящий подход может существенно уменьшить уровни помех пассивному датчику.

В предыдущих исследованиях помех, как правило, предполагалось, что все передатчики ФС работают с углом места $= 0^\circ$. Однако для реальных систем ФС ожидается некоторое различие в значениях углов места. Для изучения влияния таких изменений углов места ФС была вновь запущена одна из вышеописанных моделей, использованная для угла места ФС, равного 0° , со случайно присвоенным значением угла места для каждой станции ФС на основе равномерного распределения углов места от 0° до верхней границы, равной от 5° до 25° . Для простоты предполагалось, что углы места ФС имеют равномерное распределение, хотя реальные распределения углов места ФС, вероятнее всего, имеют гауссовскую природу. Моделью развертывания ФС является описанная в предыдущем вкладе модель с параметрами ФС Р-Р случая 4 для пассивного датчика CMIS и зоны измерения в Средней Азии. На рис. 23 показаны результаты этого моделирования.

Рассмотрение этого рисунка указывает на медленное увеличение уровня помех на 0,01% зоны измерения при максимальном угле места ФС, равном от 0° до 20° , и его значительно большее увеличение в диапазоне между 20° и 25° .

РИСУНОК 23

Результаты моделирования помех на основе изменения значений углов места ФС



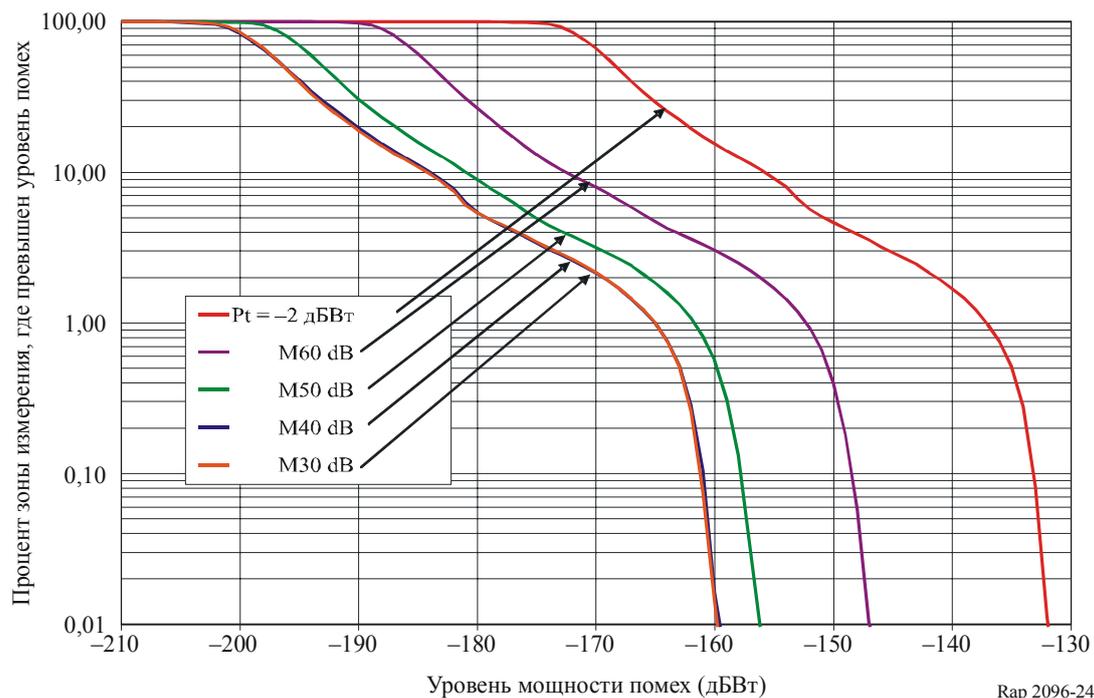
ПРИМЕЧАНИЕ. – Хотя в настоящих исследованиях, для того чтобы определить значение угла места, при котором уровень помех значительно возрастает, рассматривались углы места ФС до 25° , в действующих системах редко встречается угол места ФС больше 5° .

В предыдущих моделях помех, как правило, предполагалось, что все передатчики ФС работают на одной частоте. Однако рассмотрение некоторых записей данных о лицензиях показало наличие различных значений разрешенной мощности передатчика. Одной из причин существования различных значений мощности передатчиков могут быть различия протяженностей трасс радиосвязи.

Имитационная модель была построена таким образом, чтобы присвоенная мощность передачи станции ФС Р-Р находилась на уровнях между -30 дБВт и -2 дБВт, которые обеспечивают определенный уровень приема при условии распространения в свободном пространстве на случайно выбранных протяженностях трасс от $0,5$ км до 30 км при равномерном распределении вероятностей. Определенный уровень приема включает в себя запасы на замирания, составляющие от 30 до 60 дБ над минимальным уровнем приема полезного сигнала. На рис. 24 показано влияние на уровни помех пассивному датчику, оказываемое в случае применения такого способа присвоения уровней мощности передатчика, по сравнению со случаем, когда предполагается, что все передатчики работают с одинаковым максимальным уровнем мощности передачи. На рисунке представлен также график ИФР для случая, когда каждая станция ФС осуществляет передачу на определенном уровне максимальной мощности, равном -2 дБВт.

РИСУНОК 24

Результаты моделирования помех на основе мощностей передачи в зависимости от протяженности трассы Р-Р



Rap 2096-24

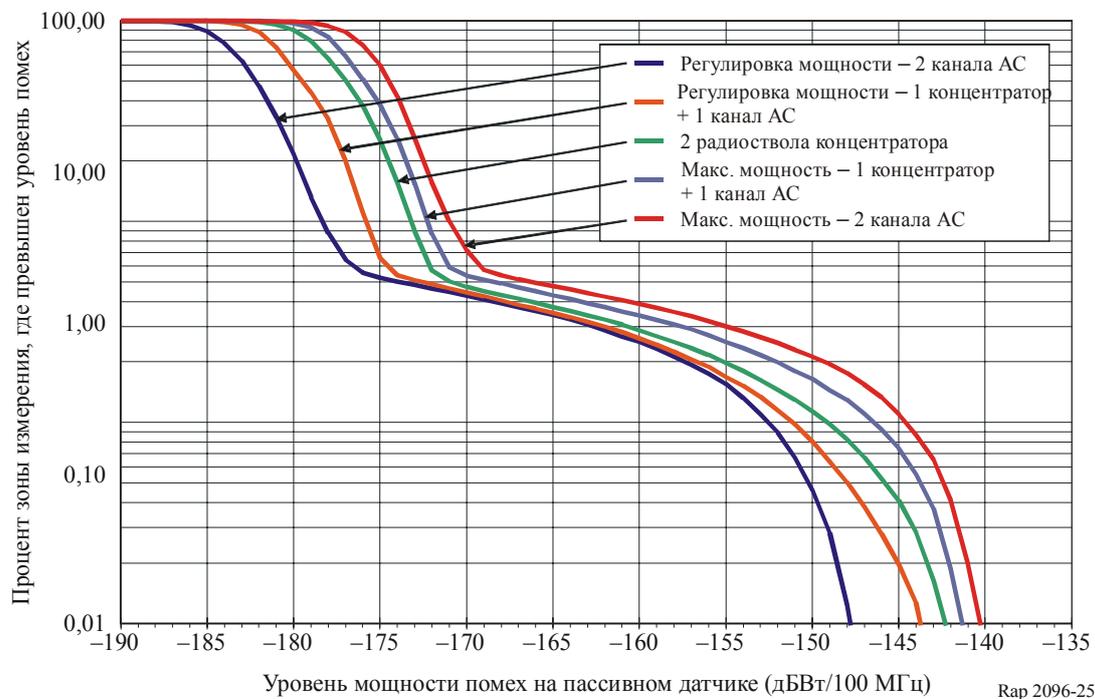
ПРИМЕЧАНИЕ. – Обозначения типа "M30dB", использованные для маркировки графиков ИФР, указывают на запас при условии распространения в свободном пространстве, обеспечиваемый установкой мощности передатчика ФС.

Для систем Р-МР были проведены дополнительные моделирования, при которых осуществлялась корректировка мощностей передачи на линиях абонентских станций систем Р-МР в пределах от -10 до -30 дБВт с целью обеспечения номинального уровня сигнала приема, равного -110 дБВт. Предполагалось, что во всех случаях мощность передатчиков станций-концентраторов составляет -3 дБВт. В этих моделях усиление антенны абонентской станции предполагалось равным 23 дБи, а трассы имели случайную протяженность между $0,1$ и 10 км. Результаты этого моделирования представлены на рис. 25. Они указывают на значительное снижение уровней помех пассивным датчикам при использовании регулировки мощности на абонентских линиях по сравнению со

случае, когда станции-концентраторы применяют оба радиоствола Р-МР в пассивной полосе при максимальном уровне мощности передатчика -3 дБВт. Однако уровень помех пассивным датчикам был бы еще ниже в случае ограничения общей мощности передачи по радиостволам станций-концентраторов значением -10 дБВт.

РИСУНОК 25

Результаты моделирования помех на основе мощностей передачи в зависимости от протяженности трассы Р-МР



5.3 Подвижная служба

Поскольку в настоящих исследованиях считалось, что применения ПС основаны на системах ПС с характеристиками, аналогичными характеристикам систем ФС Р-Р, соображения в отношении ослабления помех, рассмотренные в п. 5.2, распространяются на эти применения ПС.

6 Вывод

В настоящем Отчете представлены результаты нескольких исследований с использованием моделирования, выполненных с целью оценки возможных уровней помех, которые могут быть приняты приемниками ССИЗ (пассивной) в полосе частот 10,6–10,68 ГГц от станций ФС и ПС нескольких типов. В пункте 4.6 этого Отчета приводятся результаты настоящих исследований. В таблице 19 определяется диапазон уровней мощности для ФС и ПС, которые могут удовлетворять критериям Рекомендации МСЭ-R RS.1029, для различных моделей развертывания станций ФС и ПС и пассивных датчиков ССИЗ (пассивной), рассмотренных в исследовании. В таблице 20 указан процент зоны измерения пассивного датчика, где будет превышать допустимый уровень помех пассивному датчику, указанный в Рекомендации МСЭ-R RS.1029, для предполагаемых уровней мощности ФС и ПС, использованных в исследованиях.

В качестве возможных подходов ослабления или минимизации уровня помех были рассмотрены и оценены действия в отношении технических и рабочих характеристик датчиков ССИЗ (пассивной) и систем ФС и ПС. В таблице ниже определяются возможные ограничения технических и рабочих характеристик этих систем, которые могут способствовать совместному использованию полосы 10,6–10,68 ГГц ССИЗ (пассивной), ФС и ПС. Следует отметить, что при составлении этой таблицы была сделана попытка определить пределы, которые позволили бы установить надлежащее равновесие между недопущением чрезмерных ограничений активных служб и обеспечением достаточной защиты ССИЗ (пассивной).

ТАБЛИЦА 21

Возможные критерии совместного использования полосы 10,6–10,68 ГГц

ССИЗ (пассивная)	ФС	ПС
Угол падения $\leq 60^\circ$, где угол падения определяется как угол на поверхности Земли между местной вертикальной осью и центром луча антенны пассивного датчика	Угол места $\leq 20^\circ$	
Пространственная разрешающая способность ≤ 50 км, где пространственная разрешающая способность определяется как максимальное поперечное сечение контура луча антенны пассивного датчика по уровню -3 дБ на поверхности Земли	Максимальная мощность передатчика Р-Р: ≤ -15 дБВт, или ≤ -5 дБВт при АРМП 10 дБ Максимальная мощность передатчика Р-МР: ≤ -17 дБВт (станции-концентраторы) ≤ -10 дБВт (абонентские станции)	Максимальная мощность передатчика -17 дБВт
Использование главного луча $\geq 85\%$, где использование главного луча определяется как энергия (главная составляющая и составляющая кроссполяризации) в пределах области в 2,5 раза большей ширины луча по уровню -3 дБ, по отношению ко всей энергии в пределах всех углов	Максимальная э.и.и.м. станции-концентратора ≤ -4 дБВт	

Каждая из отдельных записей в этой таблице, например максимальная мощность, основана на моделях, предполагающих, что в активной службе не применяются никакие способы ослабления помех. Пределы, указанные в данной таблице, могут быть уменьшены, если применяются способы ослабления помех. Возможные способы ослабления помех включают в себя гибкую установку мощности (АРМП на 10 дБ), для того чтобы ослабить замирания, и использование высокопроизводительных направленных антенн. В таблице выше запись АРМП указывает, например, на случай использования АРМП на 10 дБ. Если системы используют АРМП, то максимальный предел мощности передатчика может быть увеличен на соответствующее значение АРМП, используемое в системе. Уровни помех ССИЗ (пассивной), указанные в результатах исследований с помощью моделирования, в которых использовались значения, приведенные в этой таблице, превышают допустимые критерии помех из Рекомендации МСЭ-R RS.1029 для некоторых моделей развертывания, применяемых в исследованиях совместного использования частот. Тем не менее такой результат считается приемлемым в отношении систем ССИЗ (пассивной), принимая во внимание необходимость нахождения справедливого распределения нагрузки при определении критериев совместного использования частот для служб, совместно использующих данную полосу.

7 Справочные материалы МСЭ-R

Рекомендация МСЭ-R F.758: Принципы разработки критериев совместного использования частот наземной фиксированной службой и другими службами.

Рекомендация МСЭ-R RS.1803: Технические и эксплуатационные характеристики пассивных датчиков спутниковой службы исследования Земли (пассивной) для упрощения совместного использования частот в полосах 10,6–10,68 ГГц и 36–37 ГГц с фиксированной и подвижной службами.