|  |  |
| --- | --- |
| **Всемирная конференция радиосвязи (ВКР-19) Шарм-эль-Шейх, Египет, 28 октября – 22 ноября 2019 года** | logo_R_ |
|  |  |
|  |  |
| **ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ** | **Документ 77-R** |
|  | **7 октября 2019 года** |
|  | **Оригинал: английский** |
|  | |
| Китайская Народная Республика/Российская Федерация/Папуа-Новая Гвинея | |
| Предложения для работы конференции | |
| ТЕХНИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, СВЯЗАННЫЕ С ВОПРОСОМ 9.1.1 ПУНКТА 9.1 ПОВЕСТКИ ДНЯ | |
| Пункт 9.1 (9.1.1) повестки дня | |

9 рассмотреть и утвердить Отчет Директора Бюро радиосвязи в соответствии со Статьей 7 Конвенции:

9.1 о деятельности Сектора радиосвязи в период после ВКР-15;

9.1 (9.1.1) [Резолюция **212 (Пересм. ВКР-15)**](#res_212) − Внедрение систем Международной подвижной электросвязи в полосах частот 1885−2025 МГц и 2110−2200 МГц

# 1 Введение

За исследования МСЭ-R по вопросу 9.1.1 пункта 9.1 повестки дня отвечают Рабочие группы 4C и 5D. Хотя обе Рабочие группы не смогли завершить подготовку запланированного Отчета МСЭ-R, содержащего технические исследования, к ВКР‑19, различные исследования дают четкое и последовательное представление о ситуации с помехами для каждого из рассмотренных сценариев. Документ, над которым работают обе Группы, в настоящее время занимает около 430 страниц, и в нем трудно ориентироваться тем, кто не принимал непосредственного участия в исследованиях; поэтому настоящий документ имеет целью дать краткое изложение основных выводов исследования помех.

В рамках этого пункта повестки дня рассматриваются четыре сценария помех, и на приведенном ниже рисунке представлен пример развертывания наземной системы IMT и спутниковой системы IMT в двух разных странах, не обязательно имеющих общую границу.



ТАБЛИЦА 1

Рассмотренные сценарии и ситуации с помехами

|  |  |
| --- | --- |
| Сценарий | Помехи/Комментарий |
| **A1** | Превышение на величину до 52,2 дБ – в настоящее время в РР не рассматривается |
| **A2** | Проблемы помех могут быть решены с помощью существующих положений РР о трансграничной координации |
| **B1** | Проблемы помех могут быть решены с помощью существующих положений РР о трансграничной координации с внесенными в них поправками (см. Приложение С) |
| **B2** | Проблемы помех могут быть решены путем включения нового координационного порогового уровня п.п.м. |

В приведенной выше Таблице 1 обобщены четыре изученных сценария, соответствующие ситуации с помехами, и способы решения проблемы помех (за исключением сценария A1). В настоящем документе рассматривается сценарий А1 (т. е. помехи от наземных базовых станций IMT спутниковым приемникам IMT в полосе 1980−2010 МГц), наиболее критичный сценарий, рассматриваемый в рамках этого пункта повестки дня, поскольку очень высокие уровни помех могут воспрепятствовать использованию полосы службой ПСС.

# 2 Технические исследования подтверждают наличие помех от базовых станций подвижной связи

Представленный в Таблице 2 простой анализ помех от одной базовой станции IMT показывает, что помехи превышают критерий защиты *I*/*N* для ПСС.

ТАБЛИЦА 2

Помехи различным спутниковым системам, создаваемые одной базовой станцией IMT

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Источник помех | Тип спутника | Превышение уровня (дБ) |
| Одна базовая станция IMT | LEO | 10,2 |
| MEO | 7,0 |
| HEO | 11,8 |
| GEO | 20,7 |

Детали расчета результатов, указанных в Таблице 2, приведены в приложении А.

Соответственно, суммарные помехи от базовых станций IMT превысят критерий защиты на очень большую величину. В приведенной ниже Таблице 3 обобщены результаты анализа помех, проведенного в исследованиях по этому пункту повестки дня, с использованием параметров и допущений, содержащихся в Рекомендации МСЭ-R M.2101 и Отчете МСЭ-R M.2292.

ТАБЛИЦА 3

Суммарные помехи различным спутниковым системам, создаваемые базовыми станциями IMT

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Источник помех | Тип спутника | Превышение уровня (дБ) |
| Несколько базовых станций IMT | LEO | 39,5 |
| MEO | 37,2 |
| HEO | 48,0 |
| GEO | 52,2 |

Для столь высоких уровней превышения критериев защиты систем ПСС не были определены эффективные меры по ослаблению их влияния, которые позволили бы устранить эти помехи посредством координации. Чрезмерные помехи могут возникать, когда страны, использующие наземную IMT и спутниковую IMT, имеют общую границу, а также когда они географически разделены тысячами километров.

Суммарные помехи ПСС от устройств UE (при максимальной э.и.и.м. UE 20 дБм/5 МГц) признаны достаточно слабыми.

# 3 Помехи от базовых станций IMT реальны – это подтверждают конкретные случаи помех

Измерение помех проводилось одним оператором ПСС, использующим выведенный на орбиту спутник MEO, работающий в полосах 2 ГГц ПСС. Сводные данные по измеренным уровням помех приведены в Таблице 4.

ТАБЛИЦА 4

Уровни помех, измеренные действующим спутником MEO

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Местоположение сфокусированного луча | Расстояние от зоны развертывания IMT (км) | Превышение уровня (дБ) |
| Мексика | 200 км | 36,0 |
| Западная Африка | 6 000 км | 20,7 |
| Соединенное Королевство | 5 000 км | 23,6 |
| Папуа-Новая Гвинея | 10 000 км | 26,7 |

Как видно из приведенной выше Таблицы 4, суммарные помехи от фактически развернутых наземных сегментов IMT на несколько порядков превышают критерий защиты от помех действующего спутника IMT для выборочных сфокусированных лучей, которые в совокупности охватывают большую часть поверхности Земли. Дополнительный материал по измерениям спектра представлен в Приложении B.

В отдельном случае в Бюро МСЭ в соответствии с процедурами Статьи 15 РР поступило сообщение о помехах зарегистрированному Соединенным Королевством спутнику ПСС, работающему в полосе 1980−2010 МГц.

# 4 Возможные меры по обеспечению сосуществования базовых станций IMT и спутников IMT

Одной из предложенных мер по обеспечению сосуществования базовых станций IMT и спутников IMT является установление предельно допустимого значения э.и.и.м. для базовых станций подвижной связи, работающих в полосе 1980−2010 МГц. Альтернативная эксплуатационная мера (вместо вышеуказанного предела э.и.и.м.), обеспечивающая сосуществование, заключается в том, чтобы соблюдать план размещения частот, согласно которому для передачи сигналов UE используется полоса 1980−2010 МГц, а для передачи сигналов базовых станций − 2170−2200 МГц.

В Рекомендации МСЭ-R M.1036-5 приведены несколько рекомендуемых планов размещения частот, включая планы B6 и B7. План B6 был бы естественным дополнением для тех администраций, у которых служба IMT уже внедрена в полосах частот 1920−1980 МГц и 2110−2170 МГц с использованием плана размещения частот B1[[1]](#footnote-1).

# 5 Заключение

Исследования МСЭ-R показали, что при использовании передатчиками наземных базовых станций IMT полосы 1980−2010 МГц спутники IMT испытывают очень высокие уровни помех. При использовании полосы 1980−2010 МГц для наземных IMT и спутниковых IMT в разных странах из-за очень высокого уровня помех возникают существенные проблемы для спутниковых приемников в этой полосе.

Теоретические исследования подтверждены фактическими измерениями уровней помех, которые показывают, что сегодня вредные помехи возникают в больших сегментах полосы 1980−2010 МГц. В связи с этим необходимо принять поправки к Регламенту радиосвязи для полосы 1980−2010 МГц, чтобы предотвратить невозможность использования этой полосы ПСС.

Введение пределов мощности для наземных базовых станций IMT в качестве предлагаемой или же эксплуатационной меры, ограничивающей использование полосы частот 1980−2010 МГц наземным сегментом IMT для передачи сигналов от оборудования пользователя на базовые станции, обеспечило бы адекватную защиту спутников IMT и сосуществование наземных служб и ПСС IMT. Предлагаемые решения также позволят администрациям при желании развернуть наземные сегменты IMT таким образом, чтобы они были совместимы со службами ПСС и соответствовали равному первичному статусу обеих служб.

ПРИЛОЖЕНИЕ A

Расчет помех, создаваемых спутнику ПСС одиночной базовой станцией IMT

В Таблице A1 приведены результаты расчета помех, создаваемых спутнику ПСС одиночной базовой станцией, в предположении, что базовая станция IMT и зона обслуживания ПСС находятся в разных странах.

ТАБЛИЦА A1

Помехи различным спутниковым системам от одиночной базовой станции IMT

| Параметр | БС – GEO | БС – LEO | БС – HEO | БС – MEO | Единицы изм. |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Центральная частота | 1 995 | 1 995 | 1 995 | 1 995 | МГц |
| Расстояние от спутника до БС | 41 402 | 2 430 | 51 500 | 13 912 | км |
| Угол места (от БС на спутник) | 2,5 | 30 | 5 | 15 | градусы |
| Потери передачи в свободном пространстве | 190,8 | 166,1 | 192,7 | 181,3 | дБ |
| Шумовая температура спутника | 27,6 | 29 | 29,0 | 26,0 | дБК |
| Пороговый уровень защиты *(I*/*N)* | –12,2 | –12,2 | –12,2 | –12,2 | дБ |
| Допустимая спектральная плотность мощности помех | –183,2 | –181,8 | –181,8 | –184,8 | дБм/Гц |
| Пиковое усиление антенны спутника | 50,6 | 23 | 44,8 | 30 | дБи |
| Усиление антенны спутника в направлении БС | 43,6 | 21 | 42,8 | 27 | дБи |
| Спектральная плотность мощности передачи линии вверх (с учетом потерь в фидере) | –27 | –27 | –27 | –27 | дБм/Гц |
| (43 дБм/5 МГц) | (43 дБм/5 МГц) | (43 дБм/5 МГц) | (43 дБм/5 МГц) |
| Усиление антенны БС в направлении спутника | 11,7 | 0,5 | 6,9 | 2,6 | дБи |
| Спектральная плотность э.и.и.м. помех БС | –15,3 | –26,5 | –20,1 | –23,4 | дБм/Гц |
| **Превышение уровня** | **20,7** | **10,2** | **11,8** | **7,0** | дБ |

Приложение B

Уровни помех действующему спутнику MEO

На следующих рисунках показана географическая протяженность измеренных помех, создаваемых излучением наземных линий вниз от развертывания наземного сегмента IMT в Северной Америке (Район 2) в диапазоне частот 1990−1995 МГц. Эти измерения были сделаны по принятым сфокусированным лучам с действующего спутника IMT на средней околоземной орбите (MEO). Рисунки в этом Приложении прослеживаются до соответствующих числовых значений превышения уровня помех, приведенных в Таблице 4 настоящего документа.

Кружки указывают положение спутника при каждом измерении, а цвет кружков – уровень превышения критериев защиты спутника в децибелах. Треугольник указывает местоположение центра сфокусированного луча, из которого были сделаны измерения помех.

График на Рисунке B1 ниже отражает измеренные помехи Западной Африке (Район 1), вызванные излучением по линии вниз наземной базовой станции IMT в Районе 2.

РИСУНОК B1

Измеренные помехи спутнику MEO IMT от сфокусированного луча над Западной Африкой



График на Рисунке B2 отражает измеренные помехи Папуа-Новой Гвинее (Район 3), вызванные излучением по линии вниз наземной базовой станции IMT в Районе 2.

РИСУНОК B2

Измеренные помехи спутнику MEO IMT от сфокусированного луча над Папуа-Новой Гвинеей



Оба приведенных выше графика наглядно показывают, что работа линии вниз наземного сегмента IMT создает значительные помехи линиям вверх спутникового сегмента IMT, даже когда соответствующие наземные и спутниковые развертывания разнесены на многие тысячи километров. Этот вывод подтверждает, что помехи от работы линии вниз наземного сегмента IMT, создаваемые для линии вверх спутникового сегмента IMT, представляют собой международную проблему, влияющую на глобальную техническую совместимость наземного и спутникового сегментов IMT в полосе 1980−2010 МГц.

Приложение С

Вывод значений параметров для Таблицы 7а Приложения 7

Чтобы рассмотреть сценарий помех B1, предлагается добавить в Приложение 7 соответствующие параметры цифровой модуляции, необходимой для определения координационного расстояния для передающей земной станции. Эти параметры основаны на характеристиках приемных базовых станций IMT в соответствии с Отчетом МСЭ-R M.2292. Это добавление поможет администрациям установить необходимые координационные расстояния. Различные параметры и расчеты приводятся в примечаниях к следующей таблице.

ТАБЛИЦА C1

Параметры, необходимые для определения координационного расстояния для передающих земных станций

| Название передающей службы космической радиосвязи | | Подвижная спутниковая | | Примечания |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Полосы частот (МГц) | | 1 980–2 025 | | – |
| Названия приемных наземных служб | | Фиксированные, подвижные | | – |
| Метод, который следует использовать | | пункт 1.4.6 | | – |
| Модуляция на наземной станции1 | | A | N | – |
| Параметры и критерии помех для наземной станции | *p*0 (%) | 0,01 | 20 | Процент времени, в течение которого помехи от всех источников могут превышать пороговую величину |
| *n* | 2 | 1 | Число эквивалентных равновероятных источников помех равного уровня, которые считаются некоррелированными для малых процентов времени |
| *p* (%) | 0,005 | 20 | Процент времени, в течение которого помеха от одного источника может превышать допустимое значение мощности помех; поскольку маловероятно, что помехи появятся одновременно, *р* = *р*0/*n* |
| *NL* (дБ) | 0 | 0 | Коэффициент *NL*является составляющей шума в линии. Для спутникового ретранслятора в нем учитывается шум в линии вверх, интермодуляция и т. д. В случае отсутствия записей в таблице предполагается, что:  *NL* = 1 дБ для фиксированных спутниковых линий  = 0 дБ для наземных линий |
| *Ms* (дБ) | 262 | 1 | для БС IMT *NF* = 5 дБ. Следовательно, *N* = −204 дБВт/Гц + 5 дБ = −199 дБВт/Гц.  Следовательно, исходя из *I/N* = –6 дБ, *I* = –205 дБВт/Гц или 169 дБВт/4 кГц  Так как *Pr*(*p*) = −169 дБВт/4 кГц, *Ms* = 1 дБ |
| *W* (дБ) | 0 | 0 | Если полезный сигнал является цифровым, *W* обычно равно или меньше 0 дБ, независимо от характеристик мешающего сигнала |
| Параметры наземной станции | *Gx* (дБи)3 | 492 | 16,1 | Усиление приемной антенны без учета потерь в фидере базовой станции IMT в направлении к земной станции ПСС |
| *Te* (K) | 5002 | 925 | Для БС IMT *NF* = 5 дБ и *N* = −199 дБВт/Гц  *Te* = 10^(*N*/10)/*k* = 925 K |
| Эталонная ширина полосы | *B* (Гц) | 4 × 103 | 4 × 103 | – |
| Допустимая мощность помехи | *Pr*(*p*) (дБВт) в полосе *B* | −140 | –169 | *k*: постоянная Больцмана (1,38 × 10–23 Дж/K)  *Те*: температура тепловых шумов приемной системы (в K) на выходе приемной антенны  *NL*: составляющая шума линии  *В*: эталонная полоса частот (в Гц), т. е. ширина полосы испытывающей помехи приемной станции, в пределах которой может быть усреднена мощность мешающего излучения  *р*: процент времени, в течение которого помеха от одного источника может превышать допустимое значение мощности помех; поскольку маловероятно, что помехи появятся одновременно, *р* = *р*0/*n*  *р*0: процент времени, в течение которого помехи от всех источников могут превышать пороговую величину  *п*: число эквивалентных равновероятных источников помех равного уровня, которые считаются некоррелированными для малых процентов времени  *Ms*: запас для учета характеристик линии (в дБ)  *W*: коэффициент эквивалентности теплового шума (в дБ) для мешающих излучений в эталонной полосе частот; он имеет положительное значение, если мешающие излучения вызывают большее ухудшение, чем тепловой шум |
| 1 А: аналоговая модуляция; N: цифровая модуляция.  2 Использованы параметры наземных станций, относящихся к тропосферным системам. Для определения дополнительного контура можно также использовать параметры радиорелейных систем прямой видимости, работающих в полосе частот 1668,4−1675 МГц     (ВКР-03).  3 Не включены потери в фидере. | | | | |

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

1. План размещения частот B1 МСЭ-R, или Полоса 1 3GPP, широко применяется. Сочетание планов размещения частот B1 и B6 МСЭ-R известно как Полоса 65 3GPP. [↑](#footnote-ref-1)