

НЕКОТОРЫЕ ИТОГИ ВКР-07 В ОБЛАСТИ СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ

Л.Я. Кантор

Главный научный сотрудник НИИР, д.т.н.

Состоявшаяся в 2007 г. Всемирная конференция радиосвязи (ВКР-07) приняла ряд решений, в значительной степени влияющих на дальнейшее развитие спутниковых систем связи и вещания [1]. Автор данной статьи старался не столько описывать мучительный процесс достижения согласия между делегациями стран-участниц конференции (их было более 150!) по решениям, определяющим использование ограниченного частотно-орбитального ресурса, что, вообще-то, само по себе интересно и поучительно, сколько сосредоточиться на существе принятых решений и их возможных последствиях для развития систем спутниковой связи.

Пересмотр Плана ФСС. Один из пунктов повестки дня был посвящен пересмотру Плана фиксированной спутниковой службы (ФСС), содержащегося в Приложении 30В Регламента радиосвязи. Основные положения этого Плана, в частности, принятые при его создании технические параметры, подробно описаны в [2]. Напомним лишь, что на его основании всем странам-членам МСЭ распределена значительная полоса частот 800 МГц на всем протяжении геостационарной орбиты (ГСО) в наиболее освоенных диапазонах частот С (4/6 ГГц) и Ku (11/13 ГГц), что в нынешних условиях перегрузки ГСО представляет собой чрезвычайно ценный ресурс.

Причиной пересмотра Плана было не формальное окончание срока его действия (План принят в 1988 г. не менее чем на 20 лет), а устаревшие технические параметры, не обеспечивающие создания современных экономически эффективных систем [1], а также недостатки процедуры последовательной обработки заявок, в результате чего возникла очередь примерно из 100 заявок, обработать которые можно только за 5–7 лет.

Отметим, что в соответствии с повесткой дня конференции пересмотр процедур, технических параметров и критериев совместимости следовало осуществлять при условии сохранения на тех же позициях всех плановых и дополнительных систем, заявленных в этой полосе частот. Изменение параметров могло касаться только плановых выделений, тогда как параметры всех плановых и дополнительных к Плану присвоенных, уже включенных в Список реализуемых систем, изменению не подлежали.

При пересмотре технических параметров прежде всего была сделана попытка уменьшить размер антенн земных станций, однако сразу же возникли противоречия, рассмотренные в [2]. Дело в

том, что без труда было согласовано уменьшение шумовой температуры земных (ЗС) и космических (КС) станций примерно в 2 раза (для ЗС – до 95 и 125 К в диапазонах С и Ku соответственно, для КС – до 500 и 550 К), и это вполне согласуется с современным уровнем техники. Кроме того, было решено снизить требуемое отношение сигнала к шуму C/N на входе приемника ЗС (с учетом шума на линиях "вверх" и "вниз") на 2 дБ – до 14 дБ, что более чем достаточно для демодуляции применяемых цифровых сигналов с высокой достоверностью. При этом даже сохраняется некоторый запас, позволяющий рассматривать отдельные варианты изменения параметров при реализации плановых выделений.

Указанные выше изменения привели к существенному снижению необходимой мощности полезного сигнала на входе приемников ЗС и КС, а следовательно – к ухудшению отношения сигнала к помехе C/I для плановых выделений. В этих условиях существенное сокращение размеров антенны ЗС (главная цель пересмотра технических параметров) оказалось невозможным, поскольку ухудшилось бы ситуация в еще большей степени. Многие делегации были озабочены сохранением достаточно высокого отношения C/I для своих плановых выделений. Необходимость этого отмечалась в документах конференции, представленных Россией. В результате путем последовательных приближений пришлось принять весьма незначительное уменьшение размеров антенн ЗС – с 7 до 5,5 м (С-диапазон) и с 3 до 2,7 м (Ku), и то лишь при снижении критерия C/I на

2 дБ, т.е. до 25 дБ для единичной помехи и до 21 дБ – для суммарной помехи от всех других плановых и дополнительных систем.

Отметим также принятое конференцией решение о введении в полосу частот Плана ФСС принципа *координационной дуги*, применяемого в неплановых полосах частот. В соответствии с этим принципом учитываются помехи только от систем, спутники которых находятся в пределах $\pm 10^\circ$ (С), $\pm 9^\circ$ (Ku). Данное решение позволяет несколько упростить расчет суммарной помехи при вводе новых систем в План, хотя и создает опасность, что не будет учтена помеха от некоторых удаленных систем, вносящих тем не менее заметный вклад в суммарную помеху.

Дополнительно установлено, что вновь вводимая в плановый диапазон частот система не должна превышать пределы по плотности потока мощности (ППМ) у поверхности Земли и на геостационарной орбите (вне координационной дуги), а также принятые отношения C/I для линий "вверх" (30 дБ) и "вниз" (26,65 дБ). Предполагается, что эти ограничения будут способствовать однородности систем в плановой полосе частот.

Затухание в осадках при составлении Плана рассчитывалось по новой Рекомендации МСЭ-Р 618-8 при условии обеспечения установленного критерия C/N с вероятностью 99,95% (С) и 99,9% (Ku). Однако необходимое для этого увеличение мощности передатчиков в случае большого затухания в дожде (для отдельных районов оно может превышать 25 дБ) было ограничено

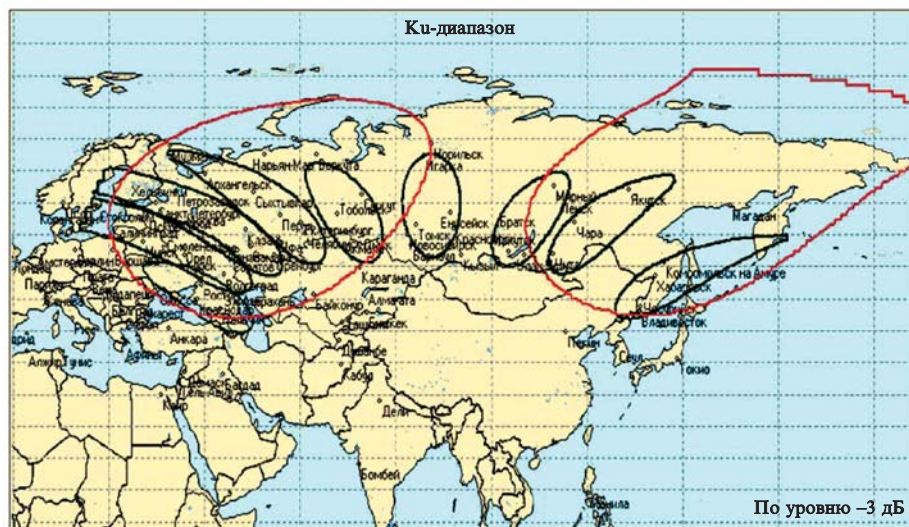


Рис. 1

величиной 8 дБ, что означает снижение готовности линии связи, если не применяется регулировка мощности передачи.

Предлагавшиеся некоторыми странами право введения в План систем с весьма низкой ППМ без всякой проверки на совместимость не было принято, поскольку подобные системы создали бы непреодолимые трудности обеспечения совместимости при заявлении систем со стандартными параметрами.

При разработке всех технических аспектов Плана принято, что все виды сигналов и сообщений передаются только в цифровой форме.

В текст Приложения 30В введено положение о порядке возвращения нереализованного по тем или иным причинам присвоения (или присвоения, использование которого Администрация решила прекратить) из Списка в состоянии обычного планового выделения. Установлено, что все параметры присвоения должны быть сохранены без изменений во избежание каких-либо проблем с совместимостью, кроме зон обслуживания, которые рекомендуется привести в соответствие с границами национальной территории.

На основании этого положения делегации РФ удалось добиться изменения зоны и параметров луча бортовой антенны для западной и восточной позиций российских выделений в Ku-диапазоне (61 и 138,5° в.д.), а именно, заменить множество узких лучей, необоснованно заявленных при попытке реализации системы "Руслан", широкими лучами эллиптического сечения. Контрольные точки для этих лучей взяты из заявки, направленной Администрацией РФ еще в 2005 г. и ожидавшей очереди на рассмотрение. Тем самым удалось обеспечить покрытие и защиту от помех всей территории РФ, в том числе Калининградскую область, и частично реализовать ранее поданную заявку Администрации связи России фактически в об-

ход очереди (в период конференции заявка РФ была примерно 70-й).

К сожалению, изменить параметры российских выделений в центральной позиции (87,7 и 88,1° в.д.) не удалось из-за взаимных помех с системой, заявленной "Евтелсатом" в близкой позиции, которую последнему удалось успешно скоординировать благодаря правильно выбранному контрольным точкам ранее заявленной РФ системы "Зеркало". Получившееся в результате покрытие территории России выделениями Плана ФСС со всех трех позиций показано на рис. 1 и 2. Уменьшения C/I по сравнению с прежним Планом не произошло, установленное конференцией отношение C/N выполняется с запасом во всех контрольных точках.

В целом внесенные конференцией изменения технических параметров следует признать полезными. Они несколько приблизили параметры плановых систем к экономически оптимальным и облегчили при этом ввод в плановую полосу частот дополнительных систем, которые и будут основными пользователями этого частотного ресурса.

Изменение процедур рассмотрения заявок. Сохранен принцип построения Плана – разделение на собственно План выделений и Список присвоений плановых или дополнительных заявленных систем, реализация которых осуществляется или завершена.

Наиболее радикальное изменение заключается в замене последовательной процедуры рассмотрения заявок Бюро радиосвязи МСЭ на включение в Список непоследовательной процедурой. Теперь Бюро не принимает решение о включении или об отказе от включения в Список при рассмотрении каждой заявки, а лишь проверяет соответствие ее некоторым обязательным условиям, определяет список затронутых Администраций и публикует сведения о заявке. Дальнейшая работа по достижению сов-

местимости с затронутыми системами является делом самой Администрации и не имеет ограничений по времени. Процедура стала по существу подобной координационной процедуре, обычной для неплановых диапазонов частот, а также процедуре рассмотрения заявок, принятой в Плане РСС (Приложения 30, 30А Регламента).

Преимуществом непоследовательной обработки является возможность сравнительно быстро ликвидировать очередь заявок, ожидающих рассмотрения Бюро. Однако последующая процедура координации, как показывает опыт, может занять годы, так что время от подачи заявки до регистрации системы вряд ли уменьшится. Реальное преимущество получают развитые страны или спутниковые операторы с хорошо налаженной службой международной координации. Администрации связи России необходимо обратить особое внимание на защиту плановых выделений, за "спиной" которых пока нет заинтересованного отечественного оператора.

Второе существенное процедурное изменение – замена четырех различных процедур рассмотрения заявок разных категорий (преобразование выделения в присвоение с изменением или без изменения параметров, субрегиональные системы, дополнительные системы) единой процедурой. Фактически некоторые особенности процедуры для плановых выделений сохранены, но все остальные дополнительные системы рассматриваются совершенно одинаково. Формально это изменение означает упрощение процедуры. По существу же переход к единой процедуре исключил возможность введения тех или иных ограничений для определенных категорий систем.

В принятой процедуре нет никаких реальных ограничений по числу систем, заявляемых одной Администрацией, по размерам зоны покрытия заявляемой системы, по включению в заявляемую дополнительную систему территории любого числа стран (при условии их обязательного и явно выраженного согласия – на этом делегации РФ удалось настоять) без исключения из Плана (или приостановки реализации) выделений этих дополнительно включаемых стран. Имеется лишь декларативный пункт 2.6bis, в соответствии с которым администрациям предлагается "...избегать использования нескольких позиций на орбите для покрытия одной и той же зоны обслуживания". Как было отмечено во время конференции по специальному запросу Бюро радиосвязи, никаких конкретных действий со стороны Бюро этот пункт за собой не влечет. Следовательно, имевшая место практика захвата огромного орбитального ресурса несколькими странами никаким ограничениям не подвергнута.



Рис. 2

Некоторым ограничением для заявления "бумажных" систем является решение об обязательном применении ко всем включаемым в Список системам Резолюции 49. Напомним, что эта Резолюция обязывает страну-заявителя предоставлять в МСЭ документально подтвержденную информацию о ходе реализации заявленной системы.

Весьма важным для Администрации связи России был вопрос о так называемых *существующих* системах. Этим термином обозначались системы, уже заявленные в МСЭ в плановых полосах частот до разработки Плана ФСС в 1988 году. Тогда было решено записать эти системы в отдельный список – часть В Плана, и ограничить срок их действия 2010 годом. К началу ВКР-07 часть В Плана оказалась пустой – все эти системы либо реализованы и занесены в Список присвоений, либо ликвидированы, и было не очевидно, относится ли к реализованным системам решение ВКР-88. Однако делегации ряда стран полагали, что "существующие" системы должны прекратить действие в 2010 году. В сохранении права использования "существующих" систем и после 2010 г. Россия была заинтересована, так как большинство сохранившихся в Списке присвоений "существующих" систем заявлены Администрацией связи РФ.

Отметим, что разработанный в 1988 г. План обеспечивал защиту всех плановых выделений от помех со стороны "существующих" систем, тогда как последние принимали на себя помехи от плановых выделений, какими бы они ни были. Практика применения плановых процедур показала, что все дополнительные системы заявляются в плановую полосу частот на точно таких же условиях, так что для дискриминации "существующих" систем нет оснований.

В результате долгой дискуссии было принято решение об исключении из Плана части В и принята Резолюция о "существующих" системах, дающая право использовать их далее и при необходимости продлевать срок действия.

В действующем Плате, естественно, не были предусмотрены выделения для ряда стран – новых членов МСЭ, не существовавших в 1988 г., например, бывших республик Югославии и СССР. Был предусмотрен порядок обращения новых стран в МСЭ за получением плановых выделений. Некоторые новые страны направили соответствующие заявки, и часть из них даже смогла получить выделения. Рассмотрение таких заявок производилось в порядке общей очереди. Однако более 20 стран-членов выделений не имеют, полный пересмотр Плана не входил в повестку дня ВКР-07, да и выполнить его вряд ли возможно при большом количестве вновь заявленных дополнительных систем. В связи с этим в План включено

положение (пункт 7.5 Приложения 30В) о внеочередном рассмотрении Бюро заявок новых членов на получение выделений. Однако достижение координации остается за заявившей Администрацией, т.е. фактически существенного облегчения ситуации для новых членов не произошло. В План включены новые положения, позволяющие производить модификацию параметров уже включенных в Список присвоений.

Пересмотр пределов ППМ в полосе частот 17,7...19,7 ГГц для систем со спутниками на высоких эллиптических орбитах (ВЭО) с большим углом наклона. До начала ВКР-07 для таких спутниковых систем действовали те же ограничения по ППМ у поверхности Земли, что и для геостационарных спутников в той же полосе частот, а именно: -115 дБ/Вт/м^2 при углах прихода луча от 0 до 5° ; -105 дБ/Вт/м^2 при углах прихода от 25 до 90° при линейном изменении допустимой ППМ в диапазоне от 5 до 25° . А поскольку спутники на ВЭО обычно работают в далекой от ГСО части небосвода, положение Регламента радиосвязи о необходимости отводить антенну станций наземной фиксированной службы (ФС) от ГСО в данном случае не помогает. Поэтому возникает опасность создания больших помех станциям ФС, что привело к ужесточению на ВКР-03 норм для спутников на ВЭО в других диапазонах частот. Однако в диапазоне $17,7...19,7 \text{ ГГц}$ действует ограниченное число систем ФСС-ВЭО весьма своеобразной конфигурации, с очень узкими и перенацеливаемыми лучами спутниковых антенн. Эти особенности рассматривались заинтересованными странами как основание для сохранения действующих норм ППМ.

В НИИ Радио было осуществлено полное электронное моделирование всех систем ФСС-ВЭО, заявленных к началу исследовательского периода (2003 г.), и расчет вероятности возникновения недопустимых помех станциям ФС [3, 4]. Показано, что вероятность возникновения неприемлемых помех существует, но невелика, в том числе на территории Северного полушария и особенно на территории России.

В результате компромисса ВКР-07 решила внести изменения в Таблицу 21-4 Регламента, ужесточив норму ППМ для систем ФСС-ВЭО в полосе $17,7...18,7 \text{ ГГц}$ всего на 5 дБ при углах прихода от 0 до 3° для всех систем, заявляемых после 2003 г., за исключением тех, которые сохранили параметры, заявленные до 2003 года.

Идентификация дополнительных полос частот для перспективных систем подвижной связи. Эта проблема в настоящей статье затрагивается потому, что впервые в поисках частотного ресурса для быстро развивающихся систем подвижной связи было обращено внима-

ние на полосы частот, выделенные Регламентом для ФСС. В результате длительной тяжелой дискуссии, несмотря на резкие возражения ряда стран, широко использующих частоты С-диапазона ($4/6 \text{ ГГц}$) для ФСС, на конференции было принято примечание 5.AAA (номер временный) о повышении статуса подвижной службы в большинстве стран Европы и Африки. В соответствии с этим примечанием полоса $3400...3600 \text{ МГц}$ в этих странах распределена подвижной (за исключением воздушной подвижной) службе на первичной основе и определена (идентифицирована) для Международной подвижной связи (ИМТ). Однако это определение ограничено условием получения согласия затронутых Администраций и не препятствует использованию этой полосы какими-либо другими службами, которым она распределена (а это ФСС и ФС), и не устанавливает приоритета в Регламенте радиосвязи.

На этапе координации применяются положения Регламента 9.21, 9.17 и 9.18. Прежде чем ввести в действие станцию подвижной службы в этой полосе (базовую или подвижную), Администрация должна обеспечить ППМ на высоте 3 м над уровнем земли не выше $-154,5 \text{ дБВт/м}^2 \cdot 4 \text{ ГГц}$ более 20% времени на границе территории любой другой администрации. Этот предел может быть превышен на территории любой страны при согласии на это ее Администрации. Станции подвижной службы в полосе $3400...3600 \text{ МГц}$ не должны требовать большей защиты от КС, чем предусмотрено в Таблице 21-4 Регламента радиосвязи. Это распределение действует с 17 ноября 2010 года.

Отметим, что указанный выше предел ППМ, по нашему мнению, недостаточен для защиты от помех земных станций ФСС, прежде всего потому, что не учитывает необходимость соблюдения действующих критериев защиты от кратковременных помех. Вопрос, несомненно, следует дополнительно изучить, принимая во внимание, что время покажет, каковы реальные потребности развития системы ИМТ, и действительно ли необходимо занять полосу частот ФСС, столь необходимую ряду стран именно для ФСС.

Заметим, что в повестке дня ВКР-07 был еще один пункт, касающийся спутниковой связи – о выделении полосы частот для *глобальной системы широкополосного спутникового Интернета*. Суть этой довольно интересной идеи заключается в ликвидации так называемого цифрового разрыва между развитыми и развивающимися странами. Однако полосу частот предполагалось отнять у Плана ФСС, что затрагивало интересы всех стран без исключения.

Анализ проблемы показал, что подобную систему можно создать без какого-либо изменения распределения

частот, в том числе с использованием присвоенных Плана ФСС на национальных участках глобальной сети. Поэтому вопрос был закрыт без какого-либо пересмотра распределения частот. Однако идея создания широкополосного спутникового Интернета остается весьма привлекательной, особенно в условиях России, и в некоторой степени реализуется (например, для школьного Интернета).

О подготовке к конференции 2011 года. ВКР-07 приняла повестку дня следующей, намеченной на 2011 г. конференции, что очень важно, так как ее вопросы составят основное содержание всех работ исследовательских комиссий МСЭ в предстоящий период. В данной повестке, впервые за много лет, проблемы спутниковой связи не являются доминирующими. Тем не менее следует обратить серьезное внимание на пункт, посвященный использованию полосы 21,4...22,0 ГГц. Ранее в этой полосе планировалось разработать еще один План РСС, предназначенный для реализации систем передачи телевидения высокой четкости. Однако разработка Плана пока не состоялась, программы телевидения высокой четкости благодаря успехам цифровой обработки изображений оказалось возможным передавать на более низких частотах, без создания специального широкополосного канала.

В то же время в полосе 21,4...22 ГГц заявлялись системы на основе временной процедуры, и число таких заявок составило уже несколько сотен. Возможность и целесообразность разработки и принятия Плана в такой ситуации сомнительна. Следует учитывать, что системы в этой полосе частот будут дороже,

из-за большого затухания сигналов в осадках, да и вообще всякий План представляет собой замораживание частотного ресурса.

Насколько известно, в настоящее время в России нет планов заявления и реализации систем в этой полосе частот, хотя потребность в увеличении частотного ресурса действующего Плана РСС для Европейской части России ощущается. В этой ситуации закрепление национального ресурса с помощью планового распределения представляется желательным. Очевидно, что вопрос требует тщательного изучения.

Отметим также, что в повестке дня будущей конференции есть пункты, касающиеся увеличения полосы частот для систем подвижной спутниковой связи (ПСС), в том числе для так называемых гибридных систем, в которых совмещены средства наземной и спутниковой подвижной связи. Это, возможно, означает, что интерес к системам ПСС, утерянный после экономических неудач систем "Иридиум", "Глобалстар" и др., возрождается. Впрочем, вполне вероятно, что имеется в виду попытка расширить полосу частот ПС за счет ПСС.

И последнее замечание. В повестке дня ВКР-11 предусмотрен пункт, призывающий "...принять надлежащие меры с целью совершенствования международной регламентарной структуры", т.е. Регламента радиосвязи. Действительно, лежащая в основе Регламента классификация служб явно не соответствует действительности. Очевидно, что произошло смешение функций подвижной и фиксированной служб, в области спутниковой связи стерлась грань между вещательной спутниковой и фиксирован-

ной спутниковой службами. В то же время эти службы регламентируются различными положениями, им распределены различные полосы частот, национальные распределения частот всегда в той или иной степени соответствуют международному Регламенту. Ситуация может быть поправлена путем корректировки (обобщения) определений служб, но рассматриваются и более радикальные подходы, затрагивающие распределение полос частот между службами, что чревато трудно предсказуемыми последствиями.

В заключение отметим, что вопросы распределения частот между радиослужбами становятся все более трудно разрешимыми и требуют повышенного внимания Администрации связи, поскольку в ряде случаев из-за этих проблем создаются реальные преграды развитию современных технологий связи.

ЛИТЕРАТУРА

1. World Radiocommunication Conference (WRC-07). Provisional Final Acts. ITU, Radiocommunication Sector.
2. Кантор Л.Я. О технических параметрах Плана фиксированной спутниковой службы// Труды НИИР. – 2007. – № 2.
3. Бачкова С.А., Гурьянов И.О., Кантор Л.Я., Рыков А.В., Смирнова Т.В. Совместимость спутниковых систем связи на высокой наклонной орбите с наземными радиосистемами// Электросвязь. – 2006. – № 1.
4. Бачкова С.А., Гурьянов И.О., Кантор Л.Я., Рыков А.В., Смирнова Т.В. Проблема совместимости спутниковых систем связи на высокой наклонной орбите с наземными радиосистемами// Труды НИИР. – 2006.