

Опыт и практика

Experience and Practice

Г. Высоцкий

"Болезней тысячи — здоровье одно", или Спутниковое телевидение и промышленные помехи

Часто приходится сталкиваться с некорректной работой спутниковых приемных систем из-за воздействия внешних промышленных помех. Число РЭС — потенциальных источников помех увеличивается, и актуальность проблемы растет, особенно в крупных городах. Действия владельцев приемных систем по борьбе с помехами чаще продиктованы интуицией, чем логикой. Со стороны такие действия выглядят, как ритуалы африканской религии вуду: хождение вокруг антенны с металлическими предметами разных размеров, хождение с самой антенной на руках, приделывание к облучателю всевозможных конструкций из жести и т.п. Иногда они дают результат, однако, происходит это случайно. Значит, времени теряется масса, а шансы на успех невелики.

Следует сразу сказать, что задача эта сложная и не всегда имеет решение. К ней применима формула из жутковатой фантастической повести Семена Слепынина "Звездные берега": "Болезней тысячи — здоровье одно". Все исправно работающие системы работают абсолютно одинаково. У каждой некорректно работающей системы своя индивидуальная проблема. Соответственно, нет единого рецепта для "лечения" всех "болезней". В каждой конкретной ситуации необходимо сначала провести диагностику, опираясь как на "клинику" самой системы, так и



Фильтр ЦКБА (г. Омск) с облучателем и конвертером California Amplifier mod. 140105-1



Узкополосный волноводный фильтр

на анализ внешних факторов. Только, имея более или менее точный "диагноз", можно осознанно применять те или иные приемы, использовать те или иные инструменты.

Прежде всего, необходимо убедиться, что проблема действительно вызвана помехой. Дефекты изображения и звука при воздействии помех, в общем, такие же, как и при слабом сигнале: от периодического "заикания" звука и "рассыпания" картинки до полной невозможности приема. Следует проверить, что размеры антенны достаточны для приема нужного сигнала в данной географической точке, что антенна не имеет механических дефектов, правильно собрана и точно настроена, а электронное оборудование исправно. Если эти условия не соблюдены, то причина некорректной работы уже налицо, искать другие причины преждевременно, следует сначала устранить первую. Легко обнаружить помеху, если есть прибор с анализатором спектра, например, MS-377 фирмы Promax (Испания) или подобный. При малом перемещении антенны спектр спутникового сигнала меняется, спектр помехи — остается прежним, спектрограмма спутникового сигнала неподвижна, в то время как отметка помехи может перемещаться по диапазону и изменяться по уровню.

Затем нужно попытаться идентифицировать источник помех. Очень часто помехи создаются радиолокационными станциями (РЛС). До сих пор широко используются импульсные РЛС — это "идеальные постановщики помех" для спутниковых приемных систем. Мощность РЛС в импульсе может достигать нескольких МВт, частоты излучения могут располагаться непосредственно в диапазоне С или рядом с ним. Кроме того, иногда частота меняется от импульса к импульсу. Главный отличительный признак помехи от РЛС — периодичность и время проявления. Дефекты наблюдаются с периодом 10-25 с, в этих пределах варьируется период вращения антенн РЛС. Если, кроме того, неподалеку находится аэродром, и проблемы с приемом совпадают по времени с полетами самолетов, можно с уверенностью утверждать, что именно РЛС является источником помех.

Могут мешать приему станции радиорелейных линий (РРЛ). Они тоже иногда используют частоты диапазона С и даже Ku. В отличие от РЛС, передающая антенна РРЛ излучает непрерывные сигналы с довольно узким спектром, поэтому помеха от РРЛ поражает не весь диапазон, а только его отдельные участки. Следует проверить прием сигналов нужного или соседнего спутника на разных частотах. Если столь же сильные и даже более слабые сигналы на других частотах принимаются нормально, а нужный сигнал нет, вероятно, что нужная частота поражена помехой РРЛ. "Внешний" признак — наличие башни, фермы, мачты с параболическими или рупорными антеннами. Особенно сильные помехи создают РЛС с перископными антенными системами. Такая система представляет собой два плоских металлических зеркала, одно расположено наверху башни, второе — у подножия. Сигнал передатчика поднимается вверх не по волноводу, а в открытом пространстве, от нижнего зеркала к верхнему. Если под рукой есть аналоговый ресивер, можно попробовать сканировать диапазон. Сигнал телевизионной "релейки" примется, как спутниковый. Параметры модуляции в РРЛ и аналоговом спутниковом телевидении отличаются, поэтому картинка будет далека от идеала, однако, вполне читаема.

Если дефекты изображения наблюдаются на разных частотах и постоянно, либо в случайные моменты времени без какой-либо периодичности, следует обратить внимание на индикаторы качества сигнала в меню и/или на дисплее ресивера. Если качество стабильно низкое и постоянно, скорее всего, ваша система неисправна или плохо настроена. Если дефекты появляются при хорошем качестве по индикатору, или качество "скачет", скорее всего, вы имеете дело с помехой. Источники таких помех могут быть средства связи, в том числе мобильной, промышленная и медицинская СВЧ-аппаратура и множество других устройств. Их трудно идентифицировать, тем более "вычислить" конкретное устройство, создающее проблемы. Тем не менее, можно локализовать источник по направлению и по частотному диапазону.

Помехи в С/Ку диапазонах

Не очень удобный, но самый эффективный способ избавиться от влияния помех в С/Ку диапазонах — перенос антенны в такое место, где она оказывается закрытой от источника помех естественными препятствиями или строениями. Найти место для антенны намного проще, если источник помех однозначно идентифицирован.

Случай из практики. В конце 1990-х гг. метеослужба аэропорта "Кольцово" (г. Екатеринбург) испытывала проблемы с приемом карты погоды со спутника. Карты передавались на одной из поднесущих звука аналоговых программ ОРТ и РТР, которые транслировались 6-ми транспондерами спутников "Горизонт" и "Экспресс". Для приема использовался обычный аналоговый ресивер, к звуковому выходу которого подключался специальный приемник "ИГП". До недавнего времени точно так же передавались изображения газетных полос в системе децентрализованной печати газет. Во время посадки самолетов включалась РЛС, которая срывала прием полностью. Антенну пришлось перенести за угол здания, и проблемы отпали полностью.

Очень часто перенос антенны по тем или иным причинам невозможен или крайне нежелателен. В справочнике "1996/97 World Satellite Yearly" (Baylin Publications, 1996), например, описывается метод защиты антенны от помех, который заключается в возведении вокруг нее искусственных экранов из проволочной сетки или щитов, оббитых жестью. Достоверных сведений о том, что таким образом были решены проблемы с помехами где-либо в нашей стране, нет.

Существует мнение, что избавиться от помех поможет заземление антенны или даже отдельных ее элементов: облучателя, рефлектора и т.п. Это заблуждение. На спутниковых частотах индуктивность заземляющего проводника делает его практически изолятором. Заземлять антенну нужно, кроме того, если к системе предъявляются особые требования по надежности, следует прокладывать отдельный кабель для выравнивания потенциалов антенны и внутреннего оборудования. Но делается это в целях безопасности и защиты от молний, на помехи подобные мероприятия никак не влияют.

Если сигнал принимается "почти хорошо" и воздействие помех приводит к незначительным дефектам, иногда удается избавиться от них, используя более качественное оборудование. В общем случае качество приема так или иначе зависит от отношения мощности сигнала к мощности шумов на входе приемника в его полосе пропускания (C/N), а помеху можно рассматривать как частный случай шума. Повышая C/N , мы тем самым надежнее защищаем сигнал от помехи. Прямой путь увеличения C/N — увеличение размера антенны. При этом возрастают ее направленные свойства. Поэтому, с одной стороны, увеличивается мощность полезного сигнала, с другой — уменьшается мощность помехи. Однако увеличение диаметра ведет к неадекватному росту стоимости всей системы. Кроме того, избавиться от мощной помехи, источник которой располагается относительно близко, не удастся.

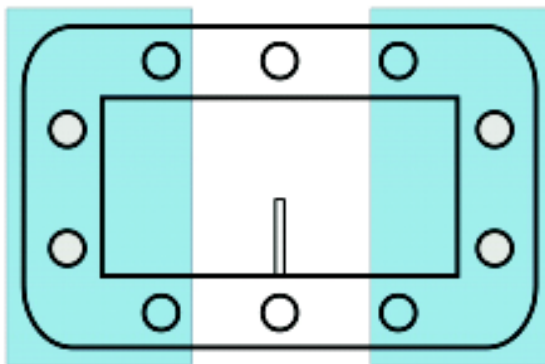
Второй способ увеличения "запаса по качеству" не связан с отношением C/N , но, тем не менее, очень эффективен — это использование конвертеров с более "острым" распределением фазовых шумов гетеродина. Частота гетеродина конвертера может медленно изменяться в пределах 1-3 МГц из-за изменений температуры, давления и влажности окружающей среды. Такие изменения практически не оказывают влияния на прием, они компенсируются системой автоматической подстройки частоты (АПЧ) ресивера. Кроме того, из-за случайного теплового движения носителей зарядов в микроскопических компонентах конвертера частота гетеродина претерпевает незначительные быстрые изменения (флуктуации) вокруг номинальной частоты. Поскольку частота сигнала на выходе конвертера равна разности входной частоты и частоты гетеродина (в диапазоне С — наоборот), выходная частота конвертера также флуктуирует. В цифровом спутниковом телевидении используется четырехпозиционная относительно-фазовая

манипуляция (QPSK, Quadrature Phase Shift Keying), при которой информацию несет фаза сигнала. Ресивер производит анализ изменения фазы несущей через промежутки времени, определяемые символьной скоростью. Для этого в тюнере ресивера формируется опорный сигнал, когерентный с входным сигналом — частота его точно равна частоте входного, а фаза не изменяется. Через одинаковые промежутки времени, равные длительности одного символа, ресивер сравнивает фазу входного и опорного сигналов. Если фаза совпадает, демодулятор фиксирует прием логического "нуля", если отличается на 180° — прием логической "единицы". Даже небольшое изменение частоты приводит к тому, что изменяется фаза сигнала, причем это изменение растет от периода к периоду — появляется набег фазы. Если набег превышает 45° , происходит прием ошибочного символа. Таким образом, в приемной системе присутствует дополнительный источник цифровых ошибок, количество которых не зависит от отношения сигнал/шум на входе и определяется только характеристиками конвертера. Набег фазы тем больше, чем больше отклонение частоты гетеродина от номинала, и чем больше время между двумя последовательными анализами фазы, то есть чем меньше символьная скорость цифрового потока. Именно поэтому проблема фазовых шумов особенно актуальна для приема сигналов с малыми скоростями. Чтобы количественно оценить фазовый шум гетеродина конвертера, на его вход подают немодулированную несущую. Из-за флуктуаций частоты гетеродина мощность выходного сигнала не концентрируется на одной промежуточной частоте, а распределяется в некоторой небольшой области частот вокруг нее. Отношение мощности сигнала на частоте, отстоящей от номинальной частоты на 1 кГц, на 10 кГц, и на 100 кГц, к мощности сигнала на номинальной частоте, выраженное в децибелах, и принято считать уровнем фазового шума. Например, запись $-95\text{dBc}/\text{Hz}@10\text{kHz}$ означает, что мощность, измеренная в полосе 1 Гц на частоте, отстоящей от номинальной на 10 кГц, на 95 дБ меньше, чем мощность, измеренная в полосе 1 Гц на номинальной частоте. Чем "острее" распределение фазовых шумов конвертера, то есть чем ниже значения фазового шума при равных условиях измерения, тем лучше будет работать конвертер. Низкие значения фазовых шумов имеют конвертеры, которые в нашей стране принято называть "профессиональными" — производства компаний Norsat (Норвегия), Swedish Microwave AB (Швеция), California Amplifier (США).

Случай из практики. Одна из городских телекомпаний Екатеринбурга ретранслирует программу "MTV-Russia" со спутника "Ямал-102" 90? в.д. Точка приема располагается в центре города, в прямой видимости трех телебашен, то есть в месте наибольшей концентрации вероятных источников помех. По причинам нетехнического характера телекомпания пришлось заменить приемную систему НПО "Кросна" с антенной диаметром 2.0 м на офсетную антенну "Супрал" СТВ-1.8-11 с "бытовым" конвертером ASTRX. Качество приема заметно снизилось, что, в свою очередь, привело к видимым проявлениям влияния помех. После замены конвертера на California Amplifier mod. 140105-1 количество цифровых ошибок (BER) по шкале ресивера NDS System-3000 уменьшилось на порядок, а дефекты изображения и звука исчезли.

Некоторые особенности имеют способы отстройки от помех приему в диапазоне С, создаваемых РЛС и РРЛ. Физическая сущность воздействия таких помех на приемную систему — перегрузка конвертера. Конвертер можно рассматривать как усилитель. Как и любой усилитель, он имеет определенный коэффициент усиления и определенный максимальный выходной уровень. Как правило, частота помехи

Схема установки заслонок на стыке фланцев



располагается довольно далеко от частоты сигнала, возможно, даже вовсе за пределами диапазона С. Однако из-за того, что мощность помехи велика, она все равно проникает на вход конвертера и перегружает его, выводя в нелинейный режим. Пока мощность на выходе конвертера не достигает максимального уровня, увеличение входного сигнала приводит к увеличению сигнала на выходе, выходной сигнал линейно зависит от входного. Как только достигается максимальный выходной уровень, мощность на выходе конвертера перестает расти, как бы не увеличивался сигнал на его входе — вместо линейной зависимости наблюдается нелинейная. В таком режиме конвертер генерирует массу комбинационных продуктов, частоты которых могут располагаться где угодно по всему диапазону. Задача — не дать конвертеру перегрузиться, сохранить линейный режим его работы.

"Прямой" путь — использовать конвертер с наибольшим значением максимального выходного уровня. Неплохие показатели, например, у конвертера California Amplifier mod. 140105-1: +10 dBm (118,75 дБмкВ) против +3 dBm (111,75 дБмкВ) у типичного "бытового" конвертера (SLT-17 фирмы PBI, КНР). Однако такая замена помогает лишь в редких случаях, когда мощность помехи относительно невелика.

Другой путь — еще на входе конвертера максимально ослабить помеху, сохранив, по возможности, полезный сигнал. Один из способов — изменение направления поляризации конвертера. Если помеха поляризована линейно, можно отстроиться от нее, поворачивая конвертер вокруг своей оси. Сигналы наиболее интересных российских телезрителю спутников диапазона С имеют круговую поляризацию, и для их приема угловое положение конвертера безразлично. Однако в этом случае необходимо удалить из облучателя пластинку — деполяризатор. При этом, как минимум, полезный сигнал уменьшится вдвое, а, возможно, полезные сигналы с разной поляризацией и близкими частотами будут мешать приему друг друга. Поэтому такой способ можно рекомендовать только при хорошем запасе усиления антенны. Если оставить деполяризатор, существенно ослабить помеху не удастся. Действительно: если сориентировать конвертер так, чтобы направление приемного штыря (зонда) было перпендикулярно направлению поляризации помехи, то пластинка-деполяризатор окажется под 45° к этому направлению. В результате линейно поляризованная помеха приобретет в волноводе круговую поляризацию и примется на любой зонд с ослаблением всего в два раза (3 дБ). Если сориентировать конвертер так, чтобы направление пластинки совпадало с направлением поляризации помехи, то помеха останется поляризованной линейно. Но в этом случае сам приемный зонд окажется под углом 45° к направлению поляризации помехи, и она так же примется с ослаблением всего 3 дБ.

Пожалуй, единственное предприятие в нашей стране, профессионально занимающееся разработкой технических решений для устойчивого приема спутникового телевидения в условиях промышленных помех — Омское ФГУП "Центральное Конструкторское Бюро Автоматики". Основная деятельность ЦКБА — разработка и производство радиоэлектронных устройств СВЧ для летательных аппаратов. Много лет специалисты предприятия сотрудничают с предпринимателем С. И. Свириным (ООО "Омские спутниковые коммуникации"), и за это время помогли ему успешно решить проблемы помех на десятках приемных станций. Как рассказал ведущий инженер отдела антенно-фидерных устройств О. И. Кудрин, для каждой конкретной системы на основе анализа ситуации разрабатывается своя стратегия борьбы с помехами. Мероприятия по снижению влияния помех проводятся по трем основным направлениям.

Первое направление — оригинальная разработка ЦКБА — "компенсационная антенна". Эта технология используется, если источником помех является РРЛ, а сама помеха представляет собой непрерывный сигнал, частота которого лежит в рабочем диапазоне конвертера или рядом с ним. Суть решения: непосредственно рядом с приемной антенной устанавливается еще одна небольшая антенна, которая специально настраивается для приема помехи с максимальной мощностью. Сигнал с компенсационной антенны через дополнительный зонд вводится в облучатель основной антенны. Электрическая длина линии передачи выбирается такой, чтобы помеха, принимаемая основной антенной, и та же помеха, принимаемая компенсационной антенной, складывались в противофазе. Система еще находится на ста-



Конвертер диапазона С со снятой крышкой. Виден винт регулировки частоты

дии доводки, но стабильные положительные результаты ее использования уже получены. Оборудование получается довольно сложным и дорогим, однако, это единственный эффективный способ подавления помехи для ситуации, когда частота помехи точно совпадает с частотой сигнала — различные фильтры в этом случае бесполезны.

Второе направление связано с изменениями формы диаграммы направленности антенны, прежде всего, с уменьшением уровня боковых лепестков. Для этого уменьшается ширина диаграммы направленности облучателя. Простейший пример такой доработки: на осесимметричную антенну устанавливается облучатель для офсетной антенны, с меньшим углом облучения. В результате поверхность антенны используется менее эффективно, уменьшается усиление антенны, зато снижается уровень боковых лепестков ДН по отношению к основному.

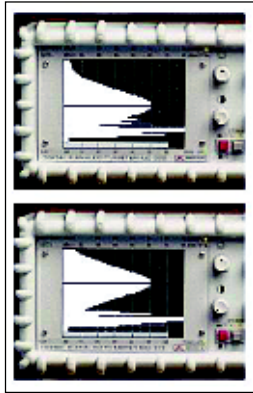
Антенна становится менее чувствительна к помехам, приходящим с направлений, отличных от направления оси ДН. Как дополнительная мера по уменьшению боковых лепестков, может использоваться обечайка — цилиндр из металлического листа, прикрепленный к краям рефлектора. Обечайки довольно часто используются в промышленных антеннах РРЛ, например, американской фирмы Andrew Corporation.

Третье направление работы ЦКБА — разработка полосовых волноводных фильтров диапазона С. Отработанная технология расчета, изготовления и настройки позволяет предприятию оперативно изготавливать фильтры с различными параметрами, рассчитанные на ту или иную ситуацию. Условно фильтры разработки ЦКБА можно разделить на широкополосные и узкополосные. Широкополосные фильтры более или менее универсальны, они имеют ширину полосы пропускания от 400 МГц (типовой диапазон 3400-3800 МГц), затухание в полосе пропускания 0.3-0.4 дБ и подавление за пределами полосы пропускания 17-18 дБ. Такие фильтры эффективны, если частота помехи лежит за пределами диапазона С. Узкополосные фильтры изготавливаются на небольшой участок диапазона С, вплоть до полосы одного транспондера. Полоса пропускания такого фильтра может быть уменьшена до 40 МГц, при этом потери возрастают до 0.8-0.9 дБ. Узкополосный фильтр используется, если частота помехи располагается в диапазоне входных частот конвертера. По принципу работы фильтры — волноводно-диафрагменные. Конструктивно они представляют собой несколько коротких прямоугольных волноводных секций (как правило — три), между которыми располагаются плоские диафрагмы — заслонки, частично перекрывающие просвет волновода. По опыту конструкторов ЦКБА, использование фильтров гарантированно решает проблему, когда мощность помехи достаточно снизить по отношению к мощности сигнала на 10-13 дБ. Если помеха более сильная, необходимо искать альтернативные способы. К сожалению, ФГУП ЦКБА не планирует серийное производство фильтров — для предприятия это непрофильная деятельность. Кроме того, О.И. Кудрин подчеркнул, что невозможно создать универсальный волноводный фильтр, который решал бы любые проблемы с помехами. Такие устройства должны изготавливаться только индивидуально, с учетом особенностей конкретной приемной системы и конкретной проблемы. Поэтому на сегодняшний день волноводные фильтры, изготовленные в промышленных условиях, используются, в основном, только в приемных системах коммерческого назначения: в телекомпаниях, на головных станциях СКТВ, на узлах доступа в Интернет. Владельцам индивидуальных приемных систем в некоторых случаях могут помочь примитивные самодельные фильтры.

Если частота помехи лежит ниже диапазона С, можно использовать простой фильтр в виде отрезка круглого волновода, диаметр которого является предельным для нижней частоты диапазона С. Он подробно описан в "Теле-Спутнике" (№5, 2003, стр. 64, "Ответы на вопросы. Рубрика для кабельщиков"). Однако для изготовления такого фильтра нужен токарный станок и заготовка довольно большого размера. Если в приемной системе используется отдельный конвертер и отдельный облучатель с прямоугольными фланцами, можно применить более технологичную конструкцию, отдаленно напоминающую одно звено волноводно-диафрагменного фильтра Омского ЦКБА. Между фланцами конвертера и облучателя вставляются две латунных или жестяных прямоугольных заслонки. В каждой заслонке делаются по два отверстия, совпадающие с отверстиями фланцев, через них пропускаются соединительные болты — это предохранит заслонки от смещения. Размер оставшегося просвета подбирается

экспериментально, после чего две отдельные заслонки можно заменить одной диафрагмой с прямоугольным отверстием посередине.

Случай из практики. Весной 2004 г. в г. Тикси возникли проблемы при настройке антенны диаметром 2.4 м для приема со спутников "Ямал 102/20" 90° в.д. В прямой видимости антенны на расстоянии менее километра располагалась РЛС "П-27" Единой Системы Управления Воздушным Движением. При включении РЛС на всех принимаемых каналах наблюдались "мозаика" и "заикание". У персонала РЛС удалось выяснить, что она излучает на частоте около 3400 МГц, то есть ниже частот каналов "Ямала". Использовать какие-то более или менее профессиональные средства борьбы с помехами было невозможно за отсутствием таковых: город находится на севере Якутии, за полярным кругом, сообщение с "большой землей" только воздушное, самолет дважды в месяц. Из обычной консервной банки были вырезаны заслонки, уменьшающие прямоугольный просвет волновода 60x30 мм до квадратного 30x30 мм. Проблема была устранена полностью, качество принимаемого сигнала по индикаторам ресиверов при этом снизилось незначительно.



Вид сигнала и помехи на экране спектроанализатора до и после изменения частоты гетеродина

Помехи в L-диапазоне

Помехи могут воздействовать как на вход конвертера, в диапазоне С или Ku, так и непосредственно на вход ресивера, на первой промежуточной частоте (в диапазоне L, 950-2150 МГц). Во втором случае практически единственное, но эффективное средство — изменить частоту гетеродина конвертера. При этом частота нужного сигнала изменится, ведь она равна разности частоты спутникового сигнала и частоты гетеродина (в диапазоне С — наоборот). Таким образом, можно "увести" сигнал из пораженного участка L-диапазона. В приемной системе Ku диапазона сделать это довольно легко, — практически для любого значения частоты спутникового сигнала найдется как минимум два подходящих серийных конвертера с разными частотами гетеродинов. Например, сигналы НТВ-Плюс можно принимать конвертером с частотой гетеродина 10600, 10750 или 11250 МГц. Можно просто попробовать принять сигнал на конвертер с другим гетеродином. В некоторых частных случаях помогает "принудительное" переключение гетеродинов "универсального" конвертера.

Случай из практики. В центре г. Екатеринбурга оказался затронуен прием пакета СТС — Муз-ТВ со спутника "Экспресс-6А" в позиции 80° в.д. на частоте 11575 МГц. Прием производился на конвертер "Universal" с частотами гетеродинов 9750 и 10600 МГц. При установке в меню ресивера типа конвертера "Universal" переключение с нижнего гетеродина на верхний происходит автоматически, если частота настройки выше 11700 МГц. Соответственно, сигнал 11575 МГц принимался "нижним" гетеродином, и первая промежуточная частота $11575-9750=1825$ МГц попадала в пораженный участок (возможно, из-за работы систем GSM-1800). Однако сигнал на частоте 11575 МГц можно принимать и с верхним гетеродином: $11575-10600=975$ МГц — разностная частота также попадает в диапазон входных частот ресивера 950-2150 МГц. Вместо "Universal" в меню настройки антенны был указан конвертер с гетеродином 10600 МГц и включение тона 22 кГц — сигнал был принят с отличным качеством.

На самом деле далеко не всегда частота нужного сигнала попадает в "пересечение" диапазонов, которые можно принимать с обоими гетеродинами конвертера "Universal", а заменить конвертер не всегда есть время и возможность. Еще сложнее ситуация с приемом в диапазоне С. Все серийные конвертеры диапазона С имеют единственный гетеродин с частотой 5150 МГц. Исключение составляют специальные конвертеры для коллективного приема типа Single Cable Solution — у них сигналы с разной поляризацией обрабатываются разными гетеродинами, с частотами 5150 и 5750 МГц. Если такой конвертер есть под рукой, можно использовать его, установив пластину-деполяризатор (при приеме сигналов с круговой поляризацией) таким образом, чтобы нужный сигнал обрабатывался гетеродином 5750 МГц. Однако нетрудно подсчитать, что такой конвертер работоспособен только в "стандартном" диапазоне С, на частотах не ниже 3600 МГц, для более низких частот первая промежуточная оказывается за пределами диапазона входных частот ресивера. Это значит, что часть каналов со спутников, использующих "расширенный" диапазон С (extended C-Band, 3400-4200 МГц) принимать с этим конвертером нельзя.

Если по каким-либо причинам не получается использовать конвертер с другой частотой гетеродина, можно изменить частоту гетеродина имеющегося конвертера. Для этого нужно, не снимая конвертер с настроенной антенны, вскрыть его корпус. Под крышкой находится небольшой кожух, в который вкручен регулировочный винт. Внутри кожуха находится частото задающий элемент гетеродина — диэлектрический резонатор, а винт служит для точной настройки частоты. Естественно, у конвертеров с двумя гетеродинами таких винтов два. Следует сразу отметить начальное положение шлица винта и в дальнейшем внимательно считать его обороты, чтобы всегда можно было вернуть конвертер в исходное состояние. Если имеется прибор с анализатором спектра, его нужно подключить к антенне и выбрать такой масштаб по частоте, чтобы нужный сигнал и помеха были видны на экране одновременно. Медленно поворачивая винт настройки в любую сторону, надо следить за спектром на экране. Если при изменении частоты гетеродина спектр сигнала и спектр помехи перемещаются по экрану синхронно, нужно вернуть винт на

прежнюю отметку, зафиксировать его каплей лака и закрыть конвертер — помеха действует в С/Ku диапазоне, и данный метод не даст результатов. Если спектр сигнала перемещается, а спектр помехи остается неподвижным, значит, помеха действует в L-диапазоне, и, возможно, удастся отстроиться от нее, изменив частоту гетеродина. Самый сложный момент — определить, насколько именно изменится частота. С анализатором спектра это намного проще. Нужно привести винт в исходное положение, затем навести курсор анализатора на какую-либо характерную точку спектра сигнала, например, на пик или провал между пиками, и снять отсчет частоты. Затем, вращая винт, надо постараться максимально "развести" отметки нужного сигнала и помехи. По опыту, у большинства серийных конвертеров вращением винта можно изменить частоту гетеродина на 50-100 МГц в каждую сторону. После этого нужно переместить курсор прибора в ту же самую характерную точку и снова снять отсчет частоты. Если новая частота оказалась больше старой, их разность необходимо прибавить к частоте гетеродина в диапазоне С или вычесть из частоты гетеродина в диапазоне Ku; если новая частота меньше старой — наоборот. Теперь можно в меню ресивера "установка конвертеров" ввести новую частоту гетеродина и попытаться вновь принять нужный сигнал.

Если прибора нет, процедура усложняется. Необходимо построить ресивер на другой канал с этого же спутника, который принимается без проблем. Небольшими шагами, не более четверти оборота, надо вращать винт, пока ресивер не потеряет сигнал. Затем, изменяя частоту сигнала в меню поиска каналов ресивера в ту и другую сторону с шагом 2-3 МГц, надо добиться восстановления приема с прежним качеством. Процедуру нужно повторять многократно, пока вводимая частота сигнала не будет отличаться от фактической на 30-50 МГц, то есть спектр сигнала сместится хотя бы на ширину полосы самого сигнала. Если вводимая частота больше фактической, их разность необходимо вычесть из частоты гетеродина в диапазоне С или прибавить к частоте гетеродина в диапазоне Ku; если вводимая частота больше фактической — наоборот. Исправленную частоту гетеродина надо ввести в меню установки конвертеров, а затем попытаться вновь принять нужный сигнал, введя в меню поиска каналов его фактическую частоту.

Случай из практики: в 2000 г. в Москве, на ВДНХ, проводилась выставка, на которой нужно было организовать прием телевидения со спутника NSS-703 57° в.д. на частоте 11149 МГц. Для приема использовалась антенна Hydro-7 фирмы Paracclipse (США) диаметром 2.13 м (7 футов), которая по расчетам обеспечивала двукратный запас усиления, и конвертер "Universal" АЕ-31 фирмы Cambridge Industries. Удалось принять канал, но изображение и звук постоянно срывались, и продемонстрировать такое качество на выставке было нельзя. Оказалось, что сигнал нужного канала на первой промежуточной частоте $11149-9750=1399$ МГц поражен помехой. Смещение частоты гетеродина всего на 20 МГц сразу же позволило принять сигнал без видимых дефектов изображения и звука. Кроме того, оказалось, что антенна некорректно собрана: с завода она поставляется без крепления конвертера Ku диапазона, а крепление, позаимствованное из комплекта антенны J240-6p тайваньской фирмы JONSA, не позволяло установить конвертер в точке фокуса. Устранение ошибки увеличило качество по шкале ресивера до "отличного".