

**Временная методика радиоконтроля
ширины занимаемой полосы частот радиоизлучений**

Редакция 15.03.2002

Методика разработана в Проблемной лаборатории по радиоконтролю и ЭМС при СПб ГУТ

Согласовано

Научный руководитель разработки

д.т.н., проф. Харченко И.П.

Разработчики

к.т.н., с.н.с. Ральников В.И.

к.т.н., доц. Ленцман В.Л.



Настоящий документ является очередной редакцией методики радиоконтроля ширины занимаемой полосы частот радиоизлучений, в которой учтены новые возможности, предоставляемые аппаратно-программными средствами модернизированного радиоконтрольного оборудования ИУ2 «ИРГА», версия ПО Radio Scope 1.527 и выше.

НАШ АДРЕС

**191186, г. Санкт-Петербург, ГУТ им. проф. М.А. Бонч-Бруевича,
наб. реки Мойки, 61, офф. 229
тел. 315-9001, 315-8292;
тел./факс: 315-1548**

E-mail: mail@irga.sut.ru



Содержание

1. Назначение и область применения документа.....	4
2. Основные принципы измерения ширины полосы радиоизлучений.....	4
2.1. Термины и определения	4
2.2. Взаимосвязь основных понятий, определяющих ширину полосы радиоизлучения	5
2.3. Метод измерения ширины занимаемой полосы частот по критерию отношения мощностей.....	6
3. Используемое радиоконтрольное оборудование	8
4. Требования по безопасности.....	8
5. Требования к квалификации операторов.....	8
6. Подготовка к проведению измерений	8
7. Проведение измерений	9
8. Анализ результатов, рекомендации по планированию последующих измерений, оформление результатов контроля	14
Перечень нормативной и справочной документации	16
Приложение 1. Пример отчета по результатам контроля.....	18
Приложение 2. Рекомендации по анализу результатов измерений.....	19

Список сокращений

БПФ – быстрое преобразование Фурье
НШПЧ - необходимая ширина полосы частот
КШПЧ - контрольная ширина полосы частот
МСЭ – международный союз электросвязи
РКП – радиоконтрольный пост
РЭС – радиоэлектронное средство
ПЧ – промежуточная частота
ШЗПЧ - ширина занимаемой полосы частот



1. Назначение и область применения документа

1.1 Настоящий документ устанавливает методику радиоконтроля ширины занимаемой полосы частот излучений РЭС с целью проверки выполнения требования: **ширина занимаемой полосы частот радиоизлучения передатчика не должна превышать необходимую ширину полосы частот для используемого передатчиком класса излучения, указанного в разрешении на эксплуатацию РЭС.**

1.2 Методика предназначена для использования операторами радиоконтрольных постов.

2. Основные принципы измерения ширины полосы радиоизлучений

2.1. Термины и определения

Необходимая ширина полосы частот радиоизлучения – минимальная полоса частот данного класса радиоизлучения, достаточная для передачи сигнала с требуемой скоростью и качеством (ГОСТ 23611-79) [1].

Занимаемая ширина полосы частот радиоизлучения – ширина полосы частот радиоизлучения, за пределами которой излучается заданная часть мощности излучения радиопередающего устройства (ГОСТ 23611-79) [1]. *Примечание: Как синоним в литературе используют также термин **ширина занимаемой полосы частот**.*

Ширина полосы частот радиоизлучения на уровне X дБ – ширина полосы частот радиоизлучения радиопередающего устройства, за пределами которой любая дискретная составляющая спектра внеполосных радиоизлучений или спектральная плотность мощности внеполосных радиоизлучений ослаблены относительно заданного уровня не менее, чем до уровня X дБ (ГОСТ 23611-79) [1].

Контрольная ширина полосы частот излучения – ширина полосы частот, за нижним и верхним пределами которой любая спектральная составляющая имеет ослабление на 30 дБ и более относительно излучения, приравненного 0 дБ (ГОСТ 24375-80) [2].



Присвоенная полоса радиочастот - полоса частот, в пределах которой радиостанции разрешено излучение. *Примечание. Ширина присвоенной полосы частот равняется необходимой ширине полосы частот плюс удвоенное абсолютное значение допустимого отклонения частоты.* (ГОСТ 23611-79 [1], рек. МСЭ SM. 328-9 [18] и п. 142 статьи 1 Регламента радиосвязи [11].)

2.2. Взаимосвязь основных понятий, определяющих ширину полосы радиоизлучения

Численное значение необходимой ширины полосы частот (НШПЧ) передатчиков, указываемое первыми четырьмя символами в полном обозначении класса излучения [11], определяют по формулам, которые приведены в ГОСТ Р 50016-92 [3]. Исходными данными для таких расчетов являются параметры модуляции излучения передатчика. Этот стандарт регламентирует методы контроля соответствия технических характеристик передатчика установленным требованиям к ширине полосы путем измерения контрольной ширины полосы частот (КШПЧ), вводит нормы на КШПЧ для передатчиков конкретных типов, определяет функциональную связь этих норм с расчетным значением необходимой ширины полосы частот. Нормы и методики измерения контрольной ширины полосы частот регламентируют также стандарты [4-10], ориентированные на передатчики определенного назначения. Основное назначение проверки КШПЧ на соответствие нормативным требованиям состоит в том, чтобы при штатной работе передатчика занимаемая ширина полосы частот излучения не превышала необходимую ширину полосы частот [22].

Регламентируемые документами [3-10] методы измерений КШПЧ предусматривают:

- непосредственное подключение средств измерений к передатчику (в отдельных случаях анализатор спектра может быть связан с передатчиком «по полю»),
- использование определенных измерительных сигналов для передатчиков конкретного типа,
- специальную процедуру установки нулевого уровня анализатора спектра, относительного которого отсчитывают контрольный уровень -30 дБ.

Два последних требования учитывать особенно важно. Для большинства классов излучений нулевой уровень следует устанавливать по уровню сигнала немодулированной несущей, а не по максимуму анализируемого спектра. Обычно при радиоконтроле ширины полосы излучений процедурой установки нулевого уровня пренеб-



регают и проводят измерения ширины спектра излучения на уровне минус 30 дБ относительно его максимума при передаче реального, а не измерительного сигнала. Очевидно, что такие измерения являются некорректными и не могут быть использованы для контроля параметров РЭС на соответствие требованиям норм [12].

На РКП следует использовать устанавливаемый настоящей методикой метод непосредственного измерения ширины занимаемой полосы частот (ШЗПЧ) радиоизлучений в соответствии с ее определением (п.2.1). Результат измерения ШЗПЧ следует сравнивать со значением необходимой ширины полосы радиоизлучения. Если необходимая ширина полосы радиочастот в документации на передатчик не указана, но известно значение нормы на контрольную ширину полосы радиочастот, то можно в соответствии с формулами, приведенными в ГОСТ Р 50016-92 [3], определить численное значение необходимой ширины полосы радиочастот.

Выполнение условия ШЗПЧ < НШПЧ позволяет утверждать, что КШПЧ передатчика данной станции не превышает нормируемого значения. Следует отметить, что обратное утверждение, в общем случае, несправедливо. Если КШПЧ находится в границах нормы, то ширина занимаемой полосы частот может превышать НШПЧ вследствие расширения спектра на уровнях ниже минус 30 дБ из-за повышенного уровня внеполосных излучений передатчика [12].

2.3. Метод измерения ширины занимаемой полосы частот по критерию отношения мощностей.

Определение понятия ширины занимаемой полосы частот (ШЗПЧ) излучения, графическая иллюстрация которого представлена на рис. 1, основано на требовании, чтобы мощность излучения, соответствующая площади заштрихованных частей анализируемого энергетического спектра (рис 1), составляла малую часть β от суммарной мощности излучения P (по $\beta/2$ с каждой стороны). Границы ширины занимаемой полосы частот задаются при этом частотами f_1 и f_2 . Пока МСЭ рекомендует принимать значение $\beta = 0,01$ (1%) при определении ШЗПЧ для всех классов излучений [11, 17-19]. Не исключено, что в дальнейшем для некоторых классов излучения может быть рекомендовано и другое значение β .

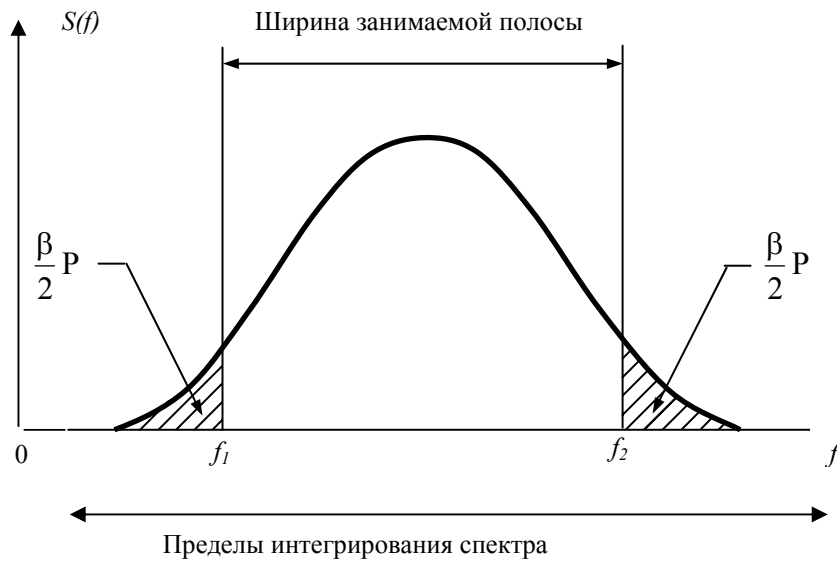


Рис.1

Для нахождения граничных частот f_2 и f_1 , разность которых определяет ширину занимаемой полосы, необходимо относительно этих частот решить систему уравнений:

$$\left. \begin{aligned} \int_0^{\infty} S(f) \cdot df &= P \\ \int_0^{f_1} S(f) \cdot df &= \frac{\beta}{2} P \\ \int_{f_2}^{\infty} S(f) \cdot df &= \frac{\beta}{2} P \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

С практической точки зрения интегрирование энергетического спектра при оценке ШЗПЧ не может производиться по всей оси частот, а должно быть ограничено некоторыми пределами для устранения влияния на результат измерения посторонних излучений, шумов фона и приемника. Для контроля возможной погрешности измерения ШЗПЧ излучения, связанной с ограничением области интегрирования, в настоящей методике используется итерационная процедура выбора оптимальных пределов интегрирования спектра.



3. Используемое радиоконтрольное оборудование

3.1. Методика предполагает применение автоматизированного радиоконтрольного оборудования ИУ-2 «ИРГА» (версия ПО Radio Scope 1.527 и выше), обеспечивающего получение энергетического спектра радиоизлучения и автоматизированное измерение ширины занимаемой полосы частот по критерию отношения мощностей [13,14].

3.2. Данная методика может быть использована при работе с другим радиоконтрольным оборудованием, позволяющим получать энергетический спектр контролируемого излучения и измерять ширину занимаемой полосы частот по критерию отношения мощностей. В этом случае отдельные разделы методики должны быть адаптированы к возможностям и конкретным особенностям этого оборудования.

4. Требования по безопасности

При проведении измерений должны соблюдаться требования по безопасности, установленные в инструкциях по эксплуатации используемого радиоконтрольного и вспомогательного оборудования, а также общие требования правил безопасности при выполнении работ на РКП.

5. Требования к квалификации операторов

5.1. Измерения должны выполнять операторы, изучившие документацию на используемое радиоконтрольное и вспомогательное оборудование и допущенные к работе на РКП.

5.2. При подготовке к проведению измерений операторы должны изучить настоящую методику и приобрести навыки практической работы по измерению ширины занимаемой полосы частот радиоизлучений.

6. Подготовка к проведению измерений

6.1. Подготовить используемое радиоконтрольное оборудование к проведению измерений ширины занимаемой полосы в соответствии с «Инструкцией пользователя» и «Руководством по эксплуатации» [13, 14]. При подготовке и проведении измерений следует тщательно выполнять требования этих документов.

6.2. С помощью антенного коммутатора или в ручную подключить направлен-



ную логопериодическую антенну ЛПАС2 к входу измерительного приемника.

Примечание: Использование направленной антенны позволяет провести азимутальную селекцию контролируемого излучения и существенно повысить отношение сигнал/шум в полосе анализа. Однако затраты времени на проведение контроля при этом увеличиваются. Оперативные измерения параметров излучений могут быть проведены и при использовании всенаправленной биконической антенны БКАС, если отношение сигнал/помеха для контролируемого излучения достаточно велико.

6.3. Вызвать окно **Параметры анализатора спектра** и установить следующие параметры:

- Максимальное количество накоплений – **30**.
- Измерение ширины спектра по уровню X дБ – **выключено**.
- Измерение ширины спектра методом Бета/2 – **включено**.
- Коэффициент Бета – **0,01**.
- Использовать быстрое построение спектра – **включено**.
- Автоматический контроль полос ПЧ и БПФ – **включено**.
- Порог ждущего режима измерений, дБ – **установить для станций, появление которых в эфире носит эпизодический характер**.

Примечание: Значение порога должно быть больше уровня фоновых помех, но меньше уровня контролируемого излучения.

Сохранить настройки параметров анализатора спектра.

7. Проведение измерений

7.1. Открыть окно процедуры «Анализ спектра», развернуть окно «Осциллограф» и ввести значение частоты контролируемого излучения.

7.2. Выбрать полосу анализа спектра из условия обеспечения требования, чтобы полоса анализа была в 1,5 ... 2 раза больше, чем ожидаемое значение ширины занимаемой полосы радиочастот. Для этого использовать одну из 7 кнопок, определяющих выбор полосы анализа спектра: **280 кГц, 150 кГц, 70 кГц, 17 кГц, 8 кГц, 2,4 кГц, 0,5 кГц**.

Примечание: Указанные значения полос анализа соответствуют использованию в установке приемника IC-R 8500.

7.3. Для станций, появление которых в эфире носит эпизодический характер, включить ждущий режим измерений (кнопка WAIT). При необходимости следует вер-



нуться к п. 6.2 и изменить для данной станции установку порога ждущего режима измерений.

7.4. Установить режим накопления спектра с конечным числом усредняемых реализаций (кнопка «Накопление спектра»).

7.5. Активизировать окно управления поворотным устройством направленной логопериодической антенны ЛПАС2 (п. 12 Инструкции пользователя [13]). Ориентировать антенну в направлении, соответствующего максимуму уровня контролируемого излучения. Если на данной частоте присутствует постороннее излучение, ориентацию направленной антенны следует выбрать из условия максимизации отношения сигнал/помеха.

7.6. На основе анализа уровня сигнала и различия уровней максимального и минимального значений отображаемого спектра, получаемых при подключении аттенюатора (кнопки **0 дБ**, **10 дБ**, **20 дБ**, **30 дБ** в окне "Анализатор спектра", п. 6 Инструкции пользователя [13]), оценить степень влияния внешних и внутренних помех и выбрать оптимальное значение затухания аттенюатора измерительного приемника.

Примечание: Различие максимального и минимального значений отображаемого спектра при больших уровнях сигнала на входе приемника определяется интермодуляционными помехами, а при малых – уровнем внутренних шумов приемника и уровнем внешнего фона. Поэтому следует выбрать оптимальное значение затухания аттенюатора, максимизирующее это различие.

7.7. Путем прослушивания контролируемой станции, наблюдения за формой и характером осциллограмм огибающей сигнала и мгновенной частоты в окне «Осциллограф», анализа уровня сигнала и изменения спектра во времени убедиться в отсутствии внешних помех и определить начало промежутка времени, когда излучение может занимать наиболее широкую полосу частот. Перейти в режим бесконечного накопления спектра (кнопка «Бесконечное накопление»).

Примечание: Измерять ширину занимаемой полосы частот определенного класса излучения целесообразно на интервалах времени, когда излучение занимает наиболее широкую полосу. В общем случае, оценка ШЗПЧ зависит от характера модулирующего сигнала передатчика. Например, измерение ШЗПЧ передатчиков станций звукового ЧМ вещания целесообразно проводить при передаче музыкального фрагмента (симфонический оркестр, реклама). В таких программах девиация частоты вещательных станции, как правило, в максимальной степени приближается к но-



минальному значению (а часто и превышает его) и спектр излучения наиболее широк [12].

7.8. В процессе усреднения спектра следует контролировать на слух постоянство режима работы станции, визуально анализировать степень изменчивости усредненного спектра контролируемого излучения и результатов измерения ширины полосы. По осциллограммам огибающей сигнала и мгновенной частоты в окне «Осциллограф» следует контролировать отсутствие помех в процессе измерений. После некоторого количества накоплений (число в левом нижнем углу окна "Анализатор спектра"), когда изображение спектра и результаты измерения ширины полосы практически перестанут изменяться, нажать кнопку «STOP – Остановить спектр».

Примечания: Как правило, количество накоплений спектра при измерении ШЗПЧ должно быть не менее 200.

Если результат измерения ШЗПЧ близок к ширине полосы анализа, то данные измерений автоматически перестают отображаться в окне «Анализатор спектра» (п. 6.4 инструкции пользователя программы «Radio Scope»[13]). Отсутствие отображения данных говорит о некорректности измерений, обусловленной малым уровнем сигнала (недостаточным отношением сигнал/помеха) или неправильным выбором полосы анализа спектра. Если уровень сигнала достаточен, следует вернуться к п. 7.2 настоящей методики и выбрать более широкую полосу анализа спектра.

Если обнаружено, что в процессе проведения измерений характер модулирующего сигнала передатчика и, соответственно, характер анализируемого излучения существенно изменились, или осциллограммы огибающей сигнала и мгновенной частоты показали наличие кратковременных помех, измерения следует повторить.

7.9. В итоге этих действий оператора в окне "Анализатор спектра" отображается полученный путем усреднения энергетический спектр контролируемого излучения, а в нижней части окна - измеренное значение ширины занимаемой полосы частот, соответствующее максимально возможным пределам интегрирования полученного спектра – в границах выбранной полосы анализа.

7.10. Путем визуального анализа изображения спектра убедиться, что в полосе анализируемых частот отсутствуют посторонние излучения (сосредоточенные по спектру помехи). При наличии таких помех перейти к выполнению п. 7.10.

7.11. Для контроля достоверности измерений изменить пределы интегрирования зафиксированного энергетического спектра при вычислении ширины занимаемой



полосы, манипулируя соответствующими маркерами пределов интегрирования (по умолчанию эти маркеры отображаются линиями синего цвета) в окне «Анализатор спектра» (п. 6.6.2 инструкции пользователя программы «Radio Score»[13]). Ширина области интегрирования (расстояние между маркерами) отображается в нижней части этого окна цифрами синего цвета.

7.11.1. Сначала установить пределы интегрирования, близкие по значению к полученной оценке ШЗПЧ (п.7.7). Постепенно увеличивая пределы интегрирования, визуально контролировать изменение оценки ширины занимаемой полосы частот. Если результаты измерения ШЗПЧ с увеличением области интегрирования перестают изменяться - достигают установившегося значения (в пределах разрешающей способности отображения результата - 0,1 кГц), то это означает, что отношение сигнал/помеха достаточно велико и процедуру измерений можно продолжить.

7.11.2. Путем ряда последовательных приближений определить **минимальное** значение ширины области интегрирования, при котором оценка ШЗПЧ контролируемого излучения перестает изменяться при увеличении области интегрирования.

Примечания: Как правило, эту итерационную процедуру измерения можно успешно завершить, если максимальное значение спектра более чем на 30 дБ превышает его минимальное значение.

Работы по п. 7.9.1 и 7.9.2 можно не проводить, если помех не обнаружено и результат измерения ШЗПЧ не превосходит значения необходимой ширины полосы частот, определяемой классом контролируемого излучения.

7.11.3. Полученную оценку ШЗПЧ следует принять за результат измерения ширины занимаемой полосы частот контролируемого излучения. Нажать кнопку "Сохранить", выбрать имя файла и сохранить результаты измерений в таблице (листе) Excel "Спектр_...". Результаты измерений и график полученного энергетического спектра можно также вывести на принтер (п. 8.3 инструкции пользователя программы «Radio Score»[13]).

7.11.4. Если п.п. 7.9.1 - 7.9.2 не удастся успешно завершить, то это значит, что в полученный энергетический спектр существенный вклад вносят шумы и посторонние излучения и отношение сигнал/помеха недостаточно для проведения корректных измерений. Для обнаружения и устранения влияния помех следует использовать рекомендации раздела 8.

7.12. Если вблизи анализируемого излучения обнаружено постороннее излу-



чение, то следует проверить и устранить его возможное влияние на результат измерения ШЗПЧ. Это можно сделать:

- путем рационального выбора (уменьшения) полосы анализа спектра – для этого следует вернуться к п. 7.2,
- путем рационального выбора ориентации направленной логопериодической антенны ЛПАС2 – для этого следует вернуться к п. 7.5,
- с использованием маркеров пределов интегрирования - указанными маркерами выделить интересующее излучение таким образом, чтобы значимые составляющие его спектра попали в пределы интегрирования, а постороннее излучение осталось вне этой области. Затем, в соответствии с указаниями п.п. 7.9.1 и 7.9.2, определить для контролируемого излучения **минимальное** значение ширины области интегрирования, при котором оценка ШЗПЧ перестает практически изменяться при увеличении области интегрирования. Если эта область находится в границах первоначально выбранных пределов, не включающих постороннее излучение, то помеха не оказывает существенного влияния на результат измерения ШЗПЧ и его можно использовать. В противном случае измерения ШЗПЧ могут оказаться некорректными. Для обнаружения и устранения влияния помех следует использовать рекомендации раздела 8.

7.13. Повторить процедуры измерений ШЗПЧ по п. 7.1.-7.9 пять раз с тем, чтобы при последующем анализе результатов можно было оценить стабильность полученных данных и выбрать из полученных оценок ШЗПЧ максимальное значение.

7.14. В итоге на диске в заданном файле формата Excel будут сформированы таблицы (листы) "Спектр_...", которые содержат для контролируемого излучения с привязкой к дате и времени результаты измерений ширины занимаемой полосы частот, пределы интегрирования спектра (расстояние между маркерами), а также уровни спектра на 256 частотах (Приложение 1).

7.15. Если обнаружено, что одна или несколько из пяти полученных оценок ШЗПЧ превосходят нормативное значение необходимой ширины полосы частот (или существенно приближаются к нему), то необходимо оперативно выявить возможные причины таких отклонений:

- Завышение результата измерения ШЗПЧ может быть вызвано погрешностями измерений вследствие наличия помех, которые оператор не смог визуально обнаружить по изображению спектра. Для обнаружения влияния помех следует использовать рекомендации раздела 8.



- Если обнаружено, что завышенное значение ШЗПЧ не связано с погрешностями измерений или наличием помех, то следует оперативно провести детальные измерения других параметров радиоизлучения – частоты, девиации частоты, глубины модуляции, скорости передачи цифровой информации и т.д. Увеличение ширины занимаемой полосы радиочастот может быть связано с отклонением этих параметров от нормативных значений.

8. Анализ результатов, рекомендации по планированию последующих измерений, оформление результатов контроля

8.1. С целью выявления характера долговременных изменений ШЗПЧ по сравнению с результатами, полученными при вводе передатчика в эксплуатацию или при проведении инспекционного контроля целесообразно постоянно анализировать результаты измерений ширины занимаемой полосы частот контролируемых РЭС, полученные в процессе периодического контроля. Такой анализ проводят путем просмотра записанных таблиц (листов) "Спектр_..." или при использовании стандартных средств Excel по построению графиков.

8.2. Полученные таким образом оценки ширины занимаемой полосы радиочастот следует оперативно сравнить со значением необходимой ширины полосы частот, определяемой классом контролируемого излучения. Если все пять результатов измерения ШЗПЧ не превосходят значение необходимой ширины полосы радиочастот для данного РЭС, то следует считать, что параметры излучения передатчика соответствуют нормативным требованиям по ширине занимаемой полосе радиочастот. Данный вывод равносильно утверждению, что и контрольная ширина полосы радиочастот передатчика не превышает нормативного значения.

8.3. Если в процессе такого анализа обнаружено, что измеренные значения ШЗПЧ имеют значимые изменения и тенденцию к увеличению, то целесообразно увеличить частоту соответствующих сеансов радиоконтроля и запланировать проведение детальных процедур измерения параметров этого передатчика.

8.4. Увеличение оценок ШЗПЧ может быть вызвано погрешностями измерений вследствие наличия помех, своевременно не обнаруженных оператором. С целью увеличения отношения сигнал/помеха целесообразно оперативно повторить измерения



ШЗПЧ при другой ориентации направленной антенны с целью увеличения помехозащищенности.

8.5. Полезно сравнить результаты одновременных измерений ширины полосы на нескольких территориально разнесенных радиоконтрольных постах. Если результаты таких измерений существенно различаются, то вероятной причиной завышенного значения оценки ШЗПЧ является наличие необнаруженной в процессе измерений помехи.

8.6. Завышенное значение измеренной ширины полосы радиочастот может быть вызвано:

- интермодуляционными помехами, возникающими в измерительном приемнике РКП,
- наличием интермодуляционных и побочных излучений в эфире.

При наличии внутренних интермодуляционных помех следует вернуться к п. 7.6. настоящей методики и снова попытаться выбрать оптимальное значение затухания входного аттенюатора измерительного приемника. Для идентификации источников внешних помех следует использовать корреляционные методы поиска помех, описанные в п. 5. «Задача: Поиск источников помех» инструкции пользователя ПО «Radio Score»[13].

8.7. Для повышения достоверности контроля в некоторых случаях может оказаться целесообразным использовать мобильный радиоконтрольный пост для измерений параметров радиоизлучения в непосредственной близости от контролируемого передатчика.

8.8. При наличии соответствующих технических возможностей целесообразно запланировать измерения ширины контрольной полосы излучения и уровней внеполосных излучений в соответствии с методикой (метод - X дБ) и требованиями ГОСТ Р 50016-92 [3] и других нормативных документов [4-10], определяющих требования к передатчикам определенного назначения. Такие измерения могут, например, показать, что ширина контрольной полосы радиочастот (на уровне минус 30 дБ) находится в пределах норм, а уровень внеполосных излучений недопустимо высок, т.е. увеличение ШЗПЧ связано с расширением спектра излучения на уровнях ниже минус 30 дБ [12].

8.9. При обнаружении по итогам контроля отклонения ШЗПЧ от нормативных значений НШПЧ или в других необходимых случаях с помощью стандартных программных средств оборудования ИУ2 «ИРГА» (п. 8.2 инструкции пользователя про-



граммы «Radio Score»[13]) сформировать отчет, в который включить данные измерений из таблицы (листа) "Спектр_...", соответствующие максимальной из пяти полученных оценок ШЗПЧ, а также диаграмму "Спектр-Уровень (дБ)". В отчете сформулировать заключение о соответствии ширины занимаемой полосы контролируемого радиоизлучения значению необходимой ширины полосы частот, указанному в разрешении на эксплуатацию РЭС. Пример отчета приведен в Приложении 1.

8.10. В необходимых случаях по результатам радиоконтроля следует спланировать внеочередную инспекцию передатчика.

Перечень нормативной и справочной документации

1. ГОСТ 23611-79. Совместимость радиоэлектронных средств электромагнитная. Термины и определения. – М.: Издательство стандартов, 1979.
2. ГОСТ 24375-80. Радиосвязь. Термины и определения. – М.: Издательство стандартов, 1980 – 57 с.
3. ГОСТ Р 50016-92. Совместимость технических средств электромагнитная. Требования к ширине полосы радиочастот и внеполосным излучениям радиопередатчиков. Методы измерений и контроля.
4. ГОСТ 13924-80. Передатчики радиовещательные стационарные. Основные параметры, технические требования и методы измерений
5. ГОСТ 12252-86. Радиостанции с угловой модуляцией сухопутной подвижной службы. Типы, основные параметры, технические требования и методы измерений
6. ГОСТ 13420-79. Передатчики для магистральной радиосвязи. Основные параметры, технические требования и методы измерений
7. ГОСТ 22579-86. Радиостанции с однополосной модуляцией сухопутной подвижной службы, Типы, основные параметры, технические требования и методы измерений.
8. ГОСТ 22580-84. Радиостанции с угловой модуляцией морской подвижной службы. Типы, основные параметры, технические требования и методы измерений
9. ГОСТ 26897-86. Радиостанции с однополосной модуляцией морской подвижной службы. Типы, основные параметры, технические требования и методы измерений.



10. ОСТ 45.125-99. Передатчики радиовещательные ОВЧ диапазона, работающие в режиме частотного уплотнения. Параметры, технические требования, методы измерений.

11. Регламент радиосвязи. – М.: Радио и связь, том 1, 1990.

12. Измерение параметров излучений РЭС на радиоконтрольных постах. Материалы семинара повышения квалификации сотрудников региональных управлений ГСН России. 27.11 – 01.12.00. - Санкт-Петербург.: Проблемная лаборатория по РК и ЭМС. 2000г.

13. ПО «Radio Score». Инструкция пользователя. ИПУШ.468166.003.ИП. ТОО «ИР-ГА», Санкт-Петербург. 2000 г.

14. Измерительная установка ИУ2. Руководство по эксплуатации. ИПУШ.468166.003.РЭ. Санкт-Петербург. 2000 г.

Дополнительная

15. Общесоюзные нормы на ширину полосы радиочастот и внеполосные излучения радиопередатчиков гражданского назначения: Нормы 19-86. Утв. ГКРЧ СССР 02.06.86. – М.: Воениздат, 1987. – 64 с.

16. Положение о порядке государственного надзора за использованием радиочастот, радиоэлектронных средств (РЭС) и высокочастотных устройств (ВЧ устройств). Утверждено приказом Начальника Главгоссвязьнадзора России №48 от 03.07.98

17. Справочник по радиоконтролю. Издание МСЭ - Р. 1995 г.

18. Рек. МСЭ SM. 328-9.Спектры и ширина полосы излучений.

19. Рек. МСЭ SM.443-2. Измерения ширины полосы на станциях радиоконтроля.

20. Рек. МСЭ SM.1138. Определение необходимой полосы частот...

21. ГОСТ Р 8.563-96. ГСИ. Методики выполнения измерений.

22. Егоров Е.И. и др. Использование радиочастотного спектра и помехи. М. Радио и связь. 1986.

23. Радиовещание и электроакустика. Учебное пособие для ВУЗов. Под ред. Ю. А. Ковалгина.- М.: Радио и связь, 1999. – 792 с.

24. Приложение к письму Главгоссвязьнадзора №10095 от 3.10.94. Рекомендации нормативов контроля РЭС и ВЧ устройств.



Приложение 1. Пример отчета по результатам контроля

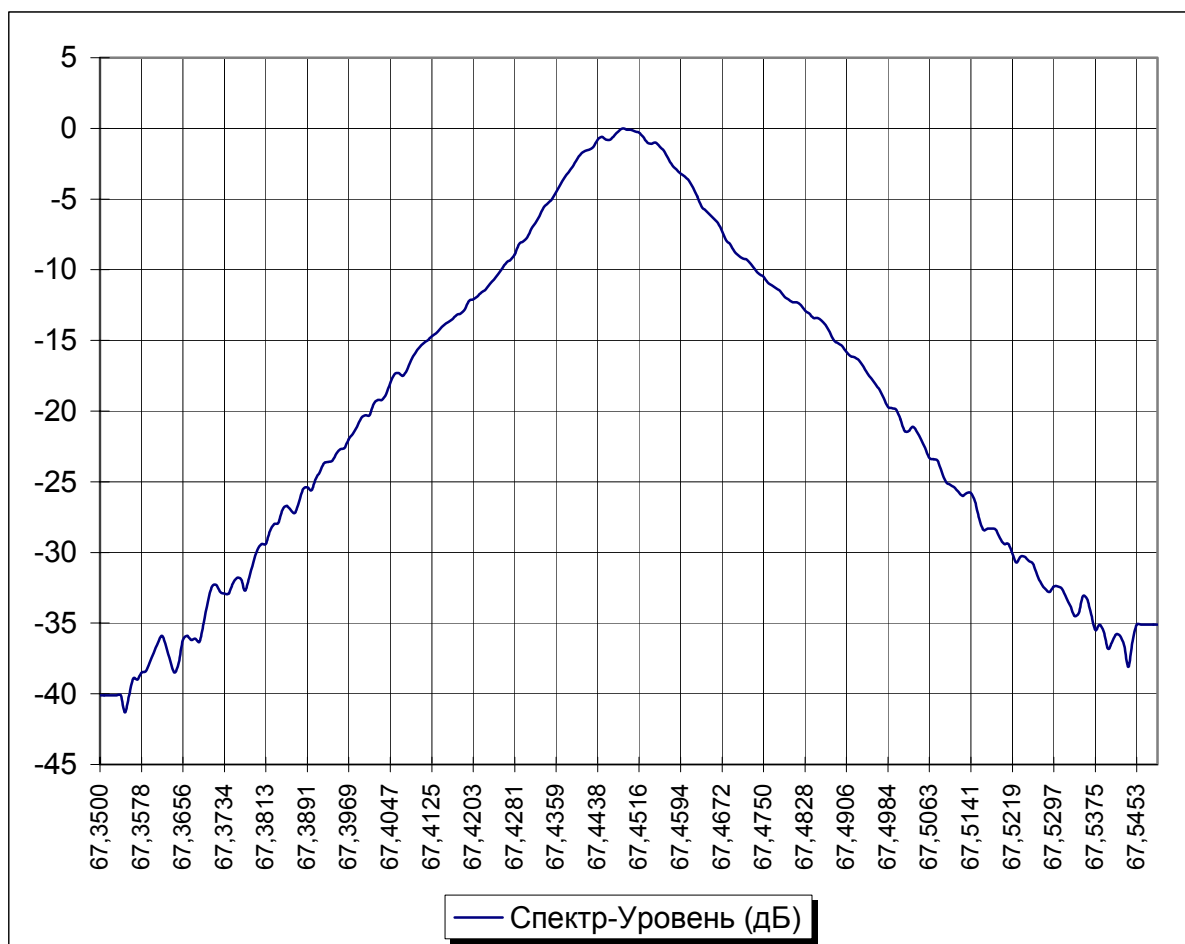
Анализ спектра сигнала
Задание выполнил

от 04.04.00 16:58:16
Иванов И.И.

Задание	Анализ спектра	
Время	28.03.2000	14:26:00
Частота настройки (МГц)	67,45	
Измеренная частота (МГц)	67,449995	
Отклонение частоты (Гц)	-4,9	
Уровень (дБ)	66,3	
Напряженность поля (дБ(мкВ.м))	78,7	
Полоса частот (кГц)	92,97	145,4 (Пределы интегрирования)
Девияция (кГц)	45.7	

Пеленг (град)

Заключение: Занимаемая ширина полосы не превышает значения необходимой ширины полосы 130 кГц, указанного в классе излучения





Приложение 2. Рекомендации по анализу результатов измерений

Значения ШЗПЧ, измеренные в обычном штатном режиме работы передатчика, могут быть заметно меньше значения необходимой полосы частот, указанного в классе излучения. Это естественная ситуация для некоторых классов. Дело в том, что значения НШПЧ, рассчитываемые по формулам нормативного документа ГОСТ Р 50016-92 [3] и указываемые в полном обозначении класса излучения, являются обычно оценкой необходимой полосы сверху. Упомянутые формулы не учитывают строго требования определения НШПЧ как «минимальной полосы, достаточной для передачи сигнала с требуемой скоростью и качеством» [12].

Поясним это на примере контроля излучений РЭС, использующих аналоговую ЧМ, – передатчиков звукового вещания (монофонический канал) класса излучения 130KF3EGN. Необходимая ширина полосы частот излучения этого класса в соответствии с [3] определяется соотношением:

$$B_n = 2M + 2D = 2(15 + 50) = 130 \text{ кГц},$$

где M – максимальная частота модуляции, D – максимально допустимое значение девиации частоты.

Расчеты показывают [18], что в такую полосу попадает более 99,9% ($\beta < 0,1\%$) мощности ЧМ излучения, если предположить, что модулирующий сигнал носит случайный характер и имеет равномерный спектр вплоть до максимальной частоты модуляции M .

В обычном режиме передачи вещательных программ максимальный уровень модулирующего сигнала передатчика даже с учетом наличия цепей коррекции приходится на частоты порядка 500-700 Гц, уровень высокочастотных составляющих спектра модулирующего сигнала существенно ниже. Максимально допустимое значение девиации частоты 50 (или 75) кГц используют только при передаче сигналов с очень широким динамическим диапазоном (симфонический оркестр) [23]. В итоге среднее значение ШЗПЧ ($\beta = 1\%$) исправного передатчика монофонического звукового вещания класса излучения 130KF3EGN, как правило, будет находиться в пределах 70 ...90 кГц.

Таким образом, если занимаемая ширина полосы частот передатчика, измеренная в обычном штатном режиме работы, превышает нормируемое значение НШПЧ, это со-



вершено определено свидетельствует о неисправности передатчика или нарушении правил его эксплуатации. Более того, если результаты периодических измерений свидетельствуют о систематическом увеличении ШЗПЧ относительно значений, полученных, например, непосредственно после приемки передатчика в эксплуатацию, и приближении занимаемой полосы к значению НШПЧ, есть серьезные основания считать, что правила эксплуатации передатчика нарушены и есть основания для планирования внеочередной инспекции этого передатчика.

При непосредственном измерении контрольной ширины полосы частот данного передатчика в месте его установки по методике ГОСТ Р 50016-92 [3] фиксируют нулевой уровень анализатора спектра по немодулированной несущей, затем устанавливают максимально допустимое значение девиации частоты 50 кГц при модуляции передатчика синусоидальным сигналом с частотой 15 кГц и с коэффициентом нелинейных искажений не более 1 %. Нормируемое значение КШПЧ для данного передатчика в соответствии с [3] $V_k = 1,15 * V_n = 149,5$ кГц. Результаты измерений контрольной ширины полосы частот излучения передатчика на уровне – 30 дБ относительно уровня немодулированной несущей по требованиям стандарта [3] не должны более чем на 20 % превышать значение нормы $V_k = 149,5$ кГц. Таким образом, если результат измерения КШПЧ по измерительному сигналу превысит значение 179,4 кГц, то считают, что ширина полосы радиочастот передатчика не соответствуют нормам.