

## ПРИМЕНЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ РАДИОКОНТРОЛЯ РАБОТЫ ПЕРЕДАТЧИКОВ

*Дёмко А.И., Ганиев М.И., Семенов О.Ю., Хадасевич Д.В.  
Сургутский государственный университет, г. Сургут*

**Ключевые слова:** радиоконтроль, антенна, частота, радиочастотный спектр, радиоэлектронные средства, анализатор спектра частот, электромагнитная совместимость.

**Аннотация.** В статье описаны методики измерений технических параметров радиоэлектронных средств по диапазонам работы в полосах частот и по категориям радиостанций. Определены данные для расчёта нормы допустимого отклонения и контроля ширины полосы частот радиопередатчика. Представлено применение автоматизированной системы радиоконтроля с анализатором спектра частот. Материалы статьи применяются в образовательном процессе при подготовке специалистов по направлению «Инфокоммуникационные технологии и системы связи».

## APPLICATION OF AUTOMATED RADIO MONITORING SYSTEM OF TRANSMITTERS

*Dyomko A.I., Ganiev M.I., Semenov O.Yu., Hadasevich D.V.  
Surgut State University, Surgut*

**Keywords:** radio monitoring, antenna, frequency, radio frequency spectrum, radio electronic means, frequency spectrum analyzer, electromagnetic compatibility.

**Abstract.** The article describes the methods of measuring the technical parameters of radio-electronic means of work bands in the frequency bands and categories of radio stations. The data for calculating the standard deviation and monitoring the bandwidth of the radio transmitter has been determined. The application of an automated monitoring system with a frequency spectrum analyzer are presented. The materials of the article are used in the educational process in the training of specialists in the direction of "Infocommunication technologies and communication systems".

За последнее столетие радиотехнологии прочно утвердились во всех сферах жизни и деятельности общества в качестве важной составляющей индустриальной, технологической и социальной инфраструктуры. Развитие радиотехнологий привело к их массовому использованию на индивидуальном уровне, в массовом сегменте, бизнес-процессах, деятельности государственных органов и служб для обеспечения связи, вещания, передачи данных, доступа к информационным ресурсам, управления объектами и сложными распределенными системами в гражданской и военной областях. Массовое применение радиотехнологий привело к значительному количественному росту парка действующих радиосредств.

В настоящее время в масштабе страны действующая группировка стационарных радиосредств насчитывает около 2 млн. радиоустройств, работающих на передачу и приём радиосигналов. Число мобильных радиосредств индивидуального пользования в России давно превысило 200 млн. Соответствующий рост загруженности радиочастотного спектра (РЧС) привёл к усложнению электромагнитной и помеховой обстановки, непосредственно влияющей на электромагнитную совместимость (ЭМС) радиосредств. Все это потребовало обеспечения надлежащего использования РЧС, организации рационального частотного планирования, учета и контроля установленных правил и норм использования радиочастот и радиоэлектронных средств (РЭС). Развитие радиотехнологий привело к необходимости создания и совершенствования технологий контроля их применения по целевому назначению [1-11].

Радиоконтроль (РК) - комплекс технических и организационных мероприятий, осуществляемых путем измерений параметров излучений радиоэлектронных средств и высокочастотных устройств. В основном контроль за излучениями радиоэлектронных средств происходит следующим образом. Используется база данных Роскомнадзора, в которой имеется информация по всем РЭС, зарегистрированным на территории РФ. Все радиоэлектронные средства (РЭС), работающие на территории РФ должны иметь разрешение на использование радиочастот или радиочастотных каналов (РЧК) а также свидетельство о регистрации РЭС.

РИЧ выдается на юридическое лицо, в нём прописывается условия использования РЭС:

- частота работы, либо частотный диапазон,
- ширина полосы частот,
- высота подвеса антенны,
- координаты места установки РЭС,
- азимут антенны.

В ходе мероприятий радиоконтроля проводятся измерения следующих параметров:

- центральная частота излучения,
- контрольная ширина полосы частот,
- координаты места установки РЭС,
- высота подвеса антенны.

Для всех измерений есть свои аккредитованные методики. Так, для измерения центральной частоты излучения используются нормы 17-08, 17-13 – требования на допустимые отклонения частоты. В нормах и методиках РЭС разделены по диапазонам работы в полосах частот и по категориям станций. Для каждой категории радиостанции указаны коэффициенты для расчёта нормы допустимого относительного отклонения частоты радиопередатчика; для некоторых категорий указаны абсолютные значения допустимого отклонения, выраженные в герцах. При измерении контрольной ширины полосы частот (КШПЧ) используются нормы: «19-02, 19-13 – нормы на ширину полосы радиочастот и внеполосные излучения радиопередатчиков гражданского применения». В указанных нормах и методиках РЭС разделены на классы излучений по применяемым видам модуляции и дополнительным характеристикам РЭС.

Для каждого класса излучений указаны коэффициенты для расчёта необходимой ширины полосы частот и контрольной ширины полосы частот [4-5]. Все измерения должны проводиться оборудованием, которое внесено в Государственный реестр средств измерений. Все средства измерений (СИ) должны иметь свидетельства о поверке, либо сертификат калибровки, выданный уполномоченным на то органом. Поверка и калибровка производятся со строго определённой для каждого СИ периодичностью. При измерении частоты радиоэлектронного средства (РЭС) в свободном пространстве оборудование подключается в соответствии со схемой, представленной на рис. 1.

Контролируемую рабочую частоту  $f_u$  радиопередатчика 1 измеряют частотомером, для измерений применяется антенна 2 и анализатор спектра 3. Для сравнения и обработки полученных данных применяется генератор стандарта частоты 4 и персональный компьютер 5.

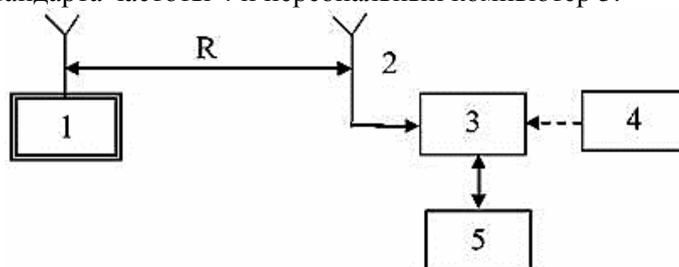


Рис. 1. Схема подключения оборудования для измерения частоты РЭС: 1 - контролируемое радиоустройство; 2 - измерительная антенна; 3 - анализатор спектра; 4 – генератор стандарта частоты; 5 - компьютер

Измерительная антенна 2 должна быть установлена в дальней зоне излучения антенны контролируемого радиоэлектронного устройства на расстоянии  $R$ , определяемого из выражения:

$$R \geq \frac{2 \cdot D^2}{\lambda}, \quad (1)$$

где  $D$  - линейный размер апертуры антенны исследуемого устройства в плоскости поляризации излучения;  $\lambda$  - длина волны.

Среднее арифметическое значение  $\Delta f_c$  абсолютных величин разностей между измеренными и присвоенным значениями частоты (Гц) на множестве измерений вычисляют по формуле:

$$\Delta f_c = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n |f_{ri} - f_v|, \quad (2)$$

где  $f_{ri}$  - величина рабочей частоты радиопередатчика, полученное при  $i$ -м измерении, Гц;  $f_v$  - величина присвоенной частоты радиопередатчика, Гц.

Исследуемое радиоэлектронное средство будет соответствовать требованиям нормы, если выполняются условия, соответствующие выражению:

$$\frac{\Delta f_c}{f_v} \leq N \cdot 10^{-6} \quad (3)$$

значение присвоенной полосы частот  $B_v$  радиопередатчика вычисляют по формуле:

$$B_v = B_r + 2 \cdot N_x, \quad (4)$$

где  $B_v$  - значение присвоенной полосы частот;  $B_r$  - значение необходимой ширины полосы частот;  $N$  - норма допустимого относительного отклонения частоты радиопередатчика;  $N_x$  - норма на допустимое отклонение частоты радиопередатчика [4-8].

По спектрограмме, полученной с помощью анализатора спектра, определяют принадлежащие одному уровню две точки, у которых разность их значений по оси частот равна  $B_v$  (рис. 2). Измеряемый радиопередатчик будет удовлетворять требованиям нормы при выполнении условий, соответствующих уравнениям (1-4). При проведении измерений центральной частоты работы РЭС используется

измерительное оборудование в соответствии с диапазоном работы РЭС. Например, измерительные направленные антенны типа «Rohde&Schwarz HE300» предназначенные для проведения измерений в диапазоне от 20 МГц до 7500 МГц, в зависимости от выбранного модуля. Измерительная рупорно-линзовая антенна П6-80/2 позволяет проводить измерения РЭС, работающих в диапазоне частот от 26 ГГц до 37,5 ГГц.

Измерительная антенна подключается непосредственно к анализатору спектра, который также имеет свой рабочий диапазон измерений в зависимости от частоты. Например, анализатор спектра типа «R&S FSP 40» позволяет проводить измерения в диапазоне частот от 9 кГц до 40 ГГц. Дополнительно при проведении измерений может использоваться малошумящий усилитель, который включается между антенной и анализатором спектра. Измерение координат места установки РЭС и высоты подвеса антенны производится навигационной аппаратурой и лазерным дальномером. После проведения работ по измерению основных параметров РЭС, полученные результаты анализируются на рабочем месте с применением автоматизированной системы радиоконтроля (АСРК), установленной на персональный компьютер (ПК) (рис. 2).

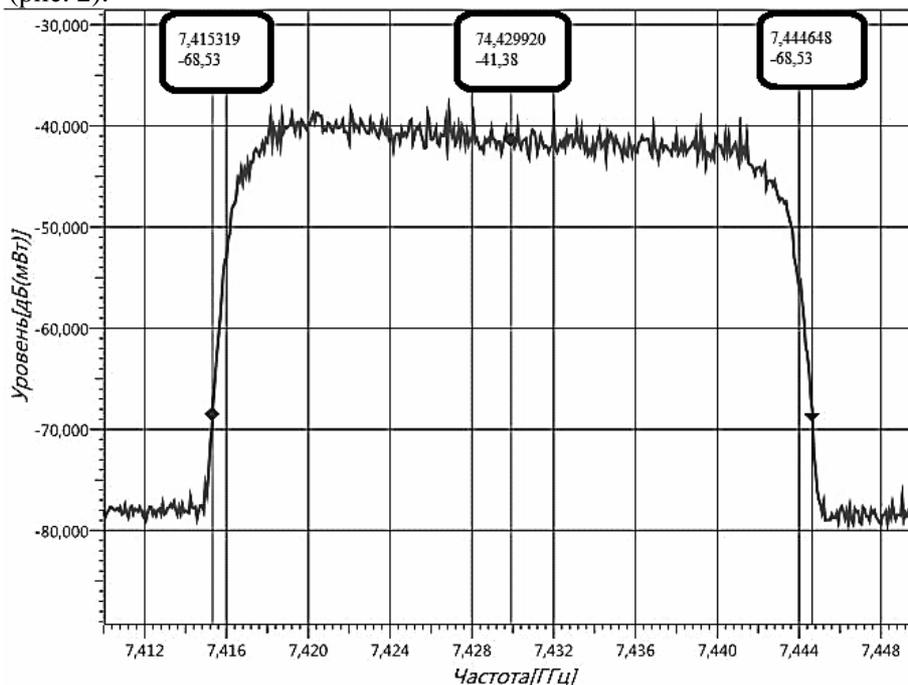


Рис. 2. Спектрограмма излучения РЭС, получаемая при использовании автоматизированной системы радиоконтроля

Полученный спектр анализируется в соответствии с вышеуказанными методиками с целью нахождения центральной частоты излучения и занимаемой ширины полосы частот. Измеренная информация сравнивается с данными, указанными в РИЧ и свидетельстве о регистрации РЭС. По результатам вышеописанной работы составляется протокол измерений технических параметров излучения радиоэлектронных средств [9-11].

Таким образом применение данных методик радиоконтроля позволяет эффективно использовать автоматизированную систему радиоконтроля с анализатором спектра частот, что в свою очередь повышает скорость и эффективность мероприятий по выявлению случаев нарушения электромагнитной и помеховой обстановки, непосредственно влияющей на электромагнитную совместимость радиосредств и организации рационального частотного планирования.

### Список литературы

1. Дёмко А.И., Семенов О.Ю. Радиопередающие устройства: учебно-методическое пособие. - Сургут: Издательский центр СурГУ, 2018. - 32 с.
2. ГОСТ Р 50657-94. Совместимость радиоэлектронных средств электромагнитная. Устройства радиопередающие всех категорий и назначений народного хозяйственного применения. Требования к допустимым отклонениям частоты. Методы измерений и контроля.
3. Концепция развития системы контроля за излучениями радиоэлектронных средств и (или) высокочастотных устройств гражданского назначения в Российской Федерации на период до 2025 года. Утверждена решением ГКРЧ от 4 июля 2017 г. № 17-42-06.
4. Нормы 19-02. Нормы на ширину полосы радиочастот и внеполосные излучения радиопередатчиков гражданского применения.

5. Нормы 19-13. Нормы на ширину полосы радиочастот и внеполосные излучения радиопередатчиков гражданского применения (с Изменениями на 1 июля 2016 года).
6. Семенов О.Ю. Технология Radio Over Fiber / Трофимова М.А., Семенов О.Ю., Шаркова Н.А. // Экспериментальные и теоретические исследования в современной науке: сб. ст. по матер. XIX междунар. науч.-практ. конф. № 10(19). – Новосибирск: СибАК, 2018. – С. 63-66.
7. Семенов О.Ю. Взаимодействие систем сигнализации R1.5 и R2 в сетях связи / XXII Международная научно-практическая конференция «Вопросы современных научных исследований». - Вестник современных исследований. – 2018. – № 4–2 (19). – С. 299-304.
8. Семенов О. Ю. Сети следующего поколения NGN стандарта GSM – от 2G до 6G / Семенов О.Ю., Давлетов Р.Р., Чаппаров Ф.Х., Сафроненко С.А., Шафикова А.Ф., Гамидов Ф.М. // Техника. Технологии. Инженерия. – 2018. – №3. – С. 3-6.
9. Радиорегламент, редакция 2008 г., Международный союз электросвязи Radio Regulations, Edition of 2008, ITU.
10. Рекомендация МСЭ-Р SM-1045-1. Отклонения частоты передатчиков. Recommendation ITU-R SM-1045-1. Frequency tolerance of transmitters, 1997.
11. Харченко И.П. 13 лекций по регулированию и мониторингу использования радиочастотного ресурса. – СПб.: Линк, 2008. – 247 с.

Сведения об авторах:

*Дёмко Анатолий Ильич* – к.т.н., доцент, доцент кафедры радиоэлектроники и электроэнергетики, СурГУ;

*Ганиев Марс Ильгизович* – аспирант, СурГУ;

*Семенов Олег Юрьевич* – к.ф.-м.н., старший преподаватель кафедры радиоэлектроники и электроэнергетики, СурГУ;

*Хадасевич Дмитрий Владимирович* – студент, СурГУ.

---

---

**Санкт-Петербургский филиал  
Научно-исследовательского центра «МашиноСтроение»  
(СПбФ НИЦ МС)**

<http://srcms.ru/spbf/>

E-mail: [spbf@srcms.ru](mailto:spbf@srcms.ru)

