

**МСЭ-R**  
Сектор радиосвязи МСЭ

**Рекомендация МСЭ-R SM.1392-3**  
(02/2021)

**Необходимые требования к системе  
контроля за использованием спектра  
в развивающихся странах**

**Серия SM**  
**Управление использованием спектра**



## Предисловие

Роль Сектора радиосвязи заключается в обеспечении рационального, справедливого, эффективного и экономичного использования радиочастотного спектра всеми службами радиосвязи, включая спутниковые службы, и проведении в неограниченном частотном диапазоне исследований, на основании которых принимаются Рекомендации.

Всемирные и региональные конференции радиосвязи и ассамблеи радиосвязи при поддержке исследовательских комиссий выполняют регламентарную и политическую функции Сектора радиосвязи.

### Политика в области прав интеллектуальной собственности (ПИС)

Политика МСЭ-R в области ПИС излагается в общей патентной политике МСЭ-T/МСЭ-R/ИСО/МЭК, упоминаемой в Резолюции МСЭ-R 1. Формы, которые владельцам патентов следует использовать для представления патентных заявлений и деклараций о лицензировании, представлены по адресу: <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/en>, где также содержатся Руководящие принципы по выполнению общей патентной политики МСЭ-T/МСЭ-R/ИСО/МЭК и база данных патентной информации МСЭ-R.

### Серии Рекомендаций МСЭ-R

(Представлены также в онлайн-форме по адресу: <http://www.itu.int/publ/R-REC/en>.)

Серия	Название
BO	Спутниковое радиовещание
BR	Запись для производства, архивирования и воспроизведения; пленки для телевидения
BS	Радиовещательная служба (звуковая)
BT	Радиовещательная служба (телевизионная)
F	Фиксированная служба
M	Подвижные службы, служба радиоопределения, любительская служба и относящиеся к ним спутниковые службы
P	Распространение радиоволн
RA	Радиоастрономия
RS	Системы дистанционного зондирования
S	Фиксированная спутниковая служба
SA	Космические применения и метеорология
SF	Совместное использование частот и координация между системами фиксированной спутниковой службы и фиксированной службы
<b>SM</b>	<b>Управление использованием спектра</b>
SNG	Спутниковый сбор новостей
TF	Передача сигналов времени и эталонных частот
V	Словарь и связанные с ним вопросы

*Примечание.* – Настоящая Рекомендация МСЭ-R утверждена на английском языке в соответствии с процедурой, изложенной в Резолюции МСЭ-R 1.

Электронная публикация  
Женева, 2021 г.

© ITU 2021

Все права сохранены. Ни одна из частей данной публикации не может быть воспроизведена с помощью каких бы то ни было средств без предварительного письменного разрешения МСЭ.

## РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R SM.1392-3

**Необходимые требования к системе контроля за использованием спектра  
в развивающихся странах**

(1999-2000-2010-2021)

**Сфера применения**

В особой ситуации, характерной для развивающихся стран, в частности в условиях бюджетных ограничений, требуется тщательно планировать национальную систему контроля за использованием спектра. В настоящей Рекомендации приводятся некоторые руководящие указания в этом отношении.

**Ключевые слова**

Система и сеть контроля за использованием спектра, необходимые требования, руководящие указания, развивающиеся страны.

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

*учитывая,*

- a) что в условиях возрастающего использования радиослужб в развивающихся странах требуется более эффективно использовать радиочастотный спектр;
- b) что контроль за использованием спектра является важным средством управления использованием частот в целом, а также проверки эффективности использования радиочастотного спектра в частности;
- c) что системы контроля за использованием спектра нередко составляют наиболее дорогостоящую часть национальной системы управления использованием спектра, оптимальная реализация которой, включая создание сетей контроля, имеет существенные экономические последствия;
- d) что оборудование контроля за использованием спектра становится все более сложным и обеспечивает все больше новых функций, и для его надлежащего функционирования требуется наличие высокопрофессионального и хорошо обученного персонала, а также наличие необходимой инфраструктуры для испытания, калибровки и технического обслуживания оборудования, в том числе антенн;
- e) что в Рекомендации МСЭ-R SM.1050 определены задачи службы контроля;
- f) что необходимо определить минимальные требования к системам контроля развивающихся стран, с тем чтобы эти системы могли выполнять свои задачи, связанные с управлением использованием спектра на национальном уровне, и могли составлять часть международной системы контроля,

*отмечая*

содержание действующей редакции Справочника МСЭ по контролю за использованием спектра, а также тот факт, что содержащиеся в настоящей Рекомендации ссылки относятся к редакции Справочника 2011 года и [Отчету МСЭ-D](#) "Руководящие указания по подготовке тендера на создание или модернизацию сетей контроля за использованием спектра",

*рекомендует,*

чтобы в целях выполнения установленных в Рекомендации МСЭ-R SM.1050 задач при разработке систем и сетей контроля в развивающихся странах соблюдались требования Приложения 1, приведенные в соответствии с национальными требованиями.

## Приложение 1

### 1 Введение

Станции и сети радиоконтроля в развивающихся и развитых странах в основном выполняют одни и те же задачи и, следовательно, к ним предъявляются одинаковые требования. Однако отличия в части имеющегося бюджета, численности персонала и существующей инфраструктуры могут быть существенными. В связи с этим, чтобы свести эти отличия к минимуму, необходимы основательное планирование и тщательная разработка систем и сетей.

Цель настоящей Рекомендации состоит в том, чтобы предоставить некоторые руководящие указания в отношении того, как создать систему и сеть контроля за использованием спектра в условиях имеющихся ограниченных ресурсов.

### 2 Задачи

#### 2.1 Общие задачи

Существуют четыре главные задачи службы радиоконтроля, которые вытекают из Регламента радиосвязи (РР):

- контроль излучений на предмет соблюдения положений, касающихся частотного присвоения;
- наблюдения за полосами частот и измерения занятости каналов;
- расследование случаев вредных помех;
- выявление и устранение источников незаконных излучений.

Более подробно эти задачи определены в Рекомендации МСЭ-R SM.1050.

В главах 1 и 2 Справочника МСЭ по контролю за использованием спектра, утвержденного в 2010 году (в дальнейшем именуемого "Справочник"), перечислены дополнительные задачи, например инспектирование радиостанций на местах, которые могут быть поручены службе радиоконтроля.

#### 2.2 Задачи измерения

При более внимательном рассмотрении этих общих задач выделяются конкретные задачи измерения, которые представлены в Рекомендации МСЭ-R SM.1050 и главе 2 Справочника, например:

- измерения частоты;
- измерения напряженности поля и плотности потока мощности;
- измерения ширины полосы;
- измерения модуляции;
- измерения занятости спектра;
- анализ сигналов и опознавание передатчиков;
- радиопеленгация и определение местонахождения.

В главе 4 Справочника приведена подробная информация об измерениях этих базовых параметров. В главе 5 Справочника приведено конкретизированное описание систем и процедур контроля применительно к различным радиослужбам и их применениям. В главе 6 устанавливаются основополагающие принципы устройства систем контроля, в том числе оптимальное планирование и оптимизация сетей контроля, основные вспомогательные средства (например, карты), глобальные навигационные спутниковые системы, методы быстрого преобразования Фурье и т. д.

### 3 Область применения систем радиоконтроля

Область применения систем и сетей радиоконтроля должна быть ограничена исходя из бюджетных ограничений и с учетом определенных требований. Для этого в первую очередь необходимо ответить на следующие вопросы.

- Что конкретно ожидается от службы радиоконтроля?
- Какие области деятельности представляют большой общественный, политический или коммерческий интерес?
- Каков интересующий диапазон частот?
- За какими радиослужбами и их конкретными применениями важно обеспечить контроль?
- Какие регионы страны важно охватить контролем на данном этапе экономического развития страны и до какой степени в них должен быть обеспечен охват контролем?
- Каковы последствия того, что тот или иной диапазон частот, радиослужба или задача либо часть территории страны не будут охвачены контролем?
- Можно ли обеспечить наличие достаточной численности высокопрофессионального и хорошо обученного эксплуатационного персонала?
- Можно ли обеспечить наличие необходимой инфраструктуры для испытаний, калибровки и технического обслуживания оборудования, в том числе антенн?
- Существует ли необходимость в обмене данными между станциями контроля и центрами контроля, и если существует, то имеется ли необходимая инфраструктура?
- Имеются ли какие-либо другие учреждения, которые могли бы выполнять те же самые задачи?
- Имеется ли подходящее место для сооружения фиксированной станции контроля?

Ввиду того, что эти вопросы взаимосвязаны и на них нельзя дать ответы по отдельности, их необходимо рассматривать в увязке с вопросами эксплуатации. В результате этого могут возникнуть, например, следующие вопросы.

- Существует ли необходимость в контроле сетей подвижной телефонной связи и измерении их радиопокрытия или же эту задачу можно поручить оператору сети?
- Оправдывает ли количество лицензий, выданных для линий фиксированной связи, закупку специального оборудования для измерений на частотах вплоть до 40 ГГц или даже выше?
- Какие службы радиосвязи и их применения в наибольшей степени подвержены помехам или незаконной эксплуатации и в каких частях территории страны они расположены?
- Существуют ли области, в которых следует иметь фиксированные или мобильные станции контроля, чтобы обеспечить оперативное реагирование с учетом страновой инфраструктуры?

### 4 Планирование системы радиоконтроля

После того как получен ответ на поставленные выше вопросы, можно определить требуемые системы радиоконтроля, в частности радиопеленгации, а также необходимую инфраструктуру, исходя из имеющихся финансовых ресурсов. В связи с этим особое внимание требуется уделить необходимому числу станций контроля, выбору места их размещения, а также дистанционному управлению станциями контроля.

Требования в отношении размещения станций контроля и их защиты от окружающих условий представлены в Рекомендации МСЭ-R SM.575 и пункте 2.6 Справочника. Следует отдавать себе отчет, что выбор места размещения станции контроля является чрезвычайно важным этапом, так как найти соответствующие незанятые площадки для размещения может оказаться нелегко. Подробные руководящие указания по этой теме даны в Отчете МСЭ-R SM.2356.

В пункте 2.5 Справочника приведены подробные данные о дистанционном управлении станциями контроля. Следует тщательно рассмотреть вопрос о средствах связи между площадками, на которых расположены различные станции контроля, а также между этими площадками и главным центром управления.

В Приложении 1 к Справочнику содержатся руководящие указания по планированию системы контроля применительно к оборудованию и соответствующему процессу тендера.

В Отчете МСЭ-R SM.2257 содержатся руководящие указания по организации и технико-логистическим аспектам контроля за использованием спектра в ходе проведения крупных мероприятий.

Роль радиоконтроля в поддержке инспектирования объектов радиосвязи описана в Отчете МСЭ-R SM.2156. Отчет МСЭ-R SM.2130 содержит руководящие указания по инспектированию радиостанций.

## 5 Оборудование

Все станции радиоконтроля, как правило, состоят из антенн, приемников или анализаторов, радиопеленгаторов и оборудования анализа и/или записи сигналов. Современное оборудование обеспечивает высокую степень автоматизации, и в одном устройстве может совмещаться несколько функций. Например, приемник может быть оснащен функцией радиопеленгации. В некоторых случаях имеется возможность оснастить устройство такими функциями впоследствии.

Тем не менее для автоматизированного или дистанционного управления оборудованием и документального подтверждения результатов требуется внешний персональный или портативный компьютер.

### 5.1 Антенны

Для всех диапазонов частот, подлежащих радиоконтролю, необходимы соответствующие антенны, которые можно распределить по следующим категориям, например:

- пассивные/активные антенны;
- антенны с низким/высоким усилением;
- антенны, пригодные для стационарного/мобильного/транспортируемого использования;
- направленные/ненаправленные/радиопеленгационные антенны.

Различным типам антенн присущи разные преимущества и недостатки, зависящие от индивидуального применения. Для измерений напряженности поля обязательно должен быть известен частотно-зависимый коэффициент антенны (коэффициент  $k$ ).

Подробная информация об антеннах представлена в главе 3 Справочника. В пункте 2.6 Справочника рассмотрены критерии выбора площадки и меры по защите антенн.

### 5.2 Приемники и анализаторы

Приемники и анализаторы спектра являются незаменимыми инструментами всех служб радиоконтроля. Основные различия между ними состоят в том, что приемники, как правило, обеспечивают предварительную селекцию в тракте радиочастоты и предназначены для демодуляции, тогда как анализаторы спектра используются для отображения спектральных характеристик радиочастотного сигнала.

Измерения, касающиеся аналоговых радиослужб, в том числе, например, измерения отклонения частоты и суммарной мощности сигнала ЧМ-радиовещания, должны выполняться с использованием приемника. Так же выполняются измерения напряженности поля. Измерения таких параметров, как частота и ширина полосы, могут осуществляться и с использованием анализатора спектра. Анализаторы могут использоваться также для измерения сигналов с цифровой модуляцией или для обнаружения неизвестных источников помех.

Современные приемники могут обладать некоторыми характеристиками, которые обычно требуются от анализаторов спектра. И наоборот, анализаторы спектра, работающие в режиме нулевого интервала времени, могут выполнять некоторые функции приемников.

В то же время выполнение анализа с использованием быстрого преобразования Фурье (БПФ) и в приемнике, и в анализаторе спектра стало приемлемым в ценовом отношении, и ему следует отдавать предпочтение. Совсем не обязательно, что этот метод окажется более дорогостоящим, чем

традиционный анализ с использованием качающейся частоты. В отношении спецификаций приемников можно обратиться к главе 3 Справочника, а также к Рекомендациям МСЭ-R SM.1836, SM.1837, SM.1838, SM.1839, SM.1840 и SM.2080, а также к Отчету МСЭ-R SM.2125.

В Рекомендации МСЭ-R SM.377 и в пунктах 4.2 и 4.5 Справочника подробно описано измерение частоты и ширины полосы. Ввиду того, что ширина полосы частот излучений вещательных ЧМ-передатчиков тесно связана с девиацией частоты, при измерении параметров излучений таких передатчиков необходимо учитывать положения Рекомендации МСЭ-R SM.1268. Предельные значения ширины полосы частот для различных классов излучений приведены в Отчете МСЭ-R SM.2048.

Подробная информация об измерениях напряженности поля и плотности потока мощности представлена в Рекомендации МСЭ-R SM.378 и в пункте 4.4 Справочника. Измерения напряженности поля вдоль трассы с регистрацией географических координат, которые важны для определения зоны покрытия радиосвязью, представлены в Рекомендациях МСЭ-R SM.1447 и МСЭ-R SM.1875. Другие соображения, касающиеся измерений покрытия, представлены в пункте 4.11 Справочника. В Рекомендации МСЭ-R SM.1708 рассматривается измерение напряженности электрического поля вдоль определенного маршрута с регистрацией географических координат.

В отношении измерения параметров радишума необходимо учитывать положения Рекомендаций МСЭ-R SM.1753 и МСЭ-R P.372, а также Отчета МСЭ-R SM.2055. Применительно к промышленному шуму в диапазоне ВЧ необходимо учитывать положения Отчета МСЭ-R SM.2155.

### 5.3 Радиопеленгация и определение местонахождения

Радиопеленгаторы являются, вероятно, наиболее эффективными средствами определения местонахождения источника вредных помех и обнаружения передатчиков, работающих без разрешения. В то же время они нередко относятся к числу самых дорогостоящих средств службы радиоконтроля.

Для экономии бюджета требуется тщательно планировать площадки для размещения стационарных радиопеленгаторов, с тем чтобы свести к минимуму их количество и при этом обеспечить требуемый охват территории и точность определения местонахождения. В пункте 6.8 Справочника приведены полезные указания по данной теме. Для расширения охвата можно также рассмотреть возможность временного развертывания транспортируемых или мобильных станций радиопеленгации.

При планировании оборудования стационарных, мобильных и транспортируемых радиопеленгаторов требуется предварительно учесть их целевое назначение, которое оказывает существенное влияние на спецификации, например требуемый диапазон частот и минимальную длительность сигнала. Следует отметить также, что мобильные радиопеленгаторы в частности целесообразно использовать для наведения, тогда как определение возможных местоположений передатчика относится к области использования стационарных или транспортируемых станций радиопеленгации. Для того чтобы обнаружить точное местонахождение мешающего или незаконного передатчика, необходима мобильная станция радиоконтроля. Кроме того, можно также рассмотреть вопрос о целесообразности использования для некоторых применений приемников системы наведения. Для повышения надежности определения местоположения на частотах выше 30 МГц, как правило, требуется несколько станций радиопеленгации, используемых для триангуляции. На частотах ниже 30 МГц может рассматриваться возможность эксплуатации одной станции, использующей метод определения местонахождения с помощью одиночной станции (SSL).

Пример факторов, которые необходимо учитывать в плане ограничений радиопеленгаторов: распространение линий фиксированной связи в диапазоне 26 ГГц и даже выше, а также появление применений для высокоскоростной передачи данных само по себе не оправдало бы приобретения мобильных радиопеленгаторов для данного диапазона частот или указало бы на очень низкую минимальную длительность сигнала.

Прежде чем принять какое-либо решение, следует внимательно изучить пункт 4.7 Справочника, а также Рекомендацию МСЭ-R SM.854 и Отчет МСЭ-R SM.2211. В Отчете МСЭ-R SM.2211 рассматривается метод определения географического местоположения источника сигнала, основанный на разнице во времени прихода сигнала (TDOA), а также гибридный метод, в котором для определения

местоположения используются как радиопеленгация, так и TDOA; эти методы сравниваются с методами, основанными на использовании только радиопеленгации.

#### **5.4 Оборудование для измерения занятости и записывающее оборудование**

Занятость канала и использование полосы частот в целом обеспечивают полезную информацию для управления использованием спектра. Специализированные устройства записи спектра облегчают проведение одновременных измерений в нескольких диапазонах, однако им необходима огромная емкость запоминающего устройства. Иногда требования к оборудованию могут быть снижены, например, путем уменьшения времени записи, ограничения интервала наблюдения или повышения необходимого времени обзора частоты во время измерения. В этих условиях следует рассмотреть возможность использования современного анализатора БПФ, который облегчает получение спектрограмм и проведение измерений занятости без задействования дополнительного оборудования. Во многих случаях стандартные приемники и анализаторы спектра, используемые для радиоконтроля, могут применяться также в сочетании с компьютером под управлением программного обеспечения, которое управляет оборудованием и обеспечивает хранение данных. В Рекомендации МСЭ-R SM.1880, Отчетах МСЭ-R SM.2154, МСЭ-R SM.2256 и МСЭ-R SM.2270, а также в пункте 4.10 Справочника приведены подробные сведения о методах выполнения соответствующих измерений и визуализации полученных результатов.

#### **5.5 Оборудование для измерений модуляции**

Стандартные приемники радиоконтроля уже обеспечивают некоторые возможности демодуляции аналогового и/или цифрового сигнала, а также выходной сигнал промежуточной частоты для дальнейшего анализа. Необходимость конкретных анализаторов модуляции в значительной степени определяется выполняемым анализом, который описан в пункте 2, выше. Подробная информация об измерениях модуляции представлена в пункте 4.6 Справочника.

#### **5.6 Оборудование для опознавания и декодирования**

Опознавание радиосигнала является одной из наиболее трудных задач службы радиоконтроля. Более подробно вопросы анализа сигналов и опознавания передатчиков рассмотрены в Рекомендации МСЭ-R SM.1600, Отчетах МСЭ-R SM.2258 и МСЭ-R SM.2304, а также в пункте 4.8 Справочника.

### **6 Сравнение стационарных станций контроля с мобильными и транспортируемыми станциями**

Для службы радиоконтроля необходимо по крайней мере одно здание, имеющее кабинеты, складское помещение и ремонтную мастерскую. Иногда несколько антенн можно установить на крыше, однако в большинстве случаев более целесообразно использовать отдельные антенные вышки.

Мобильные и транспортируемые станции контроля незаменимы при выполнении задач контроля на местах, в частности для определения источников вредных помех и передатчиков, работающих без разрешения. Мобильные станции контроля применяются для поиска и локализации источников помех. Их можно также направлять в места за пределами зон покрытия фиксированных станций контроля и использовать в качестве временных фиксированных станций. Транспортируемые системы контроля применяются обычно для локализации источника помех или несанкционированного передатчика в пределах последних сотен метров.

Транспортируемые станции контроля можно перевозить транспортным средством, если мобильных станций нет в наличии по какой-то причине, а мобильные станции – использовать в местах за пределами зон покрытия фиксированных станций, как уже говорилось выше.

В главе 2 Справочника рассмотрены различные типы станций контроля, в том числе мобильные станции. Рекомендация МСЭ-R SM.1723 посвящена конкретно мобильным станциям. В Отчете МСЭ-R SM.2356 рассматривается оптимальное соотношение числа фиксированных, транспортируемых и мобильных станций контроля.



## 7 Программное обеспечение и интерфейсы

Помимо стандартного офисного программного обеспечения, включающего программы для подготовки текстов и работы с электронными таблицами, службе радиоконтроля требуется дополнительное программное обеспечение, предназначенное для работы с измерительным оборудованием. С помощью этого программного обеспечения можно автоматизировать рутинную работу и процессы многократных измерений, информировать или оповещать оператора в случае выполнения конкретного условия, а также предоставлять другие функции, помогающие оператору разобраться в видах контролируемых сигналов и помех (примеры приведены в пункте 3.6.2 Справочника). Кроме того, крайне важно, чтобы служба радиоконтроля имела доступ через подходящий интерфейс к полной базе данных о лицензиях, позволяющей проводить сравнение с результатами контроля, а также определять возможные нарушения условий лицензий и передатчики, не имеющие лицензий.

Такой доступ позволяет обеспечить автоматизацию системы контроля за использованием спектра и ее интеграцию с автоматизированной системой управления использованием спектра (см. Рекомендацию МСЭ-R SM.1537).

## 8 Организация, подготовка персонала и участие в международной системе контроля

Как правило, бюджетные ограничения сопровождаются нехваткой персонала. В связи с этим требуется готовить персонал широкого профиля и применять горизонтальную иерархию. В некоторых администрациях персонал, осуществляющий контроль за использованием спектра, вынужден также выполнять задачи по управлению использованием спектра и задачи, связанные с инспектированием. Структура и организация службы радиоконтроля, а также вопросы подготовки персонала рассмотрены в нескольких разделах главы 2 Справочника, поскольку это весьма важные составляющие системы, затрагивающие ее эффективность в целом. Аналогичные соображения касаются необходимой инфраструктуры для ремонта, настройки, калибровки, испытания и технического обслуживания оборудования, в том числе антенн. Администрации развивающихся стран могут рассмотреть возможность подготовки персонала по программам Сектора развития людских ресурсов Международного союза электросвязи (МСЭ-D), таким как Академия МСЭ, а также в имеющихся по всему миру бесплатных центрах подготовки (см. главу 2 Справочника).

В отношении участия в международной системе контроля излучений следует учитывать положения Рекомендаций МСЭ-R SM.1139, МСЭ-R SM.1393, МСЭ-R SM.1394 и МСЭ-R SM.1809, пункты 1.4 и 1.5 Справочника, а также Приложение 1 к главе 1 Справочника. Кроме того, следует принимать во внимание дополнительные сведения о классах излучений, приведенные в Рекомендации МСЭ-R SM.1270.

Администрации, желающие принять участие в международной системе контроля излучений в соответствии со статьей 16 Регламента радиосвязи (РР), могут включить свою станцию в Список станций международного радиоконтроля (Список VIII), содержащий подробные сведения о станциях радиоконтроля, участвующих в международном контроле излучений, и адреса централизуемых учреждений. Он включает в себя информацию о том, какие виды измерений способна выполнять каждая из станций.