

Международный союз электросвязи

**МСЭ-R**  
Сектор радиосвязи МСЭ

**Отчет МСЭ-R SM.2130-1**  
(06/2017)

**Инспекция радиостанций**

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



Международный  
союз  
электросвязи

## 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 Отчетов МСЭ-R

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

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

*Примечание.* – Настоящий Отчет МСЭ-R утвержден на английском языке Исследовательской комиссией в соответствии с процедурой, изложенной в Резолюции МСЭ-R 1.

Электронная публикация  
Женева, 2020 г.

© ITU 2020

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.

## ОТЧЕТ МСЭ-R SM.2130-1

**Инспекция радиостанций**

(2008-2017)

## СОДЕРЖАНИЕ

*Стр.*

1	Введение.....	1
2	Роль и организация инспекционной деятельности .....	2
3	Методы инспекции.....	3
4	Технические параметры.....	5
5	Комплектация оборудования .....	6
6	Рассматриваемые записи .....	7
7	Контроль за использованием спектра в сравнении с инспекциями на месте.....	8
8	Выводы.....	9
	Приложение 1 – Критерии определения размера выборки при планировании инспекций.....	9
1	Введение.....	9
2	Метод определения размера выборки .....	9
3	Количество необходимых выборок .....	10
4	Количество выборок в радиосети .....	11
5	Выбор объектов для испытания.....	11
6	Влияние параметров на объем испытаний.....	12
7	Стратегия .....	12
8	Выводы.....	13

**1 Введение**

В настоящем Отчете представлен обзор процедур инспекций в ответ на Вопрос МСЭ-R 225/1 в отношении методов и процедур инспекций. Вопрос касается того, как действуют администрации при планировании и проведении инспекций радиостанций.

Цель настоящего Отчета состоит в предоставлении общих руководящих указаний по планированию и осуществлению инспекционной деятельности на радиостанциях различных типов. Под инспекционной деятельностью здесь понимается деятельность, осуществляемая "на месте", с выездом в место расположения передатчика. Часто она включает рассмотрение и проверку технических и административных характеристик, присвоенных радиостанции или другому пользователю спектра.

Хотя термин "лицензированный" используется по всему Отчету, он может рассматриваться здесь относящимся не только к станциям, имеющим лицензии, которые выданы регуляторным органом, но также к другим правомочным пользователям спектра (таким как пользователи, работающие с "освобожденными от лицензии" устройствами, например маломощными радиоустройствами, и с РЧ устройствами, функционирующими в соответствии с аттестацией стандартов оборудования).

В Приложении описаны некоторые случаи, относящиеся к определенным службам, с тем чтобы привести примеры возможного применения общих руководящих указаний. Настоящий Отчет должен рассматриваться в качестве документа, содержащего общее руководство по планированию инспекций.

## 2 Роль и организация инспекционной деятельности

Радиочастотный спектр приобретает все более важную ценность для социально-экономического развития многих стран. Деятельность регуляторных органов электросвязи по контролю за радиочастотным спектром становится еще более важной, поскольку национальные администрации стремятся максимально эффективно использовать спектр, осуществлять контроль за помехами и содействовать внедрению новых технологий без неблагоприятного влияния на действующие технологии.

Технические и административные радиорегламентарные положения той или иной администрации содействуют обеспечению работы радиослужб на основе непричинения помех. Пользователи спектра, которые работают за пределами разрешенных им параметров, могут различными способами создавать помехи другим пользователям (например, создавать помехи в совмещенном канале и соседнем канале, гармоники и другие побочные излучения). Регуляторные органы обычно используют различные методы, помогающие обеспечить правильное и эффективное использование спектра. Эти методы включают осуществляемые дистанционно измерения/контроль за использованием спектра, проводимые на месте инспекции/измерения радиостанций и введение в действие характеристик соответствия для определенного оборудования (радио- и нерадиооборудования, которое создает энергию в РЧ спектре). В целях оказания содействия контролю за эффективным использованием спектра администрации успешно сочетали некоторые из этих методов, в результате использования которых осуществлялись санкции по правоприменению (официальные уведомления о нарушениях).

В зависимости от администрации эти функции могут быть сосредоточены:

- в одном подразделении регуляторного органа/организации (например, местная силовая структура по правоприменению, которая осуществляет контроль, проводит инспекции и осуществляет санкции по правоприменению);
- в различных частях того же регуляторного органа/организации (с отдельными подразделениями контроля, подразделением инспекций и подразделением осуществления санкций);
- иногда, как вариант – в различных организациях (например, инспекции радиовещательных станций могут проводиться совершенно другим органом/организацией, чем инспекции и контроль других служб).

То, каким образом это организовано в рамках той или иной администрации, часто определяется внутренними регуляторными положениями, числом владельцев лицензий или других правомочных пользователей спектра, количеством частных станций по сравнению с государственными станциями и другими причинами. Тогда как некоторая эффективность может быть достигнута, если все эти функции сосредоточены в том же отделении или подразделении, наиболее важным фактором является то, что разные части организации, отвечающие за отдельную область, осуществляют связь и координируют свои действия при определении работы, установлении ее приоритета, проведении работы и предоставлении отчетности. Однако проводить строгое различие между инспекциями на месте и контролем за использованием спектра со временем становится все труднее. С одной стороны, для контроля маломощных устройств необходимо находиться практически в месте расположения передатчика, а с другой – инспекция вещательного передатчика на месте может включать в себя

определение мощности его излучения, а для этого, возможно, потребуется удалиться от передатчика на расстояние нескольких километров.

Кроме того, инспекционная деятельность должна быть обеспечена соответствующими законодательными актами и официально утвержденными регуляторными положениями, в которых подробно изложено проведение этих законодательных актов. Регуляторные положения должны учитывать охват организации, технологию, включать процедуры инспекции, права и обязанности органов и пользователей спектра, положения, касающиеся разрешения споров между инспектирующими органами и пользователями спектра, и др. Положения об обязанностях пользователей спектра должны включать положения, обеспечивающие свободный доступ инспекторов на сооружения радиосвязи и меры по недопущению создания любых препятствий их работе. Эти положения обычно являются частью внутренних регуляторных положений. Полномочия, которыми располагает инспектор и которые удостоверяют его правомочность проводить инспекции от имени регуляторного органа, обычно основаны на этих регуляторных положениях.

Функция инспекции, по крайней мере на начальном этапе ее реализации, может эффективно сочетаться с функцией "эфирного" (дистанционного) контроля, основанной на однотипности контрольного и измерительного оборудования и других средств, используемых при выполнении задач контроля и инспектирования на месте.

Стандартизированные методики измерения могут не только помочь администрациям в обеспечении качества инспекций, проводимых разными правоприменительными структурами, но и использоваться поставщиками услуг и пользователями спектра в качестве методической базы, в соответствии с которой все держатели лицензий смогут проводить собственные измерения и обеспечивать качество данных, предоставляемых в поддержку деятельности по управлению использованием спектра.

По разным причинам некоторые администрации не проводят радиоинспекций. Однако в долгосрочной перспективе отсутствие программы инспекций может привести к ряду отрицательных последствий. Без проведения инспекций нельзя гарантировать полноту и надежность национального регистра частотных присвоений, поскольку одной из целей инспекции является проверка того, что радиостанция действительно установлена и работает в соответствии с присвоенными ей параметрами. Получение ценных справочных данных для последующего контроля за использованием спектра (таких как справочные значения напряженности поля) нередко может вызывать затруднения. Эти два фактора существенно снижают эффективность автоматизированных систем управления использованием спектра при обнаружении нарушений или несанкционированного использования. С административной точки зрения отсутствие инспекций возвращает пользователей спектра, поскольку они могут посчитать возможным не обращать внимания на соответствие параметрам своих лицензий, так как без проверок на месте опасность обнаружения становится меньше. В этом отношении даже ограниченные инспекции могут существенно повысить ответственность пользователей спектра.

### **3 Методы инспекции**

*Методы инспекции*, используемые администрациями, обычно могут формулироваться как факторы, определяющие решения, этапы планирования и методы реализации, используемые администрациями для планирования и проведения инспекций станций. В отношении инспекций должно быть принято несколько решений, в том числе: какие радиослужбы должны быть проинспектированы, какое количество должно быть проинспектировано, какова частота проведения этих инспекций и насколько подробные данные должны быть собраны в ходе каждой инспекции.

Существует круг методов, используемых администрациями при формировании своих планов инспекций, – от инспектирования всех станций до инспектирования нескольких станций или непроведения инспекций. Ниже приведено несколько примеров того, как могут быть организованы инспекции.

#### **– Инспекция всех станций**

Некоторые администрации ставят целью (или имеют это в качестве требования в регламентарных положениях или правилах) инспекцию всех станций отдельных служб или иногда всех служб на протяжении определенного периода. На практике такая схема редко реализуется в полной мере ввиду все более широкого распространения устройств радиосвязи

и ограниченности ресурсов администраций. Вместе с тем она может быть целесообразна в конкретных случаях – например, если стоит задача провести перепись всех пользователей и обеспечить возможность систематической и полномасштабной коррекции ошибок базы данных лицензированных пользователей.

– **Инспекция определенного процента станций**

Инспекция определенного процента станций лишь оперативно сокращает нагрузку на инспекторов и уменьшает неудобства, причиняемые держателям лицензий.

– **Инспекция на основе статистических методов**

Некоторые администрации используют статистические методы для оценки степеней общего соответствия, при этом результаты используются в целях планирования уровней будущих инспекций. В простейшей форме заключение об общем соответствии может быть сделано исходя из степени соответствия в выборке путем проведения инспекции небольшой выборки из всех станций. Следствием высокой степени соответствия, например, могло бы стать меньшее количество инспекций (меньший выборочный контроль) в данной радиослужбе в следующем году. Такие методы сокращают нагрузку на инспекторов и уменьшают неудобства, причиняемые держателям лицензий.

– **Инспекции, обусловленные причинами**

Инспекции могут быть также обусловлены конкретным побудительным мотивом, таким как жалобы на помехи, несоответствующие параметры, выявленные путем контроля за использованием спектра, или любые другие указания на возможные нарушения. Кроме того, инспекции могут быть обусловлены проведением специальных мероприятий (например, главных спортивных мероприятий) или необходимостью определения уровня соответствия конкретного параметра (например, точности координаты вышки).

– **Ограниченные инспекции**

При ограниченных инспекциях может быть проверен только конкретный параметр, интересующий регуляторный орган, например определенная административная запись в отношении станции или выходная мощность передатчика.

– **Инспекции с учетом риска**

Некоторые лицензии можно рассматривать как "связанные с высоким риском". Эти лицензии касаются радиостанций, которые обладают большей возможностью создания помех по сравнению с другими станциями. Такие лицензии "с высоким риском" могут включать лицензии, относящиеся к объектам с высоким сосредоточением РЧ передатчиков, лицензии для работы на частотах, соседних с частотами служб безопасности, или лицензии в спектре, используемом передатчиками большой и малой мощности. Администрации могут уделять большее внимание инспектированию станций, имеющих "лицензии с высоким риском".

Когда администрация начинает инспекционную деятельность, особенно при отсутствии опыта, целесообразно сосредоточить инспекционные ресурсы в нескольких областях, которые будут наиболее полезны администрации в плане эффективного использования спектра. Некоторыми рекомендуемыми приоритетами при планировании инспекций являются:

- инспекции всех недавно установленных станций;
- инспекции всех наиболее мощных передатчиков (таких как радиовещательные передатчики);
- инспекции тех служб, статистические данные по которым показывают большее количество нарушений. Исходя из опыта других администраций такими службами, как правило, являются станции ЧПР (частной подвижной радиосвязи).

Ниже представлен краткий пример структуры программы инспекций.

- Инспекция осуществляется в отношении не менее 15% базовых радиостанций подвижных персональных служб.
- Инспекция осуществляется в отношении не менее 15% приемопередатчиков, используемых в коммутируемых телефонных сетях общего пользования (КТСОП).

- Инспекция осуществляется в отношении не менее 15% фиксированных и мобильных станций служб такси.
- Инспекция осуществляется в отношении 100% научно-исследовательских служб.
- Инспекция осуществляется в отношении не менее 15% спутниковых земных станций.
- Инспекция осуществляется в отношении 100% санкционированных станций, используемых фиксированной и подвижной службами, срок действия лицензий которых истек или закончится в текущем году.
- Инспекция осуществляется в отношении не менее 20% технических параметров фиксированных и мобильных станций.
- Инспекция новых или измененных станций завершается не ранее чем за 30 дней до получения лицензии.
- Инспекция или проверка текущей работы осуществляется в отношении не менее 15% от всех станций, срок действия лицензий которых истек/лицензии которых были изъяты из системы национальной базы данных.

Можно заметить, что в данном примере учтены некоторые элементы вышеупомянутых категорий, и показано как некоторые из факторов могут быть обоснованы регуляторными положениями, государственными правилами и результатами прошлых инспекций. Как правило, оценка и корректировка руководящих указаний осуществляется ежегодно на основе результатов программ проведения инспекций за прошлый год.

Можно также увидеть, что в приведенном выше примере размеры выборок являются различными для различных категорий станций. Это может объясняться несколькими факторами, в том числе количеством станций, санкционированных для работы в службе, предыдущими данными, касающимися соответствия, или целями или правилами администрации в отношении конкретного класса радиослужбы.

#### 4 Технические параметры

Как правило, любой параметр, указываемый в лицензии станции или в условиях эксплуатации, может быть параметром, который измеряется или проверяется в ходе инспекции. Рабочие параметры станции имеют важное значение при осуществлении контроля за помехами, позволяя многочисленным станциям сосуществовать на тех же частотах и/или в тех же географических областях, и являются полезными при обеспечении эффективного использования спектра. Указываемые параметры имеют важное значение при установлении зоны покрытия станции и занимаемой части спектра. Ниже приведен перечень технических параметров, которые могут проверяться в ходе инспекций:

- частота (сдвиг и стабильность);
- выходная мощность передатчика;
- излучаемая мощность;
- географические координаты;
- гармоники, продукты перекрестной модуляции и побочные излучения;
- напряженность электрического, магнитного и электромагнитного полей;
- ширина полосы частот;
- высота антенны;
- направление главного лепестка;
- диаграмма направленности антенны;
- угол наклона антенны;
- параметры модуляции;
- плотность потока мощности.

Конкретные проверяемые параметры будут зависеть от типа станции/радиослужбы, радиорегламентарных положений страны и регуляторных правил администрации. Другими факторами, влияющими на то, что подлежит проверке, могут быть: ранее выявленные проблемы, параметры, оцениваемые как имеющие отношение к возможным помехам, или параметры, имеющие отношение к сообщенным существующим помехам. Косвенными факторами могли бы быть проблемы регулирующей администрации, связанные с комплектованием штата/загрузкой, или наличие оборудования. Администрации, планирующие инспекционную работу, обычно будут выделять параметры для проверки исходя из этих факторов.

## 5 Комплектация оборудования

Следующие элементы составляют перечень рекомендуемого оборудования, которое обычно используется в ходе инспекции радиостанции.

Основное оборудование:

- частотомер;
- измеритель мощности/направленные ответвители;
- анализатор спектра/измерительный приемник;
- антенны.

С помощью этих приборов могут быть оценены ключевые параметры – рабочая частота, мощность передатчика и свойства, относящиеся к радиочастотному спектру.

Дополнительное оборудование:

- измеритель напряженности поля;
- измеритель плотности потока мощности с изотропным датчиком полей E и H;
- анализаторы модуляции и протоколов;
- дальномер/устройство для дистанционных измерений;
- измерительные рулетки;
- компас/инклинометр;
- GPS-приемник;
- антенные опоры/треноги;
- мощная резистивная нагрузка;
- кабели, соединители, принадлежности.

Некоторые из этих элементов используются при подтверждении высот/мест расположения вышек, ориентации антенны и измерении специальных параметров, присущих только конкретной службе связи (например, анализатор ТВ или цифровой модуляции).

Как отметили администрации, для проведения некоторых инспекций может потребоваться специальное измерительное оборудование в зависимости от типов излучения, присвоенных частот, внедрения новых технологий связи и задач инспекций. Например, может потребоваться новая модель анализатора радиосвязи с усовершенствованными функциями цифровой модуляции в целях правильного обнаружения и измерения цифровых несущих, которые используют новые способы модуляции/доступа к спектру, если измерение данного типа является требованием администрации.

Важным фактором, который необходимо учитывать при использовании контрольно-измерительных приборов, является точность калибровки и погрешность измерения оборудования. При определении требований к калибровке следует обращаться к руководящим указаниям производителей оборудования.

Общая практика измерения включает применение допусков к измерениям в ходе инспекций, основанных на погрешности оборудования/сходимости показаний измерительного прибора. Рекомендуемой практикой при планировании инспекции является сборка оборудования, которое



будет использоваться (вместе с подборкой руководств по эксплуатации и руководств по процедурам измерения), и проверка правильного функционирования перед работой по проведению инспекции.

Для проведения в ходе инспекций стандартизированных повторяющихся измерений может использоваться программное обеспечение для управления оборудованием. Такое программное обеспечение может быть полезным средством обеспечения того, чтобы были учтены все соображения в отношении допусков измерения. Программное обеспечение, работающее в портативном или карманном компьютере, помогает инспектору в процессе проведения измерения. Портативный компьютер может быть подключен к измерительному оборудованию через тот или иной интерфейс и собирать все необходимые данные, а затем автоматически сравнивать результаты с данными лицензии и подготавливать отчет.

В зависимости от организации инспекционной службы администрации могут также быть проверены другие технические или административные параметры (такие как электробезопасность, условия по показателям опасности радиочастотного излучения, безопасность вышки и другие параметры).

В таблице 1 сведены данные о комплектации оборудования и измеряемых параметрах, рассмотренных выше.

ТАБЛИЦА 1

## Сводные данные об оборудовании и измеряемых параметрах

Оборудование	Измеряемый параметр
Анализатор спектра/измерительный приемник, антенна	Частота, ширина полосы, напряженность поля, гармоники, интермодуляционные составляющие и побочные излучения
Анализатор сигналов, антенна	Частота, ширина полосы, мощность, гармоники, интермодуляционные составляющие и побочные излучения, параметры модуляции
Частотомер, антенна	Частота и сдвиг частоты
Измеритель мощности, направленный ответвитель, резистивная нагрузка	Выходная мощность передатчика (прямая и отраженная)
Измеритель напряженности поля с калиброванными антенной/кабелем	Напряженность поля
Измеритель плотности потока мощности	Напряженность электрического, магнитного и электромагнитного полей
Анализатор модуляции	Параметры модуляции сигналов конкретных типов и наличие дополнительных сигналов
Измеритель расстояния или дальности	Расстояния, включая высоту антенны
Измерительные рулетки	
Компас	Азимут антенны
Инклинометр	Угол наклона антенны
GPS-приемник	Местоположение объекта

## 6 Рассматриваемые записи

Одними из главных административных записей при инспекции станции являются лицензия станции и условия работы. Эти тексты необходимо изучить перед проведением инспекции, поскольку требуемое измерительное оборудование зависит от подлежащих оценке технических параметров. Некоторые технические параметры, например тип соединителей, используемых в передатчике большой мощности, нельзя узнать из лицензионной документации, и поэтому их необходимо установить путем дополнительных исследований.

Важной целью инспекции является подтверждение того, что станция работает в соответствии с параметрами, присвоенными администрацией для использования частотного спектра. Измеряемые или наблюдаемые параметры сравниваются с параметрами по лицензии для установления соответствия станции. Другие рассматриваемые записи включают: записи о состоянии сертификаций/разрешения на установленное оборудование, записи, относящиеся к ежедневной работе (такие как журналы регистрации работы передатчика и программные журналы регистрации), и другие специальные записи, которые могут потребоваться для определенных типов станций.

Как правило, результаты инспекций сводятся в соответствующую форму или контрольный перечень (на бумаге, в карманном или портативном компьютере), предназначенные для сбора важной информации, которую определила администрация. Обычно эта информация будет включать рассмотренные выше параметры, содержащиеся в лицензии, замечания, касающиеся любого несоответствия или отклонений от лицензируемых параметров, описание объекта, на котором расположен передатчик (с фотографиями, если потребуется), данные о персонале, присутствующем в ходе инспекции, информацию об используемом оборудовании и комментарии инспектора с описанием необходимого дальнейшего действия. Условия несоответствия сообщаются на станцию, а также записываются в отчет об инспекции и где-то в базе данных по инспекциям администрации или в базе данных соответствия. Информация, содержащаяся в этих записях (уровни соответствия или другие результаты инспекции) могут быть использованы для корректировки планов инспекций на будущее.

Для некоторых администраций результаты инспекций полезны также в целях проверки или повышения точности информации, содержащейся в существующих базах данных о лицензиях. Это может быть целесообразным, если в базе данных администрации отсутствует информация или содержится информация, отличающаяся от той, что получена в ходе инспекции, и если установлено, что в базе данных имеется ошибка.

## **7 Контроль за использованием спектра в сравнении с инспекциями на месте**

Некоторые ключевые параметры станции, такие как частота, отклонение частоты, ширина полосы и сильное превышение мощности, а, следовательно, соответствие параметров станции лицензии на станцию, а также эксплуатационная дисциплина оператора могут эффективно проверяться путем использования фиксированных и мобильных станций контроля. Преимущества этого метода состоят в том, что несколько станций могут быть проверены из одного местоположения, если уровень сигнала является достаточным, и что нет необходимости устанавливать контакт с операторами станции или задействовать их.

Дистанционное измерение может быть эффективно, особенно в отношении радиовещательных передатчиков ОВЧ и УВЧ. Измеряемую напряженность поля или напряжение на входе приемника можно сравнивать с результатами, полученными с помощью средства планирования или, еще лучше, – с предыдущими результатами, уже хранящимися в базе данных. Любые аномалии немедленно обнаруживаются. Следует отметить, что необходимо учитывать изменяющиеся условия распространения, особенно на низких частотах.

Следует отметить, что результаты контроля за использованием спектра не всегда можно рассматривать как правомерные. Альтернативой может быть их проверка путем дополнительных инспекций на месте.

На станциях некоторых типов имеются сложный фильтр и цепи сложения, которые делают затруднительными непосредственные подключения приборов, а иногда делают неопределенными результаты измерений. Кроме того, непосредственные соединения с выходом передатчика не позволяют получить данных о диаграмме направленности антенны и, таким образом, обычно не обнаруживают никаких аномалий в антенных системах. Для измерения максимальной девиации частоты или мультиплексной мощности на станциях ЧМ радиовещания требуются малые отражения и достаточное ослабление других радиовещательных сигналов. По очевидным причинам эти измерения выполняются путем контроля за использованием спектра без участия оператора.

Как уже отмечалось в разделе 2, между функциями контроля за использованием спектра и инспекций на месте нет четкой границы и конкретное обозначение измерительной задачи часто обусловлено историческими причинами.

## **8 Выводы**

В настоящем Отчете предоставлена информация для рассмотрения администрациями при планировании инспекций радиостанций. Следует признать, что невозможно разработать подробный, конкретно определенный план инспекций, который подходит для всех администраций, любых радиослужб и всех обстоятельств. Цель настоящего Отчета скорее состоит в представлении общих руководящих указаний по планированию, примеров конкретных случаев и процедуры планирования инспекций, которые администрации могут использовать для подготовки своих конкретных требований.

В Приложении 1 дано более подробное описание процедур инспекции, которое может пригодиться администрациям для оценки и организации своей деятельности.

## **Приложение 1**

### **Критерии определения размера выборки при планировании инспекций**

#### **1 Введение**

Очевидно, что невозможно за один год проверить все радиооборудование всех пользователей. Должный учет экономических аспектов (инвестиции в плане затрат и времени) и цели получения окончательных результатов позволяют считать целесообразным применение выборочного контроля для проверки использования частот. Описанный ниже метод используется Федеральным сетевым агентством Германии. Он позволяет сделать выводы в отношении всего комплекса на основе результатов частичного рассмотрения (выборки). Вопрос, на который необходимо дать ответ в этом разделе, касается размера выборки и того, как следует выбирать объекты для рассмотрения.

#### **2 Метод определения размера выборки**

Определение размера выборки и выбор объектов, которые будут испытываться, основаны на признанном статистическом методе, который дает правильную и точную информацию о соответствии условиям присвоения в рамках радиоприменения. В принципе, такой метод может быть использован в отношении всех радиоприменений. Метод выборочного контроля является экономичным методом испытания для определения существующего положения вещей. Предварительным требованием для применения этого метода является описание следующих граничных условий:

##### *Разделение выборок на равные части*

Для обеспечения представительного выбора каждый элемент (присвоение) должен выбираться из всего набора (ряда присвоений) с одинаковой вероятностью.

##### *Временные аспекты*

Должны быть определены период испытания выборки и обследуемая частота. Это оказывает решающее значение на расходы, связанные с персоналом.

### Пространственные критерии

Существует различие между результатом, который относится ко всей стране, и результатом, который относится к отдельным районам. Объем выборочного контроля существенно возрастает, если результат предназначен для того, чтобы показать различия между районами.

### Статистические критерии

Результатом анализа является процент ( $P$ ) радиосетей/присвоений с недостатками. Требуемый минимальный размер выборки в значительной степени зависит от указанной достоверной вероятности ( $S$ ) и значения допустимой ошибки ( $e$ ). Дополнительная вероятность  $Q = 1 - P$  показывает процент присвоений без недостатков.

### Допустимая ошибка

Ошибка, например в 5%, означает, что значение каждой выборки (например, 30%) может отклоняться в ту или другую сторону на 5% относительно реального значения базовой достоверности, то есть реальное значение может находиться между 25% и 35%.

Достоверность выборки указывает количество случаев, в которых метод выборочного контроля дает "правильные" и точные результаты. Например, достоверность на уровне 90% подразумевает, что 100-кратное применение метода приведет к "неверным" результатам лишь в 10 случаях, но и эти результаты будут довольно близки к "правильному" значению, например  $\pm 5\%$ .

## 3 Количество необходимых выборок

Минимальное количество выборок, необходимое для достижения заданной степени достоверности, рассчитывается по следующей формуле:

$$n \geq \frac{N}{1 + \frac{(N-1) \cdot e^2}{z^2 \cdot P \cdot Q}},$$

где:

- $n$ : минимальный необходимый размер выборки;
- $N$ : общее количество присвоений;
- $e$ : выбранная допустимая ошибка;
- $z$ : значение определенной достоверной вероятности ( $S$ ), рассчитанное на основе центральной вероятности стандартного нормального распределения:

$$\Phi(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \int_{-\infty}^z e^{-t^2/2} dt;$$

$$S(z) = 2 \cdot \Phi(z) - 1;$$

- $P$ : процентная доля присвоений, в которых условия присвоений не выполняются (неудача);
- $Q$ :  $Q = 1 - P$  – процентная доля присвоений, в которых условия присвоений выполняются (успех).

При большом количестве присвоений (*не менее 30*) уравнение для  $n$  упрощается следующим образом:

$$n \geq \frac{z^2 \cdot P \cdot Q}{e^2}.$$

Формула показывает, что требуемый минимальный размер выборки существенно зависит от произведения  $P \cdot Q$ . При  $P = 50\%$  и  $Q = 50\%$  член  $P \cdot Q$  принимает максимальное значение. В Федеральном сетевом агентстве Германии предполагаются следующие значения:

Достоверная вероятность:	90%
Допустимая ошибка:	5%

### **Пример**

В определенной области существует 8000 радиосетей конкретного радиоприменения. Из ранее проведенных исследований известно, что около 30% радиосетей не соответствуют требованиям. Сколько радиосетей необходимо проинспектировать, чтобы иметь возможность определить, какая часть из этих 8000 сетей имеет недостатки с вероятностью 90%? Коэффициент ошибок результата не должен превышать  $\pm 5\%$ .

$S(z) = 90\%$  дает  $\Phi(z) = 0,95$ . В этом случае значение  $z = 1,645$  может быть взято из соответствующей математической таблицы или рассчитано с помощью программы табличных вычислений. Если  $N = 8000$ ,  $e = 5\%$ ,  $P = 30\%$ , и  $Q = 70\%$ , то  $n = 221$  выборки или сетей соответственно.

## **4 Количество выборок в радиосети**

Если бы приведенные выше соображения последовательно применялись к ряду радиоустановок в отдельных сетях, то были бы получены слишком большие объемы испытаний. В случае сети с 20 радиоустановками испытывались бы 19 сетей, и даже в случае 100 радиоустановок все еще пришлось бы испытывать 73 устройства.

Следовательно, это имеет смысл, например в случае частной подвижной радиосвязи (ЧПР), для испытания всех фиксированных радиоустановок и только ограниченного количества единиц оборудования подвижной радиосвязи. Если оказывается, что количество недостатков заметно превышает среднее значение, то число единиц проверяемого радиооборудования в конкретной сети может быть увеличено.

## **5 Выбор объектов для испытания**

Несмотря на то что каждая выборка должна быть отобрана случайным образом без перестановки от конечного или бесконечного множества, в действительности на практике невозможен полностью случайный выбор объектов для испытания. По этой причине используется метод систематического отбора. Если  $N$  – это общее количество присвоений, а  $n$  – количество сетей, которые должны быть исследованы, то каждый  $k$ -й элемент выбирается из базы данных, при этом  $k = N/n$ . Для данного метода требуются элементы в базе данных с линейным расположением по определенному критерию, например в соответствии с именем владельца присвоения.

Пример: присвоения в базе данных упорядочиваются в соответствии с региональным отделением, почтовым кодом и названием. Присвоения, которые должны быть проверены, отбираются с помощью генератора случайных чисел. Присвоения, которые уже были рассмотрены за последние два года, исключаются.

Опыт показал, что в рамках периода испытаний невозможно провести испытания всех отобранных сетей. Некоторые частотные присвоения за этот промежуток времени были возвращены в агентство, или радиосеть была выведена из эксплуатации без возвращения частотного присвоения. Несмотря на это, в таких случаях с целью достижения требуемой статистической точности необходимо отобрать дополнительные объекты для испытаний. На практике случалось, что приходилось отбирать двойное количество сетей до возможного получения необходимого количества  $n$ , которое могло бы быть проверено.

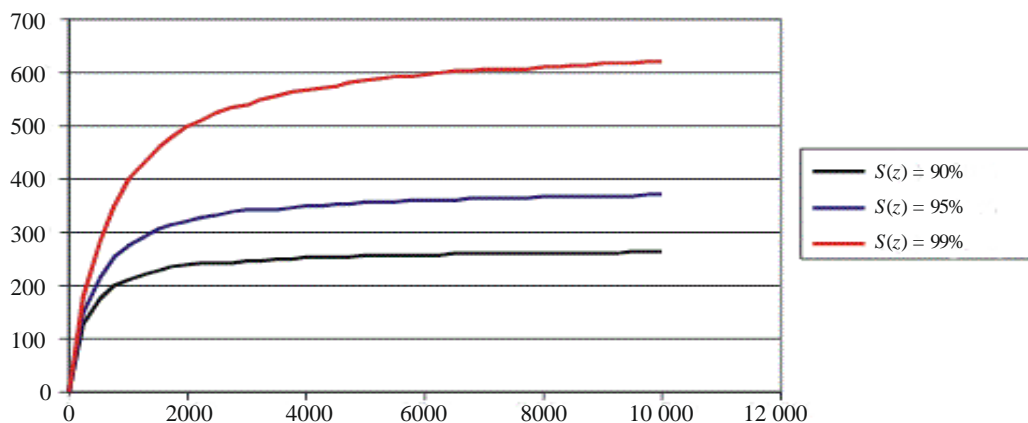
Как правило, на раннем этапе обладателю частотного присвоения направляют информацию о проведении измерений, так чтобы радиооборудование было безусловно доступным.

## 6 Влияние параметров на объем испытаний

Рисунок 1 показывает, что количество  $n$  необходимых выборок слабо изменяется в пределах диапазона свыше  $N = 2000$ . Напротив, требуемая достоверная вероятность существенно воздействует на объем испытаний.

На рисунке 1 показана зависимость количества выборок от количества частотных присвоений, необходимого для получения различных значений достоверной вероятности  $S$  для  $P = 50\%$  присвоений, для которых условия присвоения не выполняются (неудача).

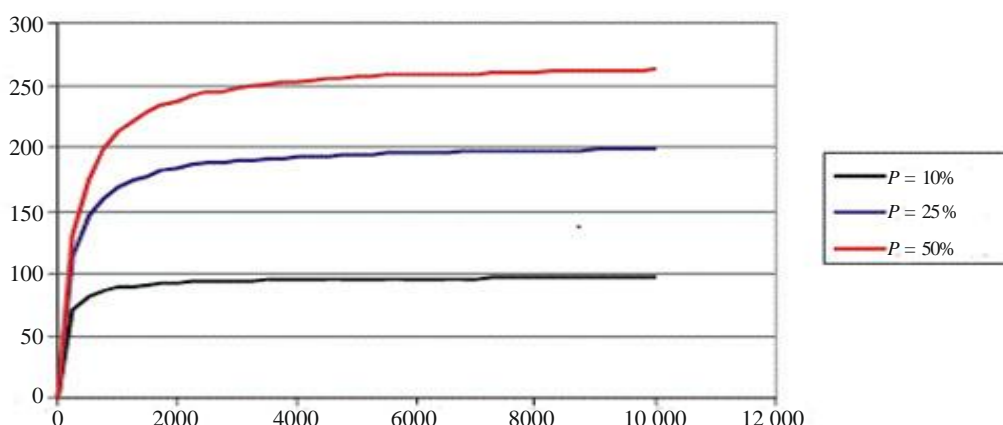
РИСУНОК 1



Report SM.2130-01

На рисунке 2 показана зависимость количества выборок от количества частотных присвоений, необходимого для получения различных значений  $P$  при достоверной вероятности  $S = 90\%$ .

РИСУНОК 2



Report SM.2130-0 2

## 7 Стратегия

Описанный выше метод служит, главным образом, для определения существующего положения. Поэтому важно не только включать результаты в расчет объема испытаний на следующий период испытаний, но также делать дальнейшие выводы.

Прежде всего, должен быть поставлен вопрос о том, является ли результат удовлетворительным или нет. Соблюдаются ли в большинстве случаев условия присвоений или процент имеющих недостатки сетей настолько велик, что необходимо принять корректирующие меры? Процент недостатков в ЧПР,

составляющий 30%, вне всякого сомнения, является реалистичным. Но если приблизительно в каждой третьей радиосети проявляются недостатки, то результат является неудовлетворительным.

Следующие корректирующие меры являются простыми примерами возможных мер:

- инспекция большего количества сетей;
- инспекция всех новых радиосетей в течение года;
- повторная инспекция этих сетей при выявлении недостатка уже в следующем году;
- распространение информационных материалов среди пользователей частот и агентов по продаже радиооборудования.

При оценке недостатков в различных районах может оказаться, например, что сотрудники разных региональных отделений, осуществляющие контроль или правоприменение, используют различные методы работы или по-разному оценивают отклонения. Однако пользователи частот могут применять разные методы работы в зависимости от географического местоположения; например, в горных районах они могут использовать бóльшую мощность или слишком высокие антенны с целью увеличить радиус их действия. После получения такого результата должен быть рассмотрен метод частотных присвоений. Выполняются ли надлежащим образом требования заявителя или должны быть внесены изменения?

Как правило, на раннем этапе обладателю частотного присвоения направляют информацию о проведении измерений, так чтобы радиооборудование было безусловно доступным.

## **8 Заключение**

Изложенная выше методика позволяет определять минимальный размер выборки, необходимый для оценки соответствия радиосетей параметрам соответствующих частотных присвоений на основе общепризнанных статистических методов. Однако этот метод имеет смысл лишь в том случае, если выводы будут сделаны на основании результатов.

---