

История развития радиоконтроля и радиомониторинга в России

Макаров Андрей Викторович, аспирант кафедры радиоволновых процессов и технологий
Институт радиотехнических и телекоммуникационных систем; РТУ МИРЭА

В статье автор рассматривает исторические основы возникновения и развития радиоконтроля и радиомониторинга, их сходство и различие, а также основные задачи, решаемые ими в современных условиях.

Ключевые слова: радиомониторинг, радиоконтроль, Международный союз электросвязи, регламент радиосвязи, цифровая связь, частотный диапазон.

За почти 120-летнюю историю своего развития радиочастотный мониторинг претерпел существенные изменения как по методам его осуществления, так и по своей технической оснащенности.

В начале XX века радиомониторинг часто называли техническим радиоконтролем. В англоязычной научно-технической литературе также существуют разграничения в понятиях: Spectrum Monitoring и Radiomonitoring. Первый термин переводится как «контроль спектра» или «радиоконтроль», второй используется для характеристики области применения оборудования.

Анализ развития систем радиоконтроля показывает, что имеется тенденция к ее разделению на две подсистемы: мониторинга и контроля [1]. Первая выполняет функции определения занятости спектра, выявления свободных полос частот, а также обнаружения фактов нарушений. Вторая – предназначена для фиксации нарушений, поиска помех и других задач высокой сложности радиоконтроля.

Радиоконтроль – составная часть государственного управления использованием радиочастотного спектра и международно-правовой защитой присвоения (назначения) радиочастот или радиочастотных каналов, представляющая собой комплекс организационных и технических мероприятий, осуществляемых путем измерений и инструментальных оценок параметров излучений радиоэлектронных средств и (или) высокочастотных устройств [2]. Характерная особенность радиоконтроля заключается в том, что он проводится относительно какого-то конкретного источника радиоизлучения.

Мониторинг радиочастотного спектра (радиомониторинг) – составная часть радиоконтроля, заключающаяся в сборе, обработке, анализе и хранении информации о состоянии радиочастотного спектра и выявлении признаков нарушений установленного порядка и правил его использования [1].

Развитие систем радиоконтроля и радиомониторинга неразрывно связано с развитием радиосвязи, бурное применение которой началось после того, как в 1895 русским физиком и электротехником А.С. Поповым, а годом позже итальянским инженером Г. Маркони были созданы чувствительные приёмники, пригодные для осуществления радиосвязи. Официальное утверждение определения «радиосвязь» произошло в августе 1903 года на состоявшейся в Берлине Предварительная международная конференция по беспроволочной телеграфии (The Preliminary conference at Berlin on wireless telegraphy), организованной The International Telecommunication Union (ITU – Международный союз электросвязи –

МСЭ). В работе конференции со стороны России принял участие изобретатель радио А.С. Попов.



RÉGLEMENT DE SERVICE,
ANNEXE A LA
CONVENTION RADIOTÉLÉGRAPHIQUE
INTERNATIONALE.

Table des Matières.

	Page
1. Organisation des stations radiotélégraphiques	361
2. Durée du service des stations étrangères	363
3. Rédaction et dépôt des radiotélégrammes	364
4. Taxation	364
5. Perception des taxes	365
6. Transmission des radiotélégrammes	365
a. Signaux de transmission	365
b. Ordre de transmission	366
c. Appel des stations radiotélégraphiques et transmission des radiotélégrammes	366
d. Accueil de réception et fin du travail	368
e. Révision à donner aux radiotélégrammes	368
7. Remise des radiotélégrammes à destination	368
8. Télégrammes spéciaux	369
9. Archives	369
10. Délais et Remboursements	369
11. Comptabilité	370
12. Bureau international	371
13. Dispositions diverses	371

Рис. 1. Регламент радиосвязи 1906 г.

По результатам конференции в 1906 г. в Берлине состоялась 1-я Международная конференция с участием представителей 29 стран, на которой были приняты регламент радиосвязи (рис. 1) и международная конвенция, вступившая в силу с 1 июля 1908. В регламенте впервые было зафиксировано распределение радиочастот между разными службами радиосвязи. Было основано Бюро регистрации радиостанций и установлен международный сигнал бедствия SOS. В 1912 на 2-й конференции в Лондоне было изменено распределение частот, уточнен регламент и учреждены новые службы: радиомаячная, передачи сводок погоды и передачи сигналов точного времени.

Первая половина прошлого столетия ознаменовались бурным развитием радиосвязи: уже к 1927 году в мире действовало более 500 вещательных станций, а к 1947 году в диапазоне частот ниже 20 МГц в Международном регистре частот было зарегистрировано 45 тысяч радиостанций гражданского назначения.

В России в 1920 году вышло Постановление ВЦИК «Об организации радиотелеграфного дела РСФСР», в соответствии с которым было принято решение о строительстве радиостанций, а 27 января 1921 года Совет народных комиссаров РСФСР принял Декрет «О радиотелефонной строительстве», в котором говорилось о строительстве в стране сети радиостанций. На тот момент в СССР работала только одна радиовещательная станция – имени Коминтерна. В декабре 1924 г. их число увеличилось до трех – зарабо-

тали радиостанции в Ленинграде и Нижнем Новгороде. В 1927 г. в СССР уже имелось 57 государственных передающих станций [3, с. 23], действовало свыше 450 любительских радиостанций, в том числе 130 коллективных, насчитывалось порядка 1500 коротковолнников-наблюдателей) [4]. К 1934 г. количество передающих станций было доведено до 88 (рис.2) [5].

С ростом количества передатчиков росла интенсивность использования радиочастотного спектра (РЧС), что приводило к возникновению взаимных помех между работающими радиостанциями и, учиты-

вая низкую избирательность и, практически, отсутствие помехозащищенности у абонентских радиоприемников – появлению радиопомех и ухудшению качества принимаемых передач радиовещательных станций. Все это диктовало настоятельную необходимость решения острых проблем, большинство из которых являлись следствием произвольного использования радиочастот и отсутствием контроля за применением различной приемо-передающей аппаратуры, а также принятия мер по контролю за реальным состоянием использования радиочастотного ресурса (РЧР), совершенствования методов радиоконтроля за работой действующих радиосистем.



Рис. 2. Радиостанции в СССР (1934 г.)

Условно можно выделить 3 этапа развития средств радиоконтроля и радиомониторинга.

1 этап: 1895 – 1970-е годы.

Данный этап характеризуется появлением радиосвязи, активным освоением и развитием ее технологий. Основа – аналоговая радиосвязь. Основными объектами радиомониторинга на 1 этапе были отдельные действующие РЭС и узкие полосы радиочастот радиоизлучений отдельных радиосредств. Характерные особенности и типы объектов радиомониторинга на 1 этапе представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Особенности и типы объектов радиомониторинга (1895 – 1970 гг.)

Характеристика	Показатель
частотные диапазоны	СДВ, ДВ, СВ, КВ
виды модуляции	амплитудная и частотная
разделение каналов	частотное и поляризационное
число аналоговых радиостанций	малое

На 1 этапе практически отсутствовали проблемы электромагнитной совместимости и взаимные помехи ввиду низкой плотности действующих радиосредств.

Типовыми задачами радиомониторинга на 1 этапе были:

- обнаружение источников мощных радиопомех,
- выявление незаконно действующих передатчиков и их местоположения,
- контроль соблюдения установленных правил радиообмена путем слухового контроля;
- контроль соблюдения установленных норм параметров излучений.

Топология радиосвязи изначально предусматривала прямую связь между абонентами без использования промежуточных радиоустройств.

Оборудование радиомониторинга и радиоконтроля на 1 этапе включало незначительное количество аналоговых средств и пеленгования источников радиоизлучений с применением направленных антенн (первые рамочные пеленгаторные антенны появились в 1918 г.).

Российская история радиомониторинга 1 этапа начинается с 1921 г., когда в системе Наркомата почт и телеграфа РСФСР была организована Служба радиоконтроля Наркомата Связи.

В связи с этим в июне 1930 года было принято решение о развёртывании на Теплостановской возвышенности (ныне район г. Москвы «Южное Бутово») Московского пункта технического радиоконтроля за использованием радиочастотного спектра. Практически одновременно в Можайске (Московская область) начал работу второй пункт – Пункт контроля

частот радиостанций (ПКЧ), на котором проводились операции радиомониторинга по измерению частот радиоизлучений. Основу оборудования пунктов контроля составляла измерительная аппаратура, изготовленная в лабораторных условиях, в основном, на базе Центрального научно-исследовательского института связи Наркомата связи СССР.

28 августа 1937 г. вышло Постановление СНК за № 1472-335сс «О радиоконтроле», согласно которому Служба радиоконтроля была передана в ведение НКВД. А в 1943 г. на базе Московского и Можайского пунктов контроля был создан один объединённый Московский пункт технического радиоконтроля (МПРТК).

В связи с ростом интенсивности использования радиочастотного спектра (РЧС) в международном праве появилось понятие радиомониторинга, которое зафиксировано в §18 Регламента Радиосвязи, принятом в Атлантик-Сити в 1947 году, и в несколько измененном виде – в §20 Регламента Радиосвязи, пересмотренном в Женеве в 1979 году. Эта статья констатировала утверждение международной системы радиомониторинга, которая должна наблюдать в национальных интересах за работающими в эфире радиостанциями государственной, общественной, частной и международной принадлежности.

В Советском Союзе в рамках договора с МСЭ в 1957 году при Министерстве связи была организована специальная служба контроля эфира и Главный центр электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств (ГЦЭСРЭС), все пункты технического радиоконтроля преобразованы в станции технического радиоконтроля (СТРК).

II этап: 1980-е – начало 2000-х годов, связан с созданием и внедрением в повседневную жизнь цифровых технологий и сетей радиосвязи.

Основными объектами радиомониторинга в это время становятся сети теле- и радиовещания и действующие РЭС во всем используемом диапазоне радиочастот. Характерными особенностями объектов радиомониторинга на 2 этапе являются:

более высокие частотные диапазоны – до десятков ГГц;

частотное, кодовое, временное разделение каналов;

появление цифрового теле- и радиовещания, цифровой связи и передачи данных, сотовых сетей связи;

возрастание количества и плотности радиосредств (в 100 и более раз);

обеспечение доступности и безопасности радиосвязи за счет снижения мощности радиосредств и появления мобильных устройств;

развертывание первых систем спутниковой связи и радионавигации.

В связи с этим изменяется и оборудование радиомониторинга и радиоконтроля: создаются средства радиобнаружения и радиопеленгования несанкционированных источников радиоизлучений на основе цифровых измерительных приемников и анализаторов спектра.

Основными задачами радиомониторинга на 2 этапе становятся:

обнаружение незаконно действующих радиоэлектронных средств и их местоположения;

спектральный анализ и контроль параметров излучений официально и незаконно действующих радиосредств,

технический анализ сигналов на уровне стандартов сети и сетевого протокола;

контроль частотно-территориальных планов цифровых радиосетей;

поиск и устранение помех радиоприему по заявкам пользователей официальных радиосетей.

Средства радиомониторинга стали разделяться по типу: стационарные, мобильные и носимые. Появились стационарные обслуживаемые посты радиомониторинга и радиоконтроля, сетевая инфраструктура распределенных средств радиомониторинга и удаленное сетевое управление радиоконтрольным оборудованием.

На основании приказа Минсвязи России от 21.09.1992 № 294 ГЦЭСРЭС был преобразован в Государственную инспекцию электросвязи при Министерстве связи Российской Федерации (ГИЭ Минсвязи России). В декабре 2000 г. Постановлением Правительства РФ № 1002 при Министерстве Российской Федерации по связи и информатизации в целях повышения эффективности государственного регулирования использования радиочастот и радиоэлектронных средств гражданского применения создается Государственная радиочастотная служба (ГРЧС) и организуется федеральное государственное унитарное предприятие – Главный радиочастотный центр (ФГУП «ГРЧЦ»), в состав которого входит Центр радиомониторинга (ЦРМ) с функцией по обеспечению регулирования использования радиочастот централизованного назначения и радиоэлектронных средств гражданского применения в Российской Федерации.

К важным итоговым событиям данного этапа следует отнести аккумулирование накопленного опыта в области радиомониторинга и создание первой редакции Справочника МСЭ по радиоконтролю [6].

III этап: с начала 2000-х гг. – по настоящее время, характеризуется бурным развитием новых цифровых радиотехнологий, использующих весь доступный диапазон частот. Основными объектами радиомониторинга на 3 этапе становятся:

сети беспроводного широкополосного доступа (Broadband Wireless Network – BWN);

сети мобильной связи (GSM (2G) UMTS (3G), LTE (4G), в ближайшее время – IMT-2020 (5G), WiFi, TETRA и т.д.);

сети цифрового наземного и спутникового теле- и радиовещания,

системы спутниковой навигации.

Характерными особенностями объектов радиомониторинга на 3 этапе являются:

1. Увеличение количества средств радиосвязи. В настоящее время в мире зарегистрировано более 127 тысяч передатчиков аналогового и около 2200 передатчиков цифрового телевидения, более 66 тысяч передатчиков аналогового радиовещания.

2. Использование для радиосвязи более высоких частотных диапазонов.

В настоящее время в мировых системах радиосвязи происходит интенсивный процесс освоения нетрадиционных диапазонов радио- и оптических волн, в том числе СВЧ и ОВЧ, включая миллиметровые волны (ММВ) до десятков ГГц, волны терагерцового диапазона, ближний ИК-диапазон.

3. Рост используемой ширины полосы частот излучаемых сигналов до десятков МГц.

Например, в Wi-Fi стандарте 802.11ac ширина полосы частот составляет 80 МГц, в сетях 5G с агрегацией несущих – до 100 МГц.

4. Массовое внедрение мобильной связи и спутниковой навигации (см. рис. 3). Компания Omdia прогнозирует, что к концу 2025 года число абонентов сотовой связи приблизится к 10,3 миллиардам [7].

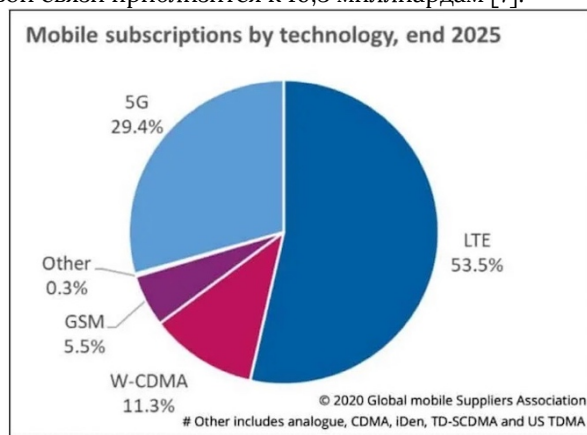


Рис. 3. Планируемое число пользователей сотовой связи на конец 2025 г. (по данным <https://gizchina.com.ru/>)

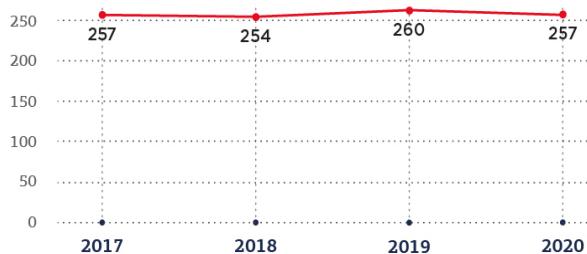


Рис. 4. Динамика количества абонентов мобильной связи в России

Литература:

1. 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).

2. Постановление Правительства Российской Федерации от 1 апреля 2005 г. № 175 «Об утверждении Правил осуществления радиоконтроля в Российской Федерации».

3. Журнал «Радио всем», 1928 г., № 5, с. 23.

4. Мигулин В.В. 100 лет радио. М.: «Радио и связь», 1995 г. – 387 с.

5. Сычёв М., Смелли Е., Муращенко И. Справочник по радиodelу в Красной Армии. М.: Воениздат, 1930. – 152 с.

6. Справочник по радиоконтролю. Женева: МСЭ, 1995. – 585 с.

7. Шевченко М. Количество пользователей сетей 5G удвоилось за второй квартал 2020 года. [Электронный ресурс] Новости HARDWARE. Режим доступа: <https://3dnews.ru/> (15.11.2021 г.).

8. Телекоммуникационный рынок России (2021). Группа «Деловой профиль». Аналитическое исследование. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://delprof.ru/> (18.11.2021 г.).

9. Радиомониторинг: задачи, методы, средства / Под ред. А.М. Рембовского. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Горячая линия – Телеком, 2012. – 640 с.

Динамика количества абонентов мобильной связи в России представлена на рис. 4 [8].

5. Массовое появление устройств преднамеренного создания помех мобильной связи и навигации приводит к усилению проблем электромагнитной совместимости.

6. Новым вызовом для систем радиомониторинга и разработчиков радиоконтрольного оборудования становится необходимость контроля систем с динамическим доступом к спектру, включая когнитивные радиосистемы, в которых рабочие частоты назначаются и изменяются в реальном режиме времени.

В части развития технологий радиомониторинга на 3 этапе значительно улучшаются характеристики радиоконтрольного и измерительного оборудования. Создаются и активно применяются цифровые анализаторы спектра в масштабе реального времени. В настоящее время в России число применяемых технических средств радиомониторинга и комплексов радиоконтроля включает сотни распределенных стационарных постов и мобильных комплексов, тысячи единиц носимых и возимых средств радиотехнических измерений и радиомониторинга. Разрабатываются и вводятся в действие новые методы и способы радиомониторинга и радиоконтроля, так в Европе (ФРГ, Франция и др.) радиоконтроль и радиомониторинг проводится с установкой аппаратуры на дроны.

К важной особенности настоящего этапа развития радиомониторинга следует отнести унификацию и комплексную автоматизацию технологических процессов мониторинга и контроля, создание автоматизированных систем радиомониторинга, основанных на типовых унифицированных решениях [9]. Примером высокого уровня унификации и автоматизации технологических процессов радиоконтроля и радиомониторинга в России является автоматизированная система радиоконтроля за излучениями радиоэлектронных средств и высокочастотных устройств гражданского назначения в Российской Федерации (АСРК-РФ), созданная и введенная в эксплуатацию в Центральном федеральном округе в 2007–2012 гг. и в масштабе страны – в 2012–2013 гг.

