

А. М. Рембовский

ВЫЯВЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ КАНАЛОВ УТЕЧКИ ИНФОРМАЦИИ: МЕТОДЫ, СТРУКТУРА И ХАРАКТЕРИСТИКИ СРЕДСТВ

Сформулированы назначение и задачи поисковых систем выявления электромагнитных излучений и наводок, приведен краткий обзор средств съема информации, сформулированы тактико-технические характеристики поисковой техники. Определены этапы выявления электромагнитных излучений и наводок, проведен синтез одноканального и двухканального способов выявления в пределах контролируемого помещения несанкционированно установленных источников излучений и побочных наводок, определена структура программно-аппаратных средств, реализующих данные способы. Представлены методы дистанционного радиомониторинга нескольких помещений с центрального поста. Описаны режимы работы систем и приведены результаты экспериментальной проверки.

Несанкционированное использование специальных технических средств (СТС) для негласного съема информации, несмотря на введение Закона РФ “Об оперативно-розыскной деятельности”, регламентирующего порядок разработки, производства и применения СТС, продолжается. Существенно возрос ассортимент специальных средств съема информации, улучшились их технические характеристики — увеличилась верхняя граница диапазона частот, дальнейшее распространение получают радиомикрофоны со скремблированием, с различными, в том числе цифровыми, видами модуляции, благодаря использованию акустоматов увеличивается срок их работоспособности без смены источника питания.

Совершенствуются методы использования средств несанкционированного съема акустической информации:

— дальнейшее развитие получают СТС с дистанционным управлением, накоплением информации и ее кратковременным сбросом, а также сложными, в том числе широкополосными, видами модуляции;

— СТС целевого назначения изготавливают и устанавливают с учетом реальной электромагнитной обстановки в месте предполагаемого использования, что практически исключает их обнаружение простыми средствами.

Все эти факторы затрудняют работу подразделений служб безопасности по выявлению и закрытию каналов утечки акустической информации и требуют использования самых современных средств контршпионажа.

В настоящей работе приведены результаты исследований, связанных с определением структуры семейства поисковых систем и входящих в нее технических средств, технических характеристик поисковой техники и метода поиска, путей построения поисковой системы для одного помещения и системы дистанционного радиомониторинга нескольких помещений одного объекта.

Назначение, задачи и структура поисковых систем. Основные направления поиска СТС следующие:

— выявление специально организованных и потенциальных каналов утечки информации в отдельном помещении и мониторинг нескольких помещений учреждения;

— проведение специсследований, в том числе:

на наличие побочных электромагнитных излучений и наводок;

защищенности основных технических средств и систем, предназначенных для обработки, хранения и передачи по линиям связи конфиденциальной информации;

защищенности конфиденциальной информации, обрабатываемой основными техническими средствами и системами, от утечки за счет наводок на вспомогательные технические средства и системы и их коммуникации;

защищенности речевой конфиденциальной информации от утечки за счет акустоэлектрических преобразований во вспомогательных технических средствах и системах;

— контроль радиоэлектронной обстановки в районе защищаемых объектов военного и государственного назначения в пределах контролируемой зоны, выявление различного рода нарушений, связанных с несанкционированным включением излучающих средств на территории защищаемых объектов и контроль эффективности работы средств защиты.

В соответствии с этими направлениями поисковая система выявления технических каналов утечки информации и поиска источника радиоизлучения внутри объектов и на границах контролируемой зоны включает (рис. 1):

— аппаратуру повышенной производительности с двухканальным (АРК-Д7М, АРК-Д7К) или одноканальным (АРК-Д1Т, АРК-Д1ТИ, АРК-ПК-5КУ, АРК-ПК-3КУ) приемным трактом для контроля одного помещения;

— систему дистанционного радиомониторинга и централизованного контроля нескольких помещений (АРК-Д9, АРК-Д3) в пределах одного объекта;

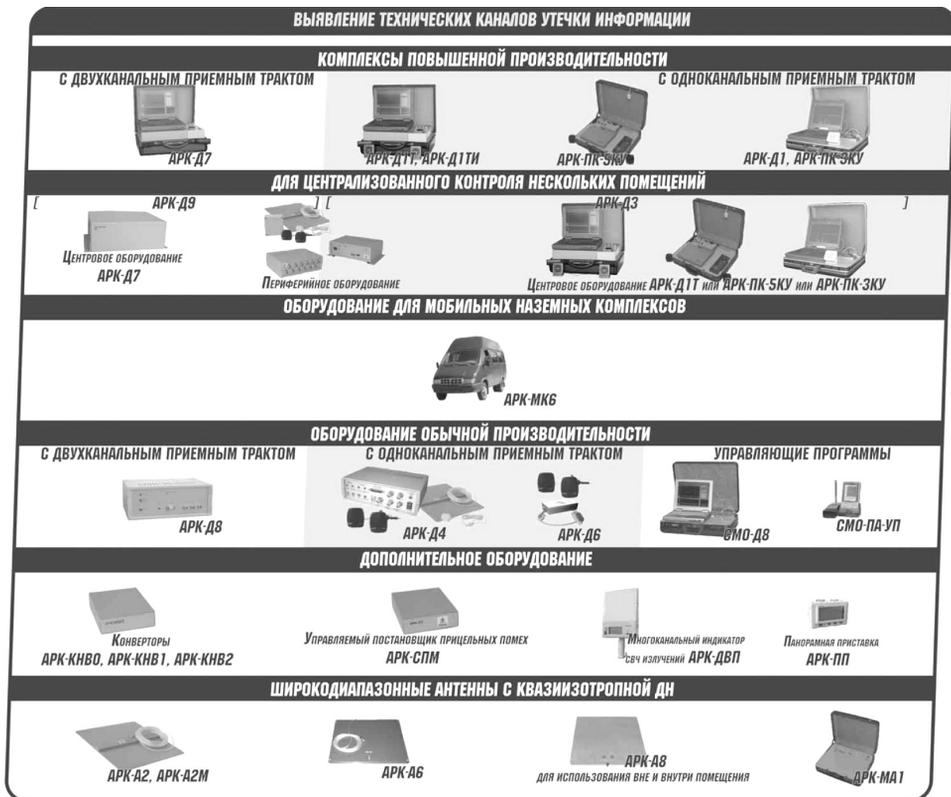


Рис. 1. Состав системы поисково-обнаружительных средств

— оборудование для мобильных наземных комплексов ARK-MK6, обеспечивающее поиск и пеленгование источников радиоизлучений по азимуту и углу места при контроле радиоэлектронной обстановки на границах контролируемой зоны защищаемых объектов военного и государственного назначения.

Технические характеристики поисковой техники. Рабочий диапазон, используемый для передачи по радиоканалам СТС, составляет от единиц мегагерц до 4–6 ГГц, иногда до 16–18 ГГц. В случае более низких частот сильно возрастают размеры антенны, что затрудняет их маскирование. С повышением частоты сильно возрастает затухание радиосигнала, а распространение радиоволн все в большей степени подчиняется законам геометрической оптики, что усложняет обслуживание СТС.

В настоящее время обнаружение источников радиоизлучений и выявление каналов утечки информации проводится в условиях продолжающегося интенсивного возрастания загрузок диапазона частот. Возрастание загрузок диапазона частот можно объяснить следующими причинами:

- вводом новых систем подвижной радиосвязи с временным или пространственным распределением частот между пользователями;
- увеличением числа стационарных и мобильных радиостанций и передатчиков с фиксированным распределением частот;
- умышленным и неумышленным использованием нелегальных радиотелефонов и радиостанций;
- отклонением параметров радиостанций от заданных и возрастанием числа помех промышленного происхождения.

Все эти причины приводят к тому, что в большинстве крупных промышленных центров еще недавно свободный эфир оказался перенасыщенным и увеличение загрузки продолжается. Это предопределяет повышенные требования к динамическому диапазону по уровню входных сигналов, разрешающей способности и быстродействию радиоприемных устройств.

Главная сложность для потребителей поисковой техники заключается в выборе аппаратуры, способной обеспечить выполнение задачи, стоящей перед ними, с высоким качеством. Сочетание отвечающей высоким требованиям аппаратуры с удачными алгоритмами обработки принятых сигналов позволяет в наибольшей степени автоматизировать выполнение поисковых мероприятий, минимизировать время выполнения задачи и участие в ней оператора. Для поисковой техники наиболее важными являются следующие параметры:

- скорость панорамного анализа для всего рабочего диапазона;
- реализуемая при панорамном анализе разрешающая способность по частоте;
- динамический диапазон в широкополосном тракте радиоприемного устройства поиска;
- чувствительность радиоприемного устройства поиска и интегральная чувствительность поискового оборудования.

Скорость панорамного анализа в случаях проверки штатного оборудования (например, специсследований на наличие побочных электромагнитных излучений и наводок) имеет второстепенное значение и влияет лишь на загрузку оператора и оборудования. Однако при проведении поисковых мероприятий во время важного совещания, на которое кто-нибудь из участников умышленно или случайно пронес радиомикрофон, или при обнаружении радиомикрофона с накоплением и периодическим кратковременным сбросом информации длительность поисковых мероприятий, определяемая скоростью панорамного анализа при заданной разрешающей способности, очень важна.

Вместе с тем, скорость панорамного анализа в поисковых системах подчас ограничивается не физическими возможностями и интеллектом

разработчиков, а высокой стоимостью потенциально реализуемых систем. Поэтому одним из критериев оценки поисковых систем является показатель “эффективность–стоимость”. При этом важной особенностью данных систем является необходимость обеспечивать высокую скорость панорамного анализа при заданной разрешающей способности не на отдельных участках, а для всего диапазона.

Разрешающая способность по частоте напрямую зависит от скорости панорамного анализа и определяет возможность раздельной частотной селекции излучений расположенных рядом источников. Особое значение этот показатель приобретает в условиях сложной электромагнитной обстановки, свойственной промышленным центрам. Необходимо учитывать также тот факт, что выбор частот СТС на фоне излучений штатных радиосредств является одним из стандартных методов работы охотников за секретами.

Динамический диапазон радиоприемных устройств для поискового оборудования повышенной производительности, в котором перестройка и обработка осуществляются с использованием сравнительно широкой полосы одновременного анализа, имеет первостепенное значение. Наиболее приемлемым является определение динамического диапазона по взаимной интермодуляции третьего порядка. Именно такой параметр адекватно характеризует способность оборудования функционировать в сложной помеховой обстановке при одновременном анализе большого числа независимых радиосигналов с широким диапазоном уровней. Современные комплексы используют высокочастотные тракты (например, тюнер АРК-ЦТ1), у которых значение динамического диапазона составляет не менее 70 дБ. Например, для широко используемых импортных радиоприемных устройств AR-3000A, AR-5000 это значение составляет 52–55 дБ.

По мнению автора, все эти параметры (скорость панорамного анализа, разрешающая способность и динамический диапазон) должны задаваться не по отдельности, а совместно — в пакете.

Чувствительность радиоприемного устройства поиска и интегральная чувствительность поискового оборудования являются важнейшими параметрами поисковой системы. Если чувствительность радиоприемного устройства поиска для каждого типа оборудования определена, то интегральная чувствительность комплекса, характеризующая мощностью обнаруживаемого радиомикрофона при заданных размерах помещения и учитывающая влияние антенн и размеры помещения, в информационных материалах большинства компаний в прямом виде или в виде совокупности параметров зачастую не приводится. Важность этого параметра определяется следующими соображе-

ниями. Излучения специальных устройств и побочные информативные излучения штатных средств не имеют нормированных показателей по виду поляризации, классу и мощности излучения и могут быть ориентированы в пространстве произвольным образом. По этой причине в состав поисковой системы должны входить широкодиапазонные антенны для приема сигналов с произвольным видом поляризации. Антенны с изотропной диаграммой направленности во всем рабочем диапазоне (0,1–6000 МГц) практически нереализуемы, можно создать лишь антенны с квазиизотропной диаграммой направленности. Такие антенны обязательно имеют неравномерности в пространственных азимутально-угломестных секторах, что без принятия специальных мер приводит к снижению интегральной чувствительности поисковой системы. Поэтому если в процессе обнаружения задействована только одна антенна используемой аппаратуры, она заведомо имеет заниженную интегральную чувствительность. Способы достижения максимальной интегральной чувствительности в этом случае рассмотрены далее.

Из расчетов, экспериментальной проверки и анализа ценовых показателей следует, что для современных высокопроизводительных поисковых систем компромиссом является следующая совокупность показателей:

- рабочий диапазон частот 0,01–18000 МГц;
- скорость панорамного анализа 100–500 МГц/с при разрешающей способности 6–7 кГц и динамическом диапазоне (в соответствии с определением, приведенным ранее) не менее 70 дБ;
- интегральная чувствительность (характеризуемая мощностью обнаруживаемого передатчика с произвольным видом поляризации в помещении размером до 100 м²) 50–100 мкВт.

Основные этапы поиска. Выявление технических каналов утечки информации — сложный многоэтапный процесс, который в упрощенном виде может быть представлен в виде совокупности ряда этапов (рис. 2).

Текущий контроль загрузки диапазона (этап 1) предполагает ее анализ и накопление данных о частотах, уровнях и характере радиосигналов в рабочем диапазоне частот с привязкой данных к месту приема. Под эталонной панорамой понимается совокупность накопленных за достаточно большой интервал времени данных о загрузке диапазона, полученных по результатам проведения текущего контроля. При этом предполагается, что новые сигналы отсутствуют, что возможно либо при заведомо проверенном помещении, либо при проведении замеров в другом помещении (например, на другом этаже здания и т.п.).



Рис. 2. Этапы выявления технических каналов утечки информации

В перечень новых данных (этап 2) включаются данные о радиосигналах, совокупности параметров которых удовлетворяют заданным критериям поиска. Использование опорной антенны предполагает наличие в составе поисковой системы антенного коммутатора, обеспечивающего поочередное подключение приемной (в контролируемом помещении) и опорной антенн. Опорная антенна находится вне зоны приема сигналов из контролируемого помещения, но обеспечивает надежный прием всех внешних сигналов. Поисковая система с опорным каналом предполагает наличие многоканального (как минимум, двухканального) радиоприемного устройства с идентичными характеристиками каждого канала, подключенного к выходам приемной и опорной антенн и работающего по обоим каналам синхронно во времени и по частоте. Подобные системы являются наиболее эффективными для сокращения времени поиска новых сигналов. Их появление стало возможным благодаря разработке двухканальных цифровых радиоприемных устройств третьего и четвертого поколений.

Полная автоматизация процесса определения степени “опасности” контролируемого излучения (этап 3) вряд ли возможна по следующим причинам. Многолетний опыт разработки показывает:

— невозможно построить универсальную систему автоматического распознавания всех известных и используемых в мировой практике видов модуляции и измерения их параметров, а выбор конкретного ансамбля сигналов для подобных систем субъективен и отражает эрудицию, возможности и пристрастия разработчиков и заказчиков;

— системы автоматического распознавания сигналов представляют больший интерес для задач радио- и радиотехнической разведки, нежели для поисково-обнаружительной техники, и поэтому многофункциональные поисково-обнаружительные средства целесообразно комплектовать дополнительным пакетом автоматического распознавания ансамбля сигналов для определенного ведомства, региона, рода войск и т.п.;

— для базового комплекта поисково-обнаружительных средств более целесообразным и перспективным представляется обеспечение возможности записи на жесткий диск фрагментов радиосигналов с сохранением их тонкой структуры, а также включение в состав аппаратуры пакета цифровой обработки с участием оператора. Данный пакет должен иметь широкие возможности обработки сигналов и обеспечивать универсальные функции анализа, демодуляции, декодирования и измерения параметров сигналов и передач.

Тестирование на этапе 3 эффективно как при выявлении радиомикрофонов без закрытия (излучения в контролируемом помещении

специально синтезированных акустических сигналов), так и при проведении специсследований на наличие побочных электромагнитных излучений и наводок путем соответствующей модуляции информативных параметров излучения.

Одной из сопутствующих задач при поиске СТС после идентификации источника радиоизлучения является определение его местоположения в контролируемом помещении. Для целого ряда видов модуляции без закрытия данная задача решается методом эхо-локации, при которой излучается тестирующий акустический сигнал определенной спектральной состава и осуществляется его взаимокорреляционная обработка с сигналом на выходе соответствующего демодулятора. При этом могут возникать трудности, связанные с неравномерностью акустического поля сигнала, излучаемого акустической системой, в помещении. В помещениях сложной формы, с большим количеством мебели и других предметов имеют место многократные отражения и интерференция акустических волн, что оказывает существенное влияние на результаты идентификации и локализации СТС. Наиболее труден поиск радиомикрофонов, размещенных во внутренних полостях предметов мебели: для этого применяют при тестировании не один, а несколько видов тестирующих сигналов, каждый из которых обладает определенными преимуществами. Для излучений с цифровыми видами модуляции или с закрытием локализация осуществляется на основе анализа уровня сигнала в ближней зоне с помощью специального датчика.

Выявление технических каналов утечки информации основывается на результатах анализа ряда стандартных функций, выполнение которых должна обеспечивать аппаратура автоматизированного радиоконтроля. От качества решения задач поисковым оборудованием зависит длительность процесса поиска и достоверность получаемой информации. Большинство существующих средств в большей или меньшей степени обеспечивает выявление технических каналов утечки информации по указанным этапам или подобным им. Полнота и скорость выявления технических каналов утечки информации, интегральная чувствительность поисковой системы и вероятность принятия правильного решения зависят от структуры поисковой системы и тактико-технических характеристик используемых в ней средств.

Одноканальная поисковая система для одного помещения. Поисковая система, реализующая повышенную интегральную чувствительность и максимальное быстроедействие, включает [1]:

— комплект широкодиапазонных антенн с квазиизотропной диаграммой направленности (опорная антенна вынесена за пределы контролируемого помещения);

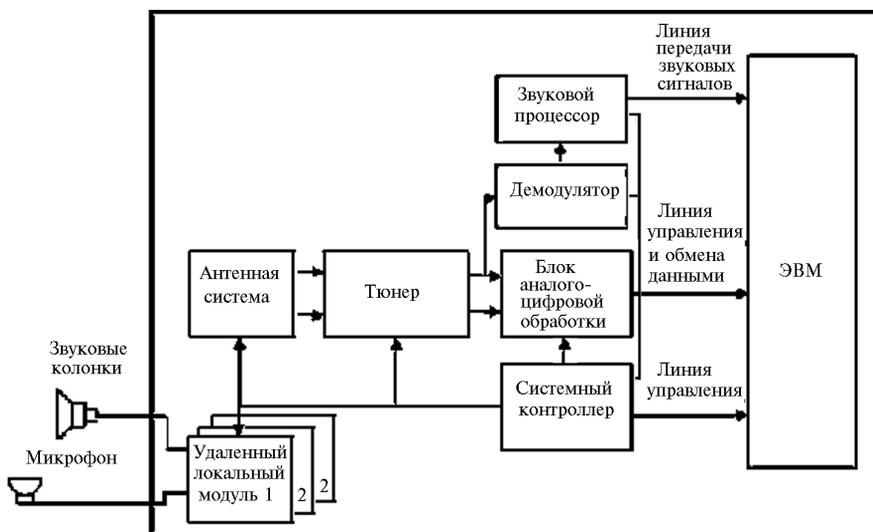


Рис. 3. Обобщенная структурная схема аппаратуры выявления технических каналов утечки информации

- управляемый антенный коммутатор;
- управляемый по частоте приемный тракт с шириной полосы пропускания по промежуточной частоте, равной ширине полосы одновременного анализа;
- устройство аналого-цифровой обработки на основе быстрого преобразования Фурье;
- управляющее устройство с изменяемой структурой, определяемой используемой версией специального математического обеспечения (рис. 3).

Для достижения максимальной интегральной чувствительности поисковой системы аппаратура содержит антенный коммутатор и набор широкодиапазонных антенн с квазиизотропной диаграммой направленности, размещаемых в контролируемом помещении. Одна из них может быть использована как опорная и размещена на достаточном удалении от контролируемого помещения, например на крыше учреждения. В ходе панорамного анализа на каждом участке полосы одновременного анализа осуществляется поочередное подключение каждой из антенн ко входу радиоприемного устройства, при этом в полосе мгновенного анализа (2 или 5 МГц для комплексов четвертого поколения) для каждой из антенн снимается спектр с заданной дискретностью (3 кГц или менее), а затем осуществляется сравнение значения каждого из компонентов спектра с пороговым уровнем или со значением соответствующего компонента спектра опорной антенны. Такая обработка обеспечивает реализацию метода автоматической простран-

ственной селекции, т.е. позволяет выделить антенну, сигнал на выходе которой имеет наибольший уровень. Этим достигаются следующие возможности:

- отселектировать излучение устройства негласного съема информации на фоне излучений штатных радиосредств;
- компенсировать неравномерности диаграммы направленности квазиизотропных антенн в различных пространственных секторах.

Возможность подключения к одному из входов коммутатора внешней (опорной) антенны существенно увеличивает вероятность различения внешних и внутренних источников излучений в сложной электромагнитной обстановке, ускоряет поиск новых сигналов.

Ранее отмечалось, что основными показателями указанных систем, которые следует рассматривать только совместно (в пакете), являются динамический диапазон широкополосного тракта радиоприемных устройств и получаемые разрешающая способность, чувствительность и быстродействие системы поиска при панорамном анализе и обнаружении новых (или незарегистрированных) источников сигналов и помех.

Двухканальная поисковая система для одного помещения. Новый не имеющий аналогов класс аппаратуры с повышенной производительностью третьего (АРК-Д7) и четвертого (АРК-Д7М) поколений на основе двухканального цифрового радиоприемного устройства с двумя синхронно работающими параллельными каналами приема и обработки (приемным и опорным) [2, 3] обеспечивает:

- функционирование с высокой скоростью в реальном масштабе времени без предварительного накопления информации о загрузке рабочего диапазона частот (т.е. без получения эталонной панорамы);
- обнаружение шумоподобных сигналов на основе взаимокорреляционной обработки напряжений с выходов двух приемных трактов с когерентно связанными гетеродинами.

Антенна опорного канала размещается в месте уверенного приема всех внешних сигналов, а другие антенны — в контролируемом помещении. Двухканальное радиоприемное устройство с когерентно связанными гетеродинами и двухканальным блоком аналого-цифровой обработки обеспечивает синхронный панорамный анализ, обнаружение и синхронную цифровую обработку в обоих каналах.

Семейство портативных комплексов повышенной производительности с одноканальным приемным трактом включает близкие по функциональным возможностям комплексы второго (АРК-Д1, АРК-ПК-ЗКУ, АРК-ПК-5КУ) и третьего (АРК-Д1Т, АРК-Д1ТИ) поколений. Более низкие показатели комплексов второго поколения обусло-

влены использованием радиоприемных устройств зарубежного производства (табл. 1–3).

Таблица 1

Состав и конструктивные особенности аппаратно-программных комплексов

Наименование компонента комплексов	АРК-Д7, АРК-Д7М	АРК-Д1Т, АРК-Д1ТИ	АРК-ПК-3КУ	АРК-ПК-5КУ
Антенный коммутатор	есть	есть	есть	есть
Количество антенн, используемых при поиске в одном рабочем диапазоне	до 4	до 4	до 4	до 4
Радиоприемное устройство	АРК-ЦТ2, АРК-ЦТ3, конверторы	АРК-ЦТ1, конверторы	AR-3000A, конверторы	AR-5000, конверторы
Процессор быстрого преобразования Фурье	есть	есть	есть	есть
Аппаратура для записи цифровых радиосигналов на жесткий диск	есть	есть	нет	нет
Аппаратура для технического анализа	есть	есть	нет	нет
Устройство контроля проводных сетей	есть	есть	есть	есть
Устройство формирования прицельных помех	есть	есть	есть	есть
Сменные пакеты специального математического обеспечения	есть	есть	есть	есть
Блок питания от сети переменного тока	есть	есть	есть	есть
Зарядное устройство и встроенная автономная система питания	есть	есть	есть	есть
Исполнение	в кейсе и стационарное	в кейсе и стационарное	в кейсе	в кейсе

Дистанционный радиомониторинг нескольких помещений. Задача построения систем дистанционного радиомониторинга (СДРМ) нескольких помещений здания с центрального поста [2, 4] мало освещена в литературе. Между тем, эта задача имеет свои специфические особенности, и попытки решить ее путем простого комплексирования автономной аппаратуры (для контроля одного помещения) и дополнительного оборудования, не приспособленного специально для данной системы, не приводят к положительным результатам.

Функциональные возможности аппаратно-программных комплексов

Функциональная возможность	АРК-Д7, АРК-Д7М	АРК-Д1Т, АРК-Д1ТИ	АРК-ПК- ЗКУ	АРК-ПК- 5КУ
Возможность наращивания комплекса до учрежденческого	есть	есть	есть	есть
Использование эталонной панорамы	есть	есть	есть	есть
Использование опорной антенны	есть	есть	есть	есть
Формирование прицельных помех	есть (дополнительная опция)	есть (дополнительная опция)	есть (дополнительная опция)	есть (дополнительная опция)
Определение местоположения радиомикрофонов без закрытия	есть	есть	есть	есть
Запись спектрограмм источника радиоизлучения	есть	есть	есть	есть
Запись цифровых радиосигналов на жесткий диск с сохранением их тонкой структуры	есть	есть	нет	есть (дополнительная опция)
Цифровая обработка и измерение параметров цифровых радиосигналов	есть	есть	нет	есть (дополнительная опция)
Обнаружение работающих видеокамер	есть (дополнительная опция)	есть (дополнительная опция)	нет	нет
Система контроля инфракрасного излучения	есть (дополнительная опция)	есть (дополнительная опция)	нет	нет
Устройство отображения телевизионного сигнала	есть (дополнительная опция)	есть (дополнительная опция)	нет	нет
Обнаружение работающих сотовых телефонов стандартов GSM, DEKT, CDMA	есть	есть	есть	есть
Обнаружение шумоподобных сигналов на фоне шума	есть	нет	нет	нет
Автоматическое распознавание вида модуляции цифровых радиосигналов и измерение их параметров	есть (дополнительная опция)	есть (дополнительная опция)	нет	нет
Автоматизированный контроль проводных сетей	есть	есть	есть	есть
Наличие сертификата аппаратуры	нет	есть	нет	нет

Характеристики многофункциональных аппаратно-программных комплексов

Характеристика	АРК-Д7М	АРК-Д1Т, АРК-Д1ТИ	АРК-ПК-3КУ	АРК-ПК-5КУ
При выявлении технических каналов утечки информации по эфиру				
Диапазон панорамного анализа, МГц:				
для базового комплекта	0,01 ... 3000	20 ... 2020	0,1 ... 2036	0,01 ... 2600
для комплекта с дополнительными блоками	0,01 ... 18000	0,01 ... 18000	0,1 ... 6000	0,01 ... 6000
Динамический диапазон приемника, дБ (по взаимной интермодуляции третьего порядка)	80	70	52	55
Скорость панорамного анализа, МГц/с (при дискретности спектра 3 кГц)	800	150	40	35
При контроле проводных сетей				
Напряжение проводной сети, В	до 400	до 400	до 400	до 400
Диапазон контроля проводных сетей, кГц	10 ... 30000	10 ... 30000	10 ... 30000	10 ... 30000
При формировании прицельных помех				
Рабочий диапазон, МГц	40 ... 1000	40 ... 1000	40 ... 1000	40 ... 1000
Минимальный шаг, кГц	12,5	12,5	12,5	12,5
Мощность, мВт	100 ... 150	100 ... 150	100 ... 150	100 ... 150
Ширина помехи, кГц	15, 150	15, 150	15, 150	15, 150
Интервал сканирования, мс	50	50	50	50

Как отмечалось ранее, диапазон устройств несанкционированного съема информации может быть в пределах от единиц мегагерц до 10–12 ГГц; соответственно, СДРМ должна обеспечивать их выявление. Специалистами проведены системные исследования СДРМ и их компонентов, решены задачи дистанционного радиомониторинга для диапазона вплоть до 6 ГГц в каждом из удаленных контролируемых помещений.

В настоящей работе приведены обобщенные результаты исследований по данному направлению, касающихся как систем в целом, так и входящих в них компонентов.

Приведенные результаты справедливы как для наиболее типичной ситуации, когда размещение СДРМ осуществляется в уже существующем здании, так и для случаев, когда построение СДРМ учитывается при проектировании здания, т.е. заранее связывается с конструкцией здания, его коммуникациями.

В результате дистанционного радиомониторинга, как уже отмечалось, формируется перечень выявленных частот потенциальных каналов утечки информации. Далее в зависимости от целей поискового мероприятия осуществляются:

- определение координат источников радиоизлучения в контролируемом помещении;
- формирование прицельных помех на частотах идентифицированных источников радиоизлучений для наиболее ответственных помещений;
- снижение уровня побочных излучений проверенных технических средств.

Полная конфигурация СДРМ включает подсистемы для следующих рабочих диапазонов частот: 9 кГц... 20 МГц; 20... 2000 МГц; 2... 6 ГГц; выше 6 ГГц. Контроль на частотах ниже 9 кГц, предполагающий, в том числе, обследование проводных коммуникаций, сети переменного тока и др., выходит за рамки настоящей работы и является темой отдельного исследования.

Необходимость выделения таких подсистем обусловлена различиями в распространении радиоволн, конструкции антенн и коммутационного оборудования для сигналов разной частоты. Границы рабочих диапазонов подсистем могут варьироваться, однако в целом выделение указанных подсистем наиболее целесообразно согласно критерию “эффективность–стоимость”.

Каждая из подсистем полной конфигурации СДРМ должна включать:

- комплект опорных антенн;
- аппаратуру центрального поста с коммутационным и распределительным (диспетчерским) оборудованием;
- периферийное оборудование, устанавливаемое в каждом из контролируемых помещений.

В настоящее время выпускается оборудование для СДРМ второго, третьего и четвертого поколения (АРК-ДЗК, АРК-ДЗТ, АРК-Д9Т) на основе комплексов соответственно второго (АРК-ПК-3КУ, АРК-ПК-5КУ), третьего (АРК-Д1Т, АРК-Д1ТИ, АРК-Д7) и четвер-

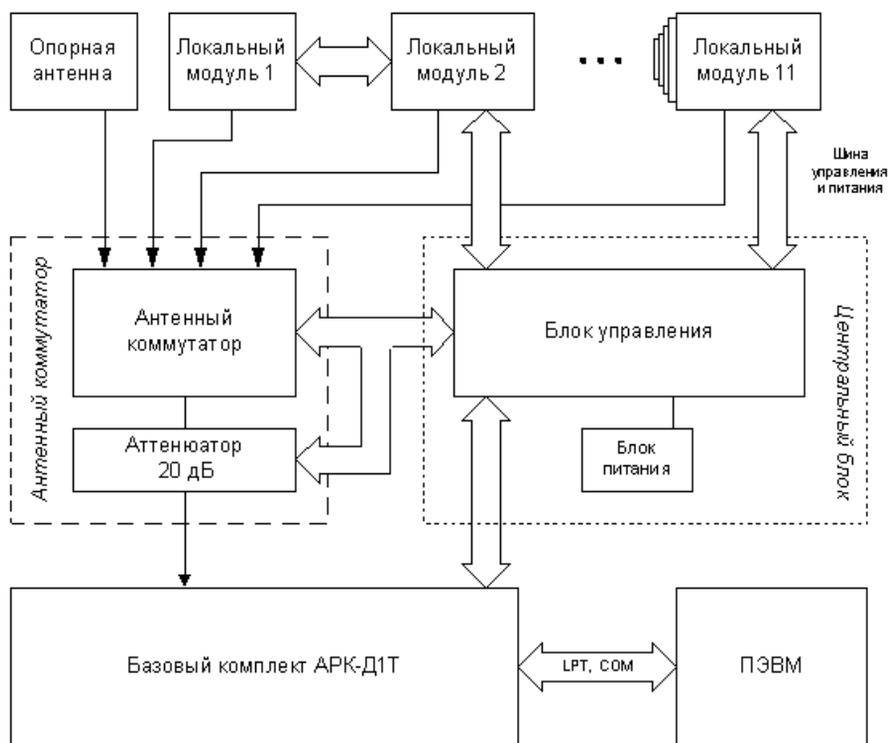


Рис. 4. Обобщенная структурная схема СДРМ

того (АРК-Д7М) поколений. Данные системы в полной конфигурации обеспечивают дистанционный радиомониторинг до одиннадцати контролируемых помещений в диапазоне от 10 кГц до 18 ГГц.

В настоящей работе рассмотрим построение подсистем для частот от 20 МГц и выше, представляющих наибольший интерес для пользователей.

Обобщенная структурная схема СДРМ представлена на рис. 4.

Аппаратура центрального поста. На центральном посту каждой из подсистем размещено следующее оборудование:

- комплект антенных коммутаторов для разных диапазонов частот;
- автоматизированный комплекс радиомониторинга и выявления технических каналов утечки информации (рис. 5, 6);
- распределительный блок;
- комплект соединительных высокочастотных и низкочастотных кабелей;
- IBM-совместимая ПЭВМ;
- пакеты специального программного обеспечения для решения задач дистанционного радиомониторинга и сопутствующих задач.



Рис. 5. Антенный коммутатор, распределительный блок и широкополосная антенна



Рис. 6. Выносной модуль с коммутаторами и дистанционно управляемым конвертором АРК-КНВ2 (2–6 ГГц)

Автоматизированный комплекс радиомониторинга и выявления технических каналов утечки информации, являющийся “ядром” СДРМ, реализует функции частотной селекции, быстрого панорамного анализа, обработки сигналов и принятия решения о наличии излучения в каждом из контролируемых помещений. Тактико-технические характеристики его динамического диапазона, быстродействия, разрешающей способности, степени автоматизации процессов обработки различных сигналов и функциональных возможностей являются определяющими для СДРМ.

На центральном посту СДРМ используется один из существующих комплексов: для СДРМ АРК-ДЗК — комплекс второго поколения АРК-ПК-5КУ (АРК-ПК-3КУ) с одноканальным радиоприемным устройством AR-5000 (AR-3000A); для СДРМ АРК-ДЗТ (рис. 7) — комплексы третьего поколения АРК-Д1Т, АРК-Д1ТИ, АРК-Д1Т-СМ (рис. 8) с одноканальным цифровым радиоприемным устройством АРК-ЦТ1

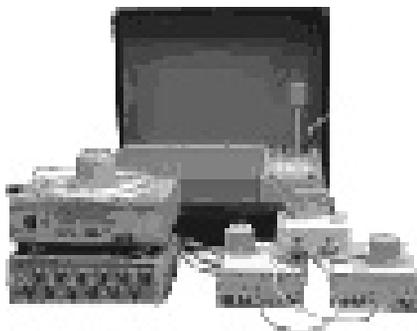


Рис. 7. Система АРК-ДЗТ с периферийным комплектом

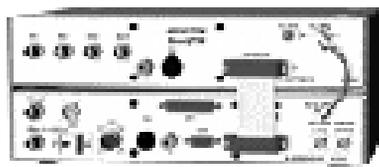


Рис. 8. Комплекс АРК-Д1Т-СМ

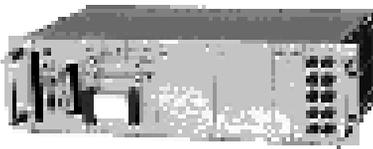


Рис. 9. Комплекс АРК-Д7М

или комплекс третьего поколения АРК-Д7 на основе двухканального цифрового радиоприемного устройства АРК-ЦТ2 с синхронной перестройкой каналов; для СДРМ АРК-Д9 — комплекс четвертого поколения АРК-Д7М (рис. 9) на основе двухканального цифрового радиоприемного устройства АРК-ЦТ3 с синхронной перестройкой каналов.

Показатели данных комплексов приведены в табл. 1–3. Интегральная чувствительность СДРМ определяется, кроме того, параметрами антенной системы, антенно-фидерного тракта, коммутаторов, усилителей ретрансляторов и др.

Отличительные особенности рассматриваемых комплексов заключаются в следующем:

- высокая скорость панорамного анализа, обеспечиваемая использованием на центральном посту одноканальных и двухканальных цифровых радиоприемных устройств, позволяет быстро обнаруживать любые радиомикрофоны, в том числе с периодическим (импульсным) выходом в эфир, широкополосные передатчики, устройства с цифровыми видами модуляции и источники сигнала на фоне излучений мощных станций;

- наличие в каждом контролируемом помещении нескольких антенн с квазиизотропными диаграммами направленности для соответствующих рабочих диапазонов и их дистанционная коммутация гарантируют высокую интегральную чувствительность системы при обнаружении излучений с произвольной поляризацией;

- каждое из предлагаемых цифровых радиоприемных устройств третьего и четвертого поколений имеет динамический диапазон в широкополосном тракте по взаимной интермодуляции второго и третьего порядков не менее 70 дБ, что достаточно для обеспечения работы системы в сложной электромагнитной обстановке, свойственной крупным городам.

Аппаратными средствами и программным обеспечением комплекса реализуются практически все известные методы обнаружения и идентификации радиомикрофонов:

- разделение источников радиоизлучения на внешние и внутренние путем поочередного и синхронного (на основе комплексов АРК-Д7, АРК-Д7М) сравнения уровней радиосигналов от выбранных по определенному алгоритму пар антенн;

— обнаружение шумоподобных сигналов путем когерентного накопления мощности сигналов и взаимокорреляционной обработки (на основе комплексов АРК-Д7, АРК-Д7М);

— синхронный контроль радиисточников на частотах, кратных обнаруженной частоте (тест по гармоникам);

— поиск корреляции между акустическим воздействием (окружающим фоном или специальным тестовым сигналом) и параметрами принимаемого радиосигнала;

— запись на жесткий диск ПЭВМ радиосигналов с сохранением их тонкой структуры;

— технический анализ радиосигналов в реальном масштабе времени и записанных ранее;

— определение вида модуляции и демодуляции зарегистрированных фрагментов цифровых сигналов;

— измерение параметров радиосигналов с различными видами модуляции;

— накопление в базе данных информации об источниках радиосигналов и их параметрах, полученных с помощью технического анализа, для последующего использования.

Кроме поисковой функции (т.е. выявления несанкционированных радиоизлучений) система обеспечивает следующие возможности:

— регистрацию эфирной информации в координатах “частота–уровень–время” с формированием неограниченного числа файлов для результатов;

— регистрацию эфирной информации о загрузке рабочего диапазона частот и накопление результатов для каждого помещения с формированием неограниченного числа файлов;

— сохранение в базе данных полученной информации с возможностью последующей обработки специальным пакетом программ;

— адаптацию к уровню промышленных шумов и помех;

— формирование отчетов за период дежурства;

— удаленный контроль и администрирование через сеть ТСР/ІР.

Распределительный блок обеспечивает формирование команд управления, тестовых сигналов и номеров контролируемого помещения для передачи их на дешифратор и исполнительные устройства. Передача этих служебных сигналов осуществляется по специально проложенной низкочастотной сети, охватывающей все контролируемые помещения и подключенной к распределительному блоку.

Пакеты специального программного обеспечения и программно-аппаратные комплексы предназначены для решения задач дистанционного радиомониторинга и сопутствующих задач.

Периферийное оборудование. Задачей периферийного оборудования в каждом из контролируемых помещений является прием высокочастотных сигналов и их усиление (для компенсации потерь в высокочастотных кабелях большой длины).

Периферийное оборудование устанавливается в каждом из контролируемых помещений, в его состав входят:

— комплект широкодиапазонных антенн с квазиизотропной диаграммой направленности (диапазон которых превышает рабочий диапазон частот); в состав комплекта антенн в каждом из контролируемых помещений входят АРК-А2 (20 ... 1000 МГц), АРК-А6 (20 ... 1000 МГц), АРК-А10 (1000 ... 2000 МГц), АРК-А11 (2000 ... 6000 МГц), АРК-А8В (10 кГц. . . 6000 МГц) в исполнении для помещений;

— локальный модуль;

— акустические колонки;

— микрофон;

— высокочастотные разъемы и переходники;

— выносные модули с дистанционно управляемыми конверторами АРК-КНВ2 и со встроенными коммутаторами, предназначенными для переключения выходов антенн. С помощью выносных модулей в каждом из контролируемых помещений производятся коммутация выходов антенн в соответствии с частотой настройки радиоприемного устройства на центральном посту; усиление (для компенсации потерь в высокочастотных кабелях) радиосигналов в диапазоне до 2 ГГц; преобразование, усиление и селекция радиосигналов в диапазоне выше 2 ГГц.

Функционирование СДРМ. Особенность комплексов четвертого и третьего поколения заключается в том, что цифровое радиоприемное устройство может быть выполнено в виде отдельных управляемых модулей (для частот 9 кГц. . . 30 МГц, 30 ... 2000 МГц, 2 ... 6 ГГц), поэтому работа подсистем СДРМ может быть организована как параллельно, так и последовательно; при использовании же комплексов второго поколения — только последовательно.

В случае параллельной работы для каждой подсистемы необходимо наличие отдельной ПЭВМ с соответствующим пакетом программ, коммуникационное оборудование и комплект высокочастотных и низкочастотных кабелей. В случае последовательной работы оборудование всех подсистем объединено, поскольку имеет общее базовое цифровое радиоприемное устройство, управляемое IBM-совместимой ПЭВМ с соответствующими пакетами программ для каждой из подсистем.

Далее рассмотрим вариант параллельного построения всех подсистем, т.е. вариант их независимой одновременной работы с использованием комплексов третьего и четвертого поколений.

Каждое цифровое радиоприемное устройство содержит высокочастотный тюнер и процессор, реализующий операцию быстрого преобразования Фурье по специальному алгоритму. Перестройка цифрового радиоприемного устройства осуществляется с шагом, равным ширине полосы одновременного анализа: 2 МГц для АРК-Д1Т, АРК-Д7 или 5 МГц для АРК-Д7М. В полосе одновременного анализа вычисляется спектр с дискретностью 3,125 кГц по умолчанию или с другой, устанавливаемой в задании.

Алгоритмы поиска предусматривают использование различных методов обнаружения новых излучений в контролируемом помещении, в том числе сравнение уровней вновь обнаруженных сигналов:

- с эталонной панорамой для каждого из помещений;
- с уровнями сигналов на выходе опорной антенны при поочередном подключении выходов опорной антенны и антенны в контролируемом помещении с использованием эталонной панорамы для каждого из помещений или без него;
- с уровнями одновременных сигналов на выходе опорной антенны с использованием эталонной панорамы для каждого из помещений или без него.

В задании предусмотрены возможности выбора различных методов предварительной обработки спектра принимаемого радиосигнала, в том числе метода усреднения по нескольким реализациям, выбора максимальных значений из нескольких реализаций, изменение в широких пределах интервала между отсчетами спектра. Предусмотрена корректировка эталонных панорам загрузки диапазона для каждого из помещений с использованием вновь полученных результатов, их дополнение новыми данными реальной загрузки.

В системе АРК-Д3Т комплекс АРК-Д1Т во всем диапазоне рабочих частот обеспечивает автоматический (в соответствии с заданием) панорамный поиск с шагом 2 МГц при поочередном подключении на каждой частоте настройки сигнала на выходе антенн в контролируемом помещении и опорной зоне при реальной скорости перестройки не менее 92 МГц/с. Эта процедура повторяется для каждого из контролируемых помещений, либо для помещений, выбранных по заданию. При этом по умолчанию разрешающая способность по частоте составляет 7 кГц (при разрешающей способности по частоте 3,125 кГц), а динамический диапазон в широкополосном тракте по взаимной интермодуляции второго и третьего порядка — не менее 70 дБ.

В системе АРК-Д9 каждое приемное устройство комплекса АРК-Д7, АРК-Д7М во всем диапазоне рабочих частот обеспечивает автоматический (в соответствии с заданием) синхронный панорамный

поиск в одной из контролируемых и опорной зонах при реальной скорости перестройки не менее 140 МГц/с (800 МГц/с для АРК-Д7М). Эта процедура повторяется для каждого из контролируемых помещений, выбранных по заданию.

Для идентификации вновь обнаруженных сигналов производятся:

- активное тестирование с использованием специально подобранных тестовых сигналов;
- пассивное тестирование на основе взаимокорреляционной обработки с использованием фонового шума в помещении (музыка, речь и т.п.);
- запись фрагментов радиосигналов (на промежуточной частоте) на жесткий диск и их автоматизированная обработка оператором с помощью программы технического анализа (определение вида модуляции, демодуляция, декодирование, измерение параметров и т.п.).

Основные характеристики СДРМ и ее составных частей следующие:

Количество контролируемых удаленных помещений в стандартной конфигурации.....	до 11
Возможность использования опорных антенн.	есть
Возможность использования эталонной панорамы для каждого из помещений.....	есть
Рабочий диапазон частот.....	20...6000 МГц (с возможностью расширения диапазона до 18 ГГц)
Динамический диапазон (по взаимной интермодуляции второго и третьего порядка в широкополосном тракте).....	70 дБ
Интегральная чувствительность в каждом из контролируемых помещений.....	100 мкВт

Интегральная чувствительность СДРМ характеризуется мощностью источника радиоизлучения с произвольной поляризацией, который обнаруживается в помещении размером 8 м×8 м с достоверностью 0,99.

Далее приведены основные возможности используемых пакетов специального программного обеспечения СДРМ.

Выявление технических каналов утечки информации в совокупности с аппаратным комплексом обеспечивает:

- работу в соответствии с различными заданиями, определяемыми пользователем;
- накопление и сохранение на диске спектров сигналов;

- просмотр и работу с эталонной панорамой спектра;
- обнаружение новых источников радиоизлучения;
- идентификацию источников радиоизлучения с использованием различных акустических тестовых сигналов, в том числе естественного акустического фона;
- обнаружение источников радиоизлучения в пределах помещения;
- оперативный анализ спектра;
- оперативный просмотр получаемой панорамы (одновременно с ее обновлением);
- сохранение в базе данных частот новых и идентифицированных источников радиоизлучения;
- создание отчетов по результатам работы.

Запись радиосигналов на жесткий диск ПЭВМ, автоматизированная обработка, измерение параметров, технический анализ. Запись радиосигналов предназначена для технического анализа, измерения их параметров, определения типа модуляции. Программа обеспечивает запись радиосигналов на жесткий диск ПЭВМ, анализ сигналов на радиочастоте и демодулированных сигналов. Анализ может осуществляться в двух режимах — в режиме реального времени (сигнал отображается по мере поступления с аппаратуры) и в режиме отложенного анализа (данные поступают из файла радиосигнала, записанного на жесткий диск ПЭВМ). В программном пакете реализованы следующие функции:

- запись фрагментов радиосигналов заданной длительности на жесткий диск ПЭВМ;
- отображение радиосигналов и демодулированных сигналов с масштабированием по времени и амплитуде;
- отображение спектров сигналов с различным разрешением и масштабированием по частоте;
- полосовая фильтрация и режекция сигналов в полосе анализируемых частот;
- сдвиг сигналов по частоте (для более точной настройки и для демодуляции сигналов на поднесущей);
- детектирование сигналов, передаваемых на несущей частоте (амплитудное, частотное и фазовое);
- детектирование сигналов, передаваемых на поднесущей частоте (амплитудное, частотное и фазовое);
- измерение частотных и временных параметров радиосигналов;
- измерение полосы радиосигналов;
- распознавание вида модуляции;
- распознавание цифровых видов модуляции;

- определение структуры сигналов;
- управление аппаратурой, запись сигналов на жесткий диск.

Радиомониторинг является составной частью специального математического обеспечения системы панорамного анализа и обнаружения для СДРМ, обеспечивает:

- управление комплексом;
- отображение в реальном времени результатов быстрого панорамного спектрального анализа радиосигналов;
- запись файлов накопленного спектра и частотно-временной загрузки радиодиапазона;
- прослушивание и запись на жесткий диск радиосигналов с аналоговой и цифровой модуляцией;
- работу в режиме спектральной линзы с изменяющимся разрешением от нескольких десятков килогерц до десятков герц;
- измерение напряженности электрического поля (при наличии калиброванных антенн);
- формирование файла с протоколом измерений электрического поля;
- точное измерение частоты и полосы спектра сигнала;
- автоматический поиск активных радиоканалов и сохранение списка найденных частот в базе данных;
- формирование отчетов с результатами поиска активных каналов;
- сканирование заданного списка частот, хранение результатов сканирования в базах данных;
- формирование отчетов с результатами сканирования;
- работу с базой данных зарегистрированных источников.

Анализ спектральных данных предназначен для воспроизведения результатов спектрального анализа, полученных при радиомониторинге, и их отложенной обработки, позволяет:

- с регулируемым разрешением по частоте и по времени отображать спектрально-пеленгационные данные, сохраненные в файлах с расширением *.spd, в виде диаграмм текущего спектра, накопленного спектра и частотно-временной диаграммы;
- для заданной совокупности радиоканалов выполнять поиск сеансов связи, оценку основных параметров радиообстановки и отображать результаты обработки на диаграммах загрузки радиоканалов, средней длительности сеансов связи, диаграммах взаимной корреляции и симплекс-корреляции.

Таким образом, установлено, что каждая из подсистем СДРМ в полной конфигурации должна включать комплект опорных антенн, аппаратуру центрального поста с коммутационным и распределительным

(диспетчерским) оборудованием, периферийное оборудование, устанавливаемое в каждом из контролируемых помещений. Интегральная чувствительность СДРМ в каждом из контролируемых помещений, характеризующаяся мощностью источника радиоизлучения с произвольной поляризацией, который обнаруживается в помещении размером 8 м × 8 м, составляет 100 мкВт (с достоверностью 99 %).

Выводы. 1. Установлено, что для поисковых систем наиболее важными параметрами являются скорость панорамного анализа, реализуемая при этом разрешающая способность по частоте, динамический диапазон в широкополосном тракте радиоприемного устройства поиска и интегральная чувствительность поискового оборудования. Обоснованы рациональные границы параметров поискового оборудования.

2. Предложена структура поисковой системы, обеспечивающая реализацию заданных тактико-технических характеристик.

3. Определена структура системы поисковых средств, все ее компоненты разработаны и экспериментально испытаны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технические средства радиоконтроля и пеленгования // Каталог ЗАО "ИРКОС". – М., 2003.
2. Патент РФ № 2206101. Способ обнаружения источников электромагнитного излучения в пределах контролируемой зоны и устройство для его осуществления. Ашихмин А.В., Быковников В.В., Виноградов А.Д., Рембовский А.М. Опубл. 6.09.2002; Заявл. 10.06.2003.
3. Патент РФ № 2099870. Способ обнаружения радиомикрофона с передатчиком и устройство для его осуществления. Рембовский А.М., Ашихмин А.В. Опубл. 20.12.1997; Заявл. 24.12.1996.
4. Рембовский А.М. Автоматизированный радиоконтроль излучений: задачи и средства // Специальная техника. – 2002. – Спец. вып. – С. 2–6.

Статья поступила в редакцию 1.04.2003

Анатолий Маркович Рембовский родился в 1941 г., окончил в 1966 г. Московский энергетический институт. Канд. техн. наук, старший научный сотрудник, генеральный директор ЗАО "Иркос". Автор более 90 научных работ в области автоматизированного радиомониторинга, пеленгования и защиты информации.

A.M. Rembovsky (b. 1941) graduated from the Moscow Power Institute in 1966. Ph. D. (Eng.), senior researcher, general director of the private joint-stock company "Irkos". Author of over 90 publications in the field of automated radio-monitoring, direction finding and data security.