

**Радиомониторинг: задачи,
методы, средства. Книга
ворога ворожою мовою**

Изложены теоретические и практические вопросы, математические методы и программное обеспечение радиотехнических систем и устройств для выявления и технического анализа радиоизлучений, измерения параметров сигналов, напряженности электромагнитного поля, пеленгования и определения положения источников радиосигналов и радиопомех, обнаружения утечек информации и проведения специальных исследований.

Подробно рассмотрены особенности построения современных одноканальных и многоканальных широкополосных цифровых панорамных радиоприемных устройств и пеленгаторов, анализаторов сигналов GSM, CDMA, DVB -T/H, TETRA и DECT.

Для специалистов в области радиомониторинга, руководителей радиоконтрольных служб, сотрудников силовых ведомств и служб безопасности государственных и коммерческих структур. Будет полезна студентам и аспирантам.

РАДИОМОНИТОРИНГ

ЗАДАЧИ, МЕТОДЫ, СРЕДСТВА



КНИГА ВРОГА ВРОЖОЮ МОВОЮ

Издательский дом
«СВАРОГ»
Киев – 2023

УДК 621.396.67
Р 37

Р 37 Радиомониторинг: задачи, методы, средства. Книга ворога ворожою мовою. — Киев: Изд. дом «СВАРОГ», 2023. — 640 с.

ISBN 978-611-01-2954-1

Изложены теоретические и практические вопросы, математические методы и программное обеспечение радиотехнических систем и устройств для выявления и технического анализа радиоизлучений, измерения параметров сигналов, напряженности электромагнитного поля, пеленгования и определения положения источников радиосигналов и радиопомех, обнаружения утечек информации и проведения специальных исследований. Подробно рассмотрены особенности построения современных одноканальных и многоканальных широкополосных цифровых панорамных радиоприемных устройств и пеленгаторов, анализаторов сигналов GSM, CDMA, DVB -Т/Н, TETRA и DECT.

Для специалистов в области радиомониторинга, руководителей радиоконтрольных служб, сотрудников силовых ведомств и служб безопасности государственных и коммерческих структур. Будет полезна студентам и аспирантам

ISBN 978-611-01-2954-1

УДК 621.396.67

© Издательский дом «Сварог», 2023.

Предисловие

Аппаратура автоматизированного радиомониторинга (АРМ) получила широкое применение как инструмент решения задач в самых различных областях от управления использованием радиочастотного спектра (РЧС) до контроля радиообстановки при проведении контртеррористических операций. Она служит базой технических мероприятий по противодействию несанкционированному съему информации, в том числе специальных исследований побочных электромагнитных излучений и наводок (ПЭМИН).

Перечень задач, решаемых с помощью средств АРМ, включает выявление и анализ радиоизлучений для идентификации источников сигналов и помех, измерение параметров сигналов и помех, оценку их опасности или ценности для пользователя, измерение напряженности электромагнитного поля или плотности потока мощности, определение положения источников радиосигналов и радиопомех на местности.

Основными функциями АРМ являются постоянное или периодическое наблюдение за эфиром в широком диапазоне частот, оперативное обнаружение, анализ и локализация потенциальных или специально организованных радиоканалов утечки информации и проведение других мероприятий по противодействию съему информации в контролируемых зонах (помещениях) различных ведомств и коммерческих учреждений. В частности, аппаратура АРМ позволяет проверять радиотехнические устройства и вычислительную технику на наличие и уровень ПЭМИН, представляющих интерес для перехвата радиосредствами, а затем и оценивать эффективность мер по предотвращению электромагнитного доступа к конфиденциальным данным (например, экранирование, зашумление).

В данной книге приведены справочные сведения и рекомендации по методам и средствам решения вышеперечисленных задач, отражен опыт разработки и даны классификация и подробное описание современных высокопроизводительных аппаратно-программных средств АРМ, в том числе для обнаружения, радиопеленгования, измерения параметров и технического анализа, идентификации и локализации источников электромагнитного поля. Рассмотрены примеры построения и применения аппаратуры и программного обеспечения АРМ в сложной помеховой обстановке в промышленных центрах, внутри зданий и на открытой местности.

Книга подготовлена с привлечением материалов открытой отечественной и иностранной печати, а также по итогам научно-исследовательских

и опытно-конструкторских работ, проведенных специалистами компании «ИРКОС» под руководством и при непосредственном участии авторов.

В первом разделе детально обсужден перечень задач, решаемых системами АРМ, проведен анализ номенклатуры, структуры, функций и параметров средств АРМ, разработана системная иерархия средств, определены состав, функции и основные технические характеристики для каждого класса средств.

Во втором разделе большое внимание уделено основным параметрам современных радиоприемных устройств, влияющих на эффективность решения задач АРМ. Показаны особенности построения цифровых радиоприемных устройств (ЦРПУ) для диапазона радиочастот от 9 кГц до 18 ГГц. Рассмотрены примеры построения и характеристики одно- и двухканальных ЦРПУ.

Третий раздел посвящен математическим аспектам обнаружения узкополосных сигналов и сигналов с динамическим частотно-временным распределением (программной перестройкой рабочей частоты — ППРЧ) одноканальной и двухканальной радиоаппаратурой.

В четвертом разделе проанализированы пути решения задач АРМ на основе использования многоканальных панорамных ЦРПУ, рассмотрены особенности их аппаратного построения и программного обеспечения (ПО), приведены основные технические данные.

Пятый и шестой разделы посвящены радиосигналам, используемым в системах связи, радиовещания, телевидения и передачи данных, особенностям технического анализа и измерения параметров модулированных и немодулированных сигналов. Приведены примеры измерения параметров радиосигналов и даны рекомендации по использованию ПО.

В седьмом разделе дан обзор и рассмотрены теоретические основы методов радиопеленгации и основные параметры радиопеленгационных устройств, приведены примеры построения многофункциональной аппаратуры радиомониторинга и пеленгования в ВЧ, ОВЧ, УВЧ и СВЧ диапазонах, показано влияние используемых ЦРПУ на эффективность пеленгования.

Восьмой раздел посвящен построению территориально распределенных систем радиомониторинга и определения местоположения источников радиоизлучения (ИРИ). Рассмотрено использование стационарных, мобильных, портативных и носимых средств АРМ. В главе также нашли отражение вопросы, связанные с системным оборудованием станций АРМ, передачей данных по каналам связи и навигацией. Показаны возможности специального ПО для обнаружения сигналов, измерения их параметров и пеленгования ИРИ с отображением местоположения на электронной карте.

В девятом разделе рассматриваются результаты сравнения нескольких методов локализации источников радиоизлучения мобильной станцией радиоконтроля в условиях города и пригородной зоны, показывается предпочтительность амплитудно-угломерного метода местоопределения источников на местности.

Десятый раздел посвящен нескольким конкретным примерам использования оборудования радиомониторинга для государственной радиочастотной службы, на железной дороге и для экологических исследований.

В одиннадцатом разделе изложены особенности построения средств выявления технических каналов утечки информации (ВТКУИ) и несанкционированных ИРИ, рассмотрены методы выявления и локализации источников радиоизлучения на контролируемых объектах, показаны примеры реализации аппаратно-программных систем выявления ВТКУИ, применяемые как внутри помещений, так и на границе контролируемой зоны.

В двенадцатом разделе рассмотрены вопросы построения радиосистем для проведения специальных исследований ПЭМИН, рассмотрены теоретические аспекты и практические методы выявления информативных составляющих, расчета радиусов контролируемой зоны и защищенности объектов информатизации, даны примеры аппаратуры и ПО для специальных исследований ПЭМИН.

Третье издание книги по сравнению со вторым изданием было частично переработано и дополнено новыми материалами. Так, во второй раздел были добавлены материалы по построению и техническим характеристикам носимого одноплатного приемника «Аргмак-М», приемников семейства «Аргмак-плюс» с улучшенными характеристиками, в четвертый раздел — данные по вновь разработанному двухканальному панорамному радиоприемному устройству АРК-Д11-плюс, а в седьмую — материалы по носимому ручному радиопеленгатору АРК-РПЗМ, мобильным и разворачиваемым автоматическим пеленгаторам с опцией коротковолнового пеленгования. В пятом разделе существенно переработан материал по сигналам радиоэлектронных средств УКВ диапазона, добавлены разделы по структурам сигналов DVB-T/H, TETRA и DECT. В шестом разделе появились сведения о методике выполнения измерений параметров радиосигналов, добавлены результаты исследований по структурам и параметрам цифровых измерительных детекторов и измерению занятости радиочастот, а также по новым разработкам анализаторов сигналов базовых станций сигналов цифрового телевидения DVB-T/H, транковой системы TETRA и беспроводной телефонии DECT.

Материалы книги будут полезны специалистам в области радиомониторинга, операторам и руководителям гражданских и силовых радиоконтрольных служб, сотрудникам служб безопасности государственных и коммерческих структур. Книга рекомендуется студентам высших учебных заведений, обучающихся по направлениям подготовки дипломированных специалистов «Радиотехника» и «Информационная безопасность».

Авторы будут признательны читателям за все замечания по содержанию книги, которые следует направлять по адресу: 129085, Москва, Звездный бульвар, д. 19, компания «ИРКОС», или по электронной почте: info@ircos.ru.

Введение

Средства АРМ относятся к системам извлечения информации. Аппаратура АРМ получила широкое применение в самых различных областях [39] и развивалась теми же темпами, что и системы передачи информации по радиоканалам. К задачам АРМ относятся плановый контроль параметров штатных средств и измерение уровней непреднамеренных помех, выявление нелегальных радиопередатчиков и определение их местоположения, измерение зон энергетического покрытия при оценке качества радиосвязи, определение интенсивности использования радиочастотного ресурса. Средства АРМ также решают задачи по информационной безопасности.

Повышенная востребованность данной аппаратуры в настоящее время обусловлена рядом причин, одна часть которых связана с продолжающимся техническим прогрессом средств радиосвязи, а другая — с изменениями экономического и политического характера, которые произошли в нашей стране и в мире.

Отметим, что до 1992 г. загрузка диапазона радиочастот, выделение новых частот, регламент их использования достаточно эффективно и жестко контролировались соответствующими государственными службами, в том числе службами безопасности разного уровня, причем одновременно действовали жесткие ограничения на ввоз и использование в стране новых средств радиосвязи. В этих условиях задачи АРМ решались существующими и вновь разрабатываемыми отечественными средствами, а смена оборудования и стандартов осуществлялась в плановом порядке.

Явное и очень резкое усложнение проблем АРМ при решении задач радиоконтроля и технической защиты информации начало проявляться в связи с произошедшими политическими и экономическими изменениями в России с 1992 г.

Сильное сокращение портфеля заказов крупных российских компаний, занимавших ранее лидирующие позиции в разработке и производстве средств АРМ, вызвало фактический отток ведущих специалистов и, как следствие, резкое уменьшение вклада этих компаний в поставку современного оборудования АРМ. Данное обстоятельство обусловило замедление выпуска качественного отечественного оборудования, отставание в номенклатуре продукции, параметрах и функциональных возможностях аппаратуры. В то же время в развитых зарубежных странах развитие средств радиомониторинга шло, как и прежде, нарастающими темпами, поскольку

высокая эффективность РЭС для передачи разного вида информации при постоянном снижении себестоимости стимулирует быстрые темпы распространения РЭС во всех сферах человеческой деятельности.

Существенное усложнение радиоэлектронной обстановки (РЭО), наблюдаемое в настоящее время в России, связано со следующими факторами:

- увеличением числа штатных телевизионных и радиовещательных передатчиков, введением и последующей модернизацией сотовых систем связи, интенсификацией их использования, причем этот процесс далек от завершения;
- перегрузкой некоторых участков радиодиапазона (например, поддиапазонов 40, 100, 400, 800 и 2450 МГц), возникающей по ряду обстоятельств, таких, как наилучшие условия распространения радиоволн, отсутствие необходимости лицензирования и т.п.;
- постоянным повышением верхней границы рабочего диапазона РЭС (в настоящее время до 300 ГГц), связанным с бурным развитием современных технологий;
- использованием различных типов радиосигналов — узкополосных с фиксированным распределением частот или с динамическим частотно-временным распределением излучений и широкополосных с кодовым разделением абонентов;
- общей тенденцией повышения мощности передатчиков РЭС, продиктованной стремлением к увеличению их дальности действия, что эквивалентно увеличению числа РЭС, действующих в точке расположения приемника аппаратуры АРМ, и приводящей к повышению уровня непреднамеренных помех как на основной частоте, так и на гармониках;
- непрерывно ведущимися работами по увеличению чувствительности радиоприемных устройств, что приводит к необходимости соответствующего повышения чувствительности приемников аппаратуры АРМ, требуемой для достоверного вскрытия и анализа РЭО.

Кроме того, в городах и промышленных центрах России возросло число нелицензированных ИРИ с различными уровнями мощности и большим (по уровню и спектру) числом паразитных излучений, не соответствующих допустимым нормам и международным стандартам, что требует усиления контроля со стороны соответствующих служб за их числом, параметрами и территориальным размещением.

Одной из особенностей последних десяти–двадцати лет в нашей стране стала определенная либерализация использования радиочастотного спектра, проявившаяся, в частности, в появлении большого числа неконтролируемых устройств негласного съема информации и нелицензированных средств ее передачи [94, 228–232]. По прошествии определенного интервала времени были приняты соответствующие законодательные акты, которые, однако, имеют ограниченную эффективность. В результате на настоящем этапе применяются не только узаконенные средства съема информации, производство и поставка которых контролируется компетентными органами, но и неконтролируемые устройства с самыми экзотиче-

скими видами модуляции, которые представляют серьезную угрозу экономической безопасности России.

Особенностью нынешнего периода является также резкое увеличение объема используемой оргтехники и электронной техники бытового и промышленного назначения. Такие устройства могут иметь побочные электромагнитные излучения, являющиеся в ряде случаев каналами утечки информации, например, за счет микрофонного эффекта содержащихся в них генераторов ВЧ и ОВЧ, корреляции параметров излучений излучений мониторов и компьютеров с обрабатываемыми данными.

Кроме того, необходимо отметить ряд факторов, связанных с усложнением РЭО на защищаемых (контролируемых) объектах:

- использование большого числа РЭС, расположенных в ограниченном и часто очень малом пространстве, что приводит к большим сложностям выявления побочных источников радиоизлучения;
- существенное увеличение скорости передачи информации и применение избыточности для увеличения скрытности и помехоустойчивости ряда РЭС, к числу которых относятся, в первую очередь, устройства, используемые в измерительных и информационных радиосистемах как государственных, так и коммерческих структур, широкополосные системы с динамической частотно-временной структурой и т.п.;
- неравномерное по времени использование РЭС, которое приводит к дополнительному усложнению РЭО в моменты наибольшей интенсивности работы радиосистем.

Проблема повышения эффективности АРМ усугубляется и тем, что в связи с увеличением числа международных контактов и либерализацией рынка радиосредств возросли угрозы со стороны спецслужб зарубежных стран, которые осуществляют сбор сведений о промышленных и экономических секретах российских предприятий и ведут тотальный контроль за научными и техническими разработками в области перспективных технологий. Особую важность в связи с этим имеют технические средства, в частности радиоэлектронные, применение которых для скрытной передачи информации не составляет особого труда. Подобная техника тайного хищения информации ориентирована на получение и передачу по радиоканалу весьма разных сообщений: от акустических сигналов и речи, телефонных и телефаксных сигналов до излучений от компьютеров и мониторов, других информационных сигналов, модулирующих радиоволны разнообразными способами.

Совершенно естественно, что службы информационной безопасности частных и государственных компаний и государства в целом не могут пройти мимо проблемы возможного хищения информации и вынуждены принимать ответные меры и использовать радиосистемы эффективного противодействия данным угрозам. Появление на новом уровне проблемы защиты информации на контролируемых объектах наглядно продемонстрировало определенное научное и особенно техническое отставание России в развитии техники АРМ, способной адекватно противостоять данным угрозам при проведении контроля радиообстановки, выявлении и локализации потенциально опасных ИРИ, обнаружении электромагнитных излучений

и наводок, способных привести к утечке важной информации. По сути, технический и методологический уровень средств АРМ должен быть адекватным последним достижениям в области передачи информации, иначе Россия может проиграть в информационной борьбе.

Данные факторы стимулируют развитие отечественных средств АРМ, частным результатом которого стало создание специалистами российской компании ИРКОС системы технических средств АРМ, объединенных общностью задач, единством подхода к построению, универсальностью и многофункциональностью.

Основная задача данной книги состоит в изложении вопросов построения и функционирования цифровых радиоприемных устройств и радиотехнических систем, предназначенных для радиомониторинга и технической защиты информации, начиная от характеристик и структурных схем радиоэлектронных устройств, входящих в их состав, до описания функционирования сложных систем. При этом рассматриваются методы и алгоритмы, реализованные в программном обеспечении. Теоретические рассуждения поясняются примерами конкретных разработок радиоэлектронных устройств и радиосистем, выполненных компанией «ИРКОС».

1.

Задачи, классификация и структура средств автоматизированного радиомониторинга

1.1. Задачи средств радиомониторинга

Основным назначением средств радиомониторинга является постоянный или периодический контроль загрузки эфира в широком диапазоне частот, обнаружение и анализ новых излучений, определение местоположения их источников, оценка их опасности или ценности, выявление непреднамеренных или специально организованных радиоканалов утечки информации. Каждая из этих задач — многоэтапная, решается в условиях сложной электромагнитной обстановки и требует использования широкой номенклатуры радиотехнических средств, выполняющих определенные функции [142, 170]. Эти функции могут быть разбиты на следующие основные группы:

- универсальные функции, выполнение которых, как правило, обеспечивается современными системами АРМ;
- дополнительные функции решения задач радиомониторинга на местности;
- дополнительные функции решения задач радиомониторинга в одном отдельно контролируемом помещении и группе наиболее важных помещений, размещенных на контролируемом объекте;
- дополнительные функции выявления ПЭМИН.

К универсальным функциям средств радиомониторинга относятся:

- панорамный спектральный анализ в реальном времени с максимальной скоростью, разрешающей способностью и адаптацией к сложной электромагнитной обстановке;
- быстрый поиск «новых» излучений, в том числе широкополосных, и излучений с динамической частотно-временной структурой, измерение их параметров, сравнение с базой данных для определения их опасности (ценности) для пользователя;
- создание баз данных, пополнение их и сопоставление зарегистрированных данных с эталонами, хранящимися в базах;
- контроль ИРИ с оценкой характеристик излучения;
- запись радиосигналов, в том числе цифровых, одновременно со служебными параметрами (частота, время, уровень сигнала, спектрограмма и т.п.) и последующее их воспроизведение;

- технический анализ радиосигналов в реальном времени и при отложенной обработке.

К дополнительным функциям решения задач радиомониторинга на местности следует отнести:

- измерение напряженности поля или плотности потока мощности;
- пеленгование ИРИ с произвольными видами модуляции по азимуту и углу места;
- определение положения стационарных и мобильных ИРИ на местности и в протяженных объектах, отображение их на картографическом фоне (цифровом изображении объекта).

Дополнительные функции решения задач радиомониторинга в одном и нескольких контролируемых помещениях:

- поиск и выявление технических каналов утечки информации в одном или нескольких помещениях;
- идентификация принадлежности ИРИ к радиомикрофонам;
- локализация местоположения ИРИ.

Дополнительные функции выполнения исследований ПЭМИН:

- измерение параметров излучений и напряженности электромагнитного поля технических средств в ближней зоне;
- оценка защищенности конфиденциальной информации при ее обработке и хранении техническими средствами;
- исследование защищенности конфиденциальной информации от утечки за счет наводок на вспомогательные технические средства, системы и их коммуникации;
- анализ защищенности выделенных помещений от утечки речевой информации по каналам акустоэлектрических преобразований;
- контроль эффективности мероприятий по защите информации от утечки за счет ПЭМИН.

1.2. Классификация средств радиомониторинга

Представляется целесообразным деление средств радиомониторинга на категории (группы) по явно выраженным специфическим признакам, с последующим определением рациональной структуры аппаратуры радиомониторинга. К таким признакам относятся:

- размер зоны (территории) действия;
- характер использования;
- выполняемые функции;
- производительность оборудования;
- конструктивные ограничения.

Рассмотрим категории средств АРМ в соответствии с этими признаками.

Размер зоны действия. Все средства радиомониторинга по размеру зоны действия могут быть разбиты на следующие группы [174]:

1) средства для решения задач радиомониторинга на местности и пеленгования ИРИ;

2) средства для проведения мероприятий по контролю эффективности мер, связанных с защитой информации на внешних границах контролируемых объектов;

3) средства для решения задач радиомониторинга в пределах отдельного или многих контролируемых помещений на объекте, далее они будут называться средствами выявления ТКУИ;

4) средства для проведения специальных исследований ПЭМИН.

Средства первой и второй групп должны давать возможность охвата значительных территорий в сочетании с возможностью выявления ИРИ на выезде, на внешних границах контролируемых объектов.

Средства третьей группы должны с максимальным быстродействием обеспечивать решение задач радиомониторинга с целью выявления и локализации местоположения ИРИ, а также идентификации их принадлежности к классу радиомикрофонов. Данные задачи должны решаться как в отдельных помещениях, так и в группе помещений при управлении с одного поста, при этом средства контроля размещаются внутри помещений.

Специальные исследования технических средств на наличие побочных электромагнитных излучений и наводок проводятся, как правило, в специально выделенных помещениях, но возможно проведение исследований и непосредственно в месте размещения этих средств.

Характер использования. По характеру использования средства радиомониторинга можно разделить на три группы:

1) для открытого применения на стационарных и временных постах, а также на выезде с использованием транспортной базы различного базирования;

2) обеспечивающие скрытое использование с размещением аппаратуры радиомониторинга в кейсе, в сумке или на теле оператора. При этом должны быть приняты соответствующие меры по камуфлированию антенных систем и скрытному конструктивному выполнению аппаратуры, а в отдельных случаях в сочетании с ее полностью автономным функционированием во время перемещения оператора;

3) допускающие комбинированное (открытое или скрытное) использование аппаратуры радиомониторинга с возможностью частичного управления средством и принятием соответствующих мер по камуфлированию антенных систем и соответствующему конструктивному выполнению аппаратуры радиомониторинга.

Выполняемые функции. Оборудование радиомониторинга может быть разделено на несколько групп технических средств, выполняющих:

- универсальные функции;
- дополнительные функции решения задач радиомониторинга на местности;
- дополнительные функции решения задач радиомониторинга в одном отдельно контролируемом помещении и группе наиболее важных помещений, размещенных на контролируемом объекте;
- дополнительные функции выявления ПЭМИН.

Производительность средств радиомониторинга характеризуется скоростью панорамного спектрального анализа сигналов при заданных разрешающей способности и динамическом диапазоне. Предлагается следующая классификация:

- низкая производительность (10...100 МГц/с);
- средняя производительность (100...1000 МГц/с);
- высокая производительность (1000...10 000 МГц/с);
- сверхвысокая производительность (выше 10 ГГц/с).

Конструктивные ограничения. Современное оборудование радиомониторинга создается с позиций системного подхода и представляет собой систему аппаратно-программных средств, объединенных общим замыслом. Это предусматривает увязывание массогабаритных характеристик отдельных средств, их электромагнитную совместимость, развязку по электропитанию, проработку конструктивных решений, согласованных с параметрами носителей, на которых они используются.

Решение подобной задачи лежит на пути рационального разбиения средств на группы, характеризующиеся выполнением каждого или нескольких поставленных условий. Всю номенклатуру средств можно разбить на семейства стационарных, мобильных, портативных и носимых средств. При этом в каждом семействе при разработке аппаратуры предпочтительными являются технические решения, обеспечивающие выполнение в первую очередь «пакета» основных тактико-технических характеристик (ТТХ), а во вторую очередь — минимальные массогабаритные показатели и наименьшую стоимость.

Для стационарных средств АРМ практически отсутствуют массогабаритные и энергетические ограничения и в них могут быть реализованы наилучшие достижимые параметры. Так, получение большой зоны действия постов стационарного базирования обеспечивается размещением антенных систем на выносных мачтах, устанавливаемых, в свою очередь, на высоких зданиях или на возвышенных местах. Кроме того, в ряде случаев обоснованным является использование необслуживаемых стационарных средств с дистанционным управлением в вандалоустойчивом и защищенном от климатических воздействий исполнении.

Для мобильных средств, которые размещены на транспортной базе наземного или воздушного базирования с возможностью выполнения ими своих функций при движении, вступают в действие определенные ограничения по весу, размерам и энергопотреблению. Это связано с габаритами и грузоподъемностью самих носителей, а также с энергоемкостью и мощностью источников, размещенных на тех же транспортных средствах.

Поскольку указанные ограничения не очень строгие, в аппаратуре данного семейства, как и в стационарных средствах, могут быть использованы многоканальные цифровые панорамные радиоприемные устройства и получены высокие показатели по динамическому диапазону, скорости панорамного анализа и обработки поступающей информации.

Транспортируемые (портативные) средства радиомониторинга рассчитаны на их транспортирование к месту предполагаемой эксплуатации мобильными средствами или переноску одним или несколькими операторами

и последующее использование на стационарных и временных постах, оборудованных или не оборудованных питанием, а также на открытой местности. Требование функционирования в ходе их перемещения не ставится. Таким образом, сразу накладываются существенные ограничения по массе, потреблению и габаритным размерам антенных систем обнаружения и пеленгования. Кроме того, для данных средств радиомониторинга необходимым является наличие автономного источника питания и обеспечение возможности его функционирования (например, заряд аккумуляторов, развертывание солнечных батарей, снабжение топливом для бензоэлектрогенераторов и т.д.).

Носимые средства радиомониторинга предназначены, прежде всего, для работы во время движения оператора при размещении их на теле (в руках) оператора. Кроме того, данные средства могут использоваться для выполнения задач радиомониторинга на временных или стационарных постах. По характеру применения данные средства относятся к универсальным, использование которых оправдано для определения местоположения ИРИ в труднодоступных местах или там, где требуется скрытная работа. В связи с серьезными ограничениями по потреблению и массогабаритным параметрам показатели такой аппаратуры должны выбираться комплексно с учетом длительности работы с одним комплектом источников.

Измерительные радиоприемные средства и антенные устройства необходимы для измерения параметров штатных РЭС при контроле излучений зарегистрированных государственными органами средств связи, а также при оценке эффективности мер по предотвращению утечки информации на границах контролируемых объектов и при исследованиях ПЭМИН. Измерительные средства могут быть выполнены в стационарном, мобильном, портативном или носимом исполнении. Возможность их использования для проведения измерений должна подтверждаться соответствующими сертификатами, например, Госстандарта и ФСТЭК Российской Федерации.

Таким образом, обоснованным является разбиение всех средств радиомониторинга на следующие группы:

- семейство стационарных средств радиомониторинга в обслуживаемом и необслуживаемом (с дистанционным управлением) исполнении;
- семейство мобильных средств радиомониторинга наземного, воздушного, морского базирования;
- семейство транспортируемых (портативных) средств радиомониторинга, функционирование которых возможно только после их развертывания на постах временного размещения;
- семейство носимых средств радиомониторинга для скрытного и открытого использования, предназначенных для выполнения задач во время движения оператора (без участия оператора в управлении средством, с частичным и полным участием);
- измерительные средства для обеспечения контроля эффективности принятых мер по защите от утечки информации, а также для измерения параметров излучений штатных радиосредств.

С целью сокращения номенклатуры средств целесообразно объединить первые два семейства (стационарные и мобильные) в одно при условии обеспечения выполнения мобильными средствами всех функций стационарных и с учетом ограничений на антенные системы и системы электропитания мобильных средств.

1.3. Принципы построения аппаратуры радиомониторинга

Основной целью разработки средств радиомониторинга является создание универсальных аппаратно-программных систем из ограниченной номенклатуры устройств для выполнения максимально возможного объема задач радиомониторинга [157]. Основные требования к средствам радиомониторинга, направленные на минимизацию и унификацию аппаратуры и программного обеспечения, состоят в следующем:

- универсальность и многофункциональность базового средства радиомониторинга для каждого из семейств;
- универсальность и многофункциональность дополнительных устройств;
- обеспечение совместной работы базового средства семейства с дополнительными устройствами, общими для всех семейств средств радиомониторинга;
- унификация аппаратуры различных семейств;
- унификация программного обеспечения с использованием одинаковых модулей, форматов данных и интерфейсов для различных семейств;
- унификация систем электропитания аппаратуры;
- рациональное распределение задач обработки между аппаратными сигнальными процессорами и управляющей ПЭВМ;
- создание библиотек кодов для базового комплекта каждого из семейств;
- комплексное решение задач электромагнитной совместимости.

Частичное уменьшение номенклатуры средств радиомониторинга может быть достигнуто на основе функционально-блочного принципа при построении средств каждого семейства объединением базового средства семейства и дополнительных устройств, общих для всех семейств средств радиомониторинга. Исследования вариантов построения цифровых РПУ и антенных систем с широким диапазоном рабочих частот показывают, что наименьшее количество средств достигается за счет ограничения рабочего диапазона базового средства семейства при возможности его расширения дополнительными устройствами, общими для всех семейств. Реализация данного принципа позволяет выбрать фиксированный базовый состав устройств для каждого семейства. Другим доводом в пользу этого принципа является то соображение, что реализация всех или большинства из функций, перечисленных в разд. 1.1, в одном конструктивно законченном устройстве на современном этапе развития технологии привела бы к неоправданному увеличению его массы, габаритных размеров, энергопотребления и стоимости.

Реализация принципа многофункциональности предполагает:

- сокращение состава средств радиомониторинга на основе использования принципа программно-определяемого радио (Software Defined Radio, SDR), согласно которому оцифрованные радиосигналы преобразуются к нужной форме под управлением встроенного программного обеспечения в цифровых процессорах обработки сигналов или программируемых логических интегральных схемах для выполнения различных алгоритмов обработки сигналов;
- совмещение функций в отдельно реализуемых устройствах;
- рациональное распределение задач между двумя слоями программного обеспечения, используемых в аппаратном цифровом блоке и в управляющей ПЭВМ.

Комплексное решение проблемы электропитания предполагает унификацию номиналов питающих напряжений, включение в состав структуры блоков, обеспечивающих питание от сети переменного тока, бортовой сети мобильного средства (автомобиля, вертолета и т.д.), а также аккумулятора с зарядным устройством для автономной работы и предотвращения сбоев при пропаданиях питания.

Следующими принципами, определяющими построение средств радиомониторинга, являются:

- унификация устройств различных семейств, возможность их комбинирования, например объединения аналого-цифрового преобразователя радиосигналов мобильного комплекса с двухканальным или одноканальным блоком аналого-цифровой обработки портативного семейства;
- унификация программных пакетов, использование одинаковой структуры и формата данных для достижения возможности использования одного и того же пакета (с различными драйверами) в рамках разных семейств;
- комплексное решение задач электромагнитной совместимости с учетом электрооборудования носителя [49].

Минимизация общих затрат на создание средств радиомониторинга напрямую связана с возможностью их модернизации по мере тиражирования.

Наличие открытой библиотеки команд для каждого из средств дает возможность потребителю самому программировать и решать собственные специфические задачи поставляемыми аппаратными средствами радиомониторинга.

Опыт разработки и использования систем радиомониторинга показывает, что структура средства должна включать:

- одноканальный или многоканальный (с когерентно связанными гетеродинами) преобразователь радиосигналов;
- одно- или многоканальный блок аналого-цифровой обработки;
- аппаратуру цифровой записи радиосигналов на промежуточной частоте на магнитный или другой носитель;
- аппаратуру технического анализа сигналов в реальном времени и в режиме отложенной обработки;

- блок цифровой демодуляции;
- аппаратуру записи демодулированных сигналов одновременно со служебными сигналами (текущее время на момент записи, несущая частота и т.д.);
- блок электропитания с пониженным уровнем помех;
- универсальное устройство управления, допускающее возможность его быстрой замены, а также смены режимов на основе выбора программ специального математического обеспечения (СМО);
- унифицированные программные пакеты СМО.

Измерительные средства радиомониторинга должны быть сертифицированы государственными органами стандартизации.

К дополнительному оборудованию относятся:

- широкодиапазонные ненаправленные антенны различного применения;
- наборы антенных систем для автоматического пеленгования в движении, на стоянках и для стационарных постов;
- наборы антенных модулей с направленными свойствами для ручных пеленгаторов открытого и скрытого использования;
- преобразователи радиосигналов для расширения рабочих диапазонов частот; цифровые регистраторы сигналов;
- аппаратура привязки средств радиомониторинга к географическим координатам.

Кроме того, следует принять во внимание следующий довод в пользу отдельного исполнения базового средства и дополнительных устройств. На стационарных и мобильных постах радиомониторинга для расширения зоны действия поста приемную антенну стараются по возможности вынести на самую верхнюю площадку (крышу, мачту и т.п.), при этом длина ВЧ кабеля от антенны до базового средства может быть достаточно большой. Потери и шум, создаваемый ВЧ кабелем, растут с частотой. Если все блоки, например, в диапазоне до 18 ГГц сосредоточить в одном месте (на рабочем столе оператора), то даже применение очень хорошего кабеля приводит к неоправданно большому затуханию сигнала в кабеле с ростом частоты принимаемого сигнала, уменьшению чувствительности системы и существенному антенному эффекту. Использование дополнительного преобразователя радиосигналов, например, в диапазоне от 1 до 18 ГГц при условии его размещения рядом с антенной существенно снижает требования к верхней граничной частоте ВЧ кабеля, повышает чувствительность и снижает антенный эффект.

1.4. Требования к техническим характеристикам средств радиомониторинга

Выбор критерия качества. Проведение полной оптимизации ТТХ для всех задач радиомониторинга из-за большого числа параметров вряд ли возможно. Вместе с тем, очевидно, что для большинства выполняемых

задач имеется общий подход, заключающийся в том, что оценка проектируемых средств радиомониторинга осуществляется по критерию «эффективность — стоимость». При этом область возможных решений ограничивается за счет определения минимального числа существенных параметров для каждой задачи или группы задач и фиксации допустимой (или при отсутствии четких рекомендаций — приемлемой) границы каждого из параметров.

В ряде случаев в качестве основного показателя эффективности средства АРМ с успехом может быть использована вероятность $P(t_{\text{рм}} \leq T_c)$ выполнения соответствующей задачи радиомониторинга за интервал времени, не превышающий заданное значение T_c , при этом существенные параметры средства должны быть не хуже необходимых. Лучшим считается средство радиомониторинга, которое обеспечивает большую вероятность выполнения задачи за одинаковое время при равной стоимости.

Вместе с тем, при выборе потребителем конкретного средства определяющими могут быть другие показатели, например точность измерений несущей частоты сигнала или точность пеленгования, а также непосредственно его стоимость.

Используем вероятностный критерий для оценки средств с различной производительностью при выполнении задачи обнаружения сигналов и рассмотрим вероятность обнаружения при панорамном спектральном анализе при условии, что радиосигнал имеет длительность 3 с. Такой временной интервал является типовым средним значением при радиообмене [176]. Вероятность обнаружения в случае одночастотного сигнала длительностью T_c в предположении, что отношение сигнал-шум велико, определяется выражением (3.38). Зададимся шириной диапазона 1800 МГц. Результаты расчетов для случая обнаружения моночастотного РЭС приведены на рис. 1.1. В разделе 3 предложенный вероятностный критерий используется для более сложных случаев обнаружения сигналов, например сигналов с ППРЧ.

Анализ полученных зависимостей показывает, что при диапазоне поиска 1800 МГц непрерывный радиосигнал длительностью 3 с с вероятностью 0,5 обнаруживается при производительности системы 300 МГц/с, с вероятностью 1 обнаруживается, начиная со скорости панорамного анализа 600 МГц/с.

На рис. 1.2 приведены зависимости обнаружения «нового» сигнала для скорости панорамного анализа 1500 МГц/с для нескольких диапазонов поиска. При заданной скорости непрерывный радиосигнал при максимальном диапазоне поиска 3000 МГц достоверно обнаруживается уже за 2 с.

Основные технические характеристики средств радиомониторинга. Ядром любого средства радиомониторинга является панорамное радиоприемное устройство, обеспечивающее выполнение функций панорамного анализа и обнаружения радиосигнала при поиске.

Как указывалось выше, в качестве показателя эффективности средства радиомониторинга применяется вероятность $P(t_{\text{рм}} \leq T_c)$ выполнения соответствующей задачи радиомониторинга за определенный интервал времени T_c , при этом одновременно фиксируются значения ряда су-

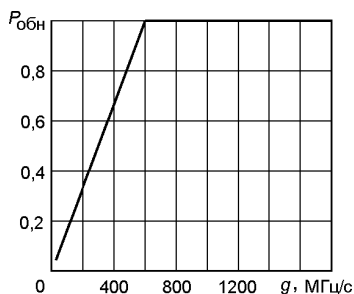


Рис. 1.1. Зависимость вероятности обнаружения моночастотного сигнала от производительности системы за время $T = 3$ с. Диапазон поиска 1800 МГц при полосе анализа 2 МГц

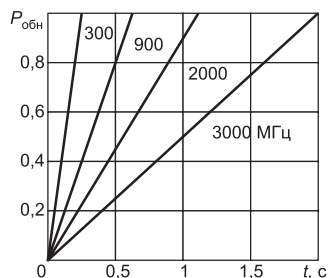


Рис. 1.2. Зависимости вероятности обнаружения моночастотного сигнала от времени при производительности 1500 МГц/с, полосе пропускания 2 МГц для различных диапазонов поиска

ственных параметров этого средства. При решении задач обнаружения эта вероятность в основном зависит от скорости панорамного спектрального анализа, обеспечиваемой радиоприемным устройством. Однако скорость анализа не может рассматриваться отдельно от других параметров РПУ: динамического диапазона по интермодуляции 3-го и 2-го порядков, разрешающей способности по частоте, чувствительности, рабочего диапазона частот, полосы одновременного обзора, стабильности частоты и уровня подавления приема по паразитным каналам. Так, излишнее повышение разрешающей способности может существенно снизить возможности быстрого выявления радиосигналов с динамическим частотно-временным распределением.

В настоящее время наибольшее применение в задачах радиомониторинга находят панорамные ЦРПУ, представляющие сочетание преобразователя радиосигналов с фиксированной промежуточной частотой (ПЧ) и блока аналого-цифровой обработки, обеспечивающего параллельную обработку сигналов в полосе одновременного анализа с необходимым частотным разрешением [35, 140, 174]. Такое решение обеспечивает максимальное быстродействие, однако следует принять во внимание, что увеличение полосы одновременного анализа при большой загрузке диапазона приводит к перегрузке аналогоцифрового преобразователя (АЦП), а применение аттенюаторов — к подавлению слабых сигналов, т.е. к уменьшению зоны их электромагнитной доступности. Выходом из данной ситуации является использование гребенки примыкающих друг к другу трактов частотной селекции. Например, для получения полосы одновременного анализа 80 МГц могут быть использованы 8 трактов по 10 МГц, однако это существенно усложняет обработку и удорожает аппаратуру. Пути построения многоканальных панорамных ЦРПУ для радиомониторинга показаны в разд. 4.

Нижняя частотная граница диапазона в используемых при радиомониторинге отечественных и зарубежных средствах обычно равна 9 кГц. Верхняя граница диапазона для базового состава радиоприемных устройств составляет 3 ГГц, а с дополнительным оборудованием может составлять 6,

Таблица 1.1

Технические характеристики стационарных и мобильных станций АРМ

Характеристика	Стационарная станция с антенной системой на мачте	Мобильная станция с антенной системой	
		на крыше автомобиля	на мачте
<i>Панорамный спектральный анализ</i>			
Рабочий диапазон, МГц: базовый состав с дополнительным оборудованием		25...3000 0,009...18000	
Скорость ПА в рабочем диапазоне, МГц/с		более 1000	
Дискретность отсчета частоты, кГц		3...12	
Динамический диапазон, дБ	80 (типовой)	75...80 (типовой)	
Чувствительность, мкВ		не хуже 3	
<i>Автоматическое пеленгование</i>			
Рабочий диапазон, МГц: базовый состав с дополнительным оборудованием	25...3000	25...3000 1,5...8000	
Скорость в диапазоне, МГц/с: для низкой загрузки радиодиапазона для высокой загрузки		более 300 50...100	
Ширина пеленгуемого сигнала, МГц		Произвольная	
Чувствительность, мкВ/м	2...25	3...30	2...25
Инструментальная точность (среднеквадратическое отклонение, СКО), град	0,5...2	2...5	1...3
<i>Запись радиосигналов и технический анализ</i>			
Полоса анализа, кГц/разрешающая способность, Гц	24000/25000, 2000 (5000)/15000, 250/500, 120/240, 50/100, 9/20, 6/12		
<i>Многоканальный радиоконтроль</i>			
Число контролируемых каналов: для низкой загрузки диапазона для высокой загрузки		2-4 6-8	

8 или 18 ГГц, причем тенденция повышения верхней границы диапазона, как было отмечено ранее, сохраняется. В любом случае реализация сформулированного ранее принципа, при котором имеются базовое ЦРПУ и дополнительное оборудование, обеспечивающее повышение верхней границы рабочего диапазона, гарантирует минимальные затраты на модернизацию существующей аппаратуры.

В настоящее время для средств радиомониторинга считаются достаточными динамический диапазон 70...80 дБ и разрешающая способность 6...8 кГц, что соответствует дискретности отсчетов спектра около 3 кГц. Уровни подавления приема по всем паразитным каналам должны составлять не менее 70...80 дБ, относительная стабильность частоты опорного генератора в блоке гетеродина не хуже 10^{-6} ... 10^{-7} , для измерительных приемников — 10^{-9} . Для получения более высокой стабильности частоты (например, 10^{-9} для измерительного оборудования) в ЦРПУ должна быть

Оглавление

Предисловие	3
Введение	6
1. Задачи, классификация и структура средств автоматизированного радиомониторинга	10
1.1. Задачи средств радиомониторинга	10
1.2. Классификация средств радиомониторинга	11
1.3. Принципы построения аппаратуры радиомониторинга	15
1.4. Требования к техническим характеристикам средств радиомониторинга	17
1.5. Характеристика семейств средств радиомониторинга	21
1.6. Заключительные замечания	26
2. Радиоприемные устройства для задач радиомониторинга ...	28
2.1. Назначение, структурная схема и области применения	28
2.2. Приемник прямого усиления	29
2.3. Супергетеродинный приемник	30
2.4. Основные характеристики радиоприемных устройств	33
2.5. Особенности цифровых радиоприемных устройств	62
2.6. Развитие радиоприемных устройств компании ИРКОС	65
2.7. Цифровое радиоприемное устройство АРК-ЦТ1	70
2.8. Цифровой панорамный измерительный приемник АРК-Д1ТР	77
2.9. Цифровое радиоприемное устройство АРК-ЦТ3	78
2.10. Цифровое радиоприемное устройство АРК-ПР5 «Аргмак» ...	82
2.11. Выносной дистанционно управляемый конвертер АРК-КНВ4 .	92
2.12. Панорамные измерительные приемники семейства «Аргмак»	94
2.13. Погрешности измерений основных параметров сигналов измерительными приемниками семейства «Аргмак»	98
2.14. Дальнейшее развитие цифровых радиоприемных устройств семейства «Аргмак»	102
2.15. Заключительные замечания	110
3. Одноканальное и двухканальное обнаружение радиосигналов	112

3.1. Общая характеристика задачи	112
3.2. Одноканальное обнаружение сигналов	114
3.3. Характеристики одноканального обнаружения узкополосного радиосигнала	123
3.4. Одноканальное обнаружение радиосигналов с ППРЧ	125
3.5. Двухканальное обнаружение узкополосных радиосигналов ...	133
3.6. Сравнение одноканальной и двухканальной обработки	135
3.7. Заключительные замечания	136
4. Многоканальные цифровые радиоприемные устройства	138
4.1. Многоканальные панорамные радиоприемные устройства	138
4.2. Двухканальные комплексы АРК-Д11, АРК-Д11-плюс	140
4.3. Многоканальный комплекс АРК-РД8М	142
4.4. Пакет специального математического обеспечения СМО-РД4	145
4.5. Заключительные замечания	147
5. Виды модуляции и сигналов в современных РЭС	149
5.1. Административное деление спектра частот	149
5.2. Модуляция в системах радиовещания и связи	152
5.3. Сигналы современных радиоэлектронных средств	168
5.4. Структура GSM сигнала	195
5.5. Структура CDMA сигнала	197
5.6. Структуры DVB-T и DVB-H сигналов	200
5.7. Сигналы транковой системы радиосвязи TETRA	208
5.8. Сигналы беспроводной телефонии DECT	210
5.9. Заключительные замечания	212
6. Измерение напряженности поля и параметров радиосигналов и помех	213
6.1. Нормативные требования к допустимым погрешностям измерений	213
6.2. Измерение центральной частоты радиоизлучения	217
6.3. Определение вида модуляции, измерение ее параметров	224
6.4. Измерение уровня сигнала, напряженности поля и плотности потока мощности	229
6.5. Измерение интенсивности радиопомех	247
6.6. Измерение занятости радиочастотного спектра	261
6.7. Программа СМО-СТА для автоматизированного анализа радиосигналов	276
6.8. Автоматический технический анализ радиосигналов	289
6.9. Автоматический анализ сигналов в программе СМО-РД2	302
6.10. Анализатор параметров базовых станций стандарта GSM	305

6.11. Анализатор параметров базовых станций стандарта CDMA...	315
6.12. Анализатор параметров сигналов цифрового телевидения...	324
6.13. Анализатор параметров сигналов базовых станций TETRA...	341
6.14. Анализатор сигналов беспроводной телефонии DECT.....	343
6.15. Заключительные замечания.....	345
7. Пеленгование источников радиоизлучения.....	347
7.1. История техники пеленгования.....	348
7.2. Структурная схема и характеристики радиопеленгаторов.....	351
7.3. Основные технические характеристики радиопеленгаторов...	352
7.4. Классификация методов пеленгования.....	359
7.5. Системы на основе вращающейся направленной антенны.....	361
7.6. Ручной радиопеленгатор АРК-РПЗ.....	364
7.7. Ручной радиопеленгатор АРК-РП4.....	368
7.8. Ручной радиопеленгатор АРК-РПЗМ.....	369
7.9. Автоматический радиокompас.....	372
7.10. Автоматический радиопеленгатор с малой антенной базой...	373
7.11. Доплеровский и квазидоплеровский пеленгаторы.....	378
7.12. Фазовый и корреляционный интерферометры.....	380
7.13. Корреляционный интерферометр.....	384
7.14. Алгоритм корреляционно-интерферометрического измерителя	387
7.15. Одноканальный корреляционный интерферометрический измеритель.....	394
7.16. Разворачиваемый корреляционный интерферометр «Артикул-М4».....	399
7.17. Мобильный пеленгатор «Артикул-М1».....	403
7.18. Портативный складной пеленгатор «Артикул-П».....	405
7.19. Портативный складной пеленгатор «Артикул-П11».....	407
7.20. Унифицированные автоматические радиопеленгаторы семейства «Артикул».....	409
7.21. Унифицированные радиопеленгаторы «Артикул-плюс».....	415
7.22. Коррекция ошибок пеленгования в мобильных комплексах...	416
7.23. Заключительные замечания.....	422
8. Системы радиомониторинга и определения местоположения источников радиоизлучения.....	423
8.1. Автоматизированная система радиомониторинга.....	424
8.2. Требования к системе радиомониторинга и определения местоположения ИРИ.....	426
8.3. Структура системы радиомониторинга и определения местоположения ИРИ.....	428

8.4. Организация управления в системе	431
8.5. Стационарная станция «Арча»	438
8.6. Мобильная станция «Аргумент»	441
8.7. Портативная станция «Арена»	447
8.8. Технические характеристики станций системы АРК-ПОМ	449
8.9. Перспективная национальная система радиомониторинга	450
8.10. Специальное программное обеспечение АРК-ПОМ и режимы работы станций	459
8.11. Навигационные системы для станций радиомониторинга	477
8.12. Заключительные замечания	491
9. Локализация источников радиоизлучения мобильной станции и измерение напряженности поля	494
9.1. Пеленгование в городских условиях	494
9.2. Методы локализации источников радиоизлучения мобильной станций	496
9.3. Методы автоматического вычисления координат источников в движении	498
9.4. Натурное сравнение методов локализации источников	507
9.5. Заключительные замечания	511
10. Применения средств радиомониторинга в системах различного назначения	513
10.1. Система радиомониторинга для радиочастотной службы	513
10.2. Контроль параметров поездной радиосвязи	521
10.3. Измерение напряженности электромагнитного поля в экологических исследованиях	532
10.4. Заключительные замечания	540
11. Обнаружение и локализация технических каналов утечки информации	542
11.1. Основные этапы поиска электромагнитных каналов утечки информации	543
11.2. Обнаружение радиосигналов, излучаемых в контролируемом помещении	545
11.3. Идентификация и локализация радиомикрофонов	551
11.4. Системы дистанционного радиомониторинга удаленных помещений	553
11.5. Программное обеспечение систем дистанционного радиомониторинга	563
11.6. Выявление источников ТКУИ мобильной станцией	569
11.7. Заключительные замечания	579
12. Контроль защищенности информации от утечки по каналу ПЭМИН	580

12.1. Методы выявления информативных составляющих ПЭМИ ...	580
12.2. Двухэтапный алгоритм выявления информативных составляющих ПЭМИ	581
12.3. Вероятностные характеристики периодограммных отсчетов...	582
12.4. Алгоритм ТОС	583
12.5. Виды специальных исследований и показатель защищенности информации	586
12.6. Аппаратные средства оценки информационной защищенности	590
12.7. Программные средства оценки информационной защищенности	592
12.8. Особенности проведения аттестационных испытаний	598
12.9. Заключительные замечания	615
Заключение	617
Литература	619

НАУЧНО-ПОПУЛЯРНОЕ ИЗДАНИЕ

РАДИОМОНИТОРИНГ: ЗАДАЧИ, МЕТОДЫ, СРЕДСТВА



Підписано до друку 27.10.2023 р. Формат 60x84 1/16.
Друк цифровий. Папір офсетний. Гарнітура Times New Roman.
Ум. друк. арк. 39,85. Тираж 100 прим.

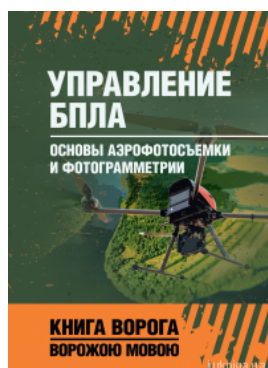
Видавничий дім «СВАРОГ»
вулиця Гната Юри, 9
м. Київ 02105

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до державного реєстру
видавців, виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції
ДК № 2581 від 10.08.2006 р.

Книги, які можуть вас зацікавити



Організація противодействія малым БПЛА. Книга ворога ворожою мовою



Управління БПЛА. Основи аерофотосъёмки и фотограмметрії. Книга ворога ворожою мовою



Лінії радіозв'язку та антенні пристрої



Забезпечення особистої кібербезпеки військовослужбовця



Противодействіє беспілотным летательным апаратам. Книга ворога ворожою мовою



Сучасні військові засоби радіо та супутникового зв'язку

Перейти до галузі права
Військове право



[Перейти на сайт →](#)