

**Методы и средства
радиоэлектронной борьбы.
Книга врага, ворожою
МОВОЮ**

Рассматриваются радиоэлектронные системы и средства, функционирующие в условиях информационного противоборства, а также средства и способы радиоэлектронного подавления информационных каналов радиоэлектронных систем различной структуры и функционального назначения. Приводятся технические решения при построении средств радиоэлектронного противодействия, методы оценки эффективности средств радиоэлектронной борьбы и тенденции развития этих средств.



МЕТОДЫ И СРЕДСТВА РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ БОРЬБЫ

КНИГА ВОРОГА

ВОРОЖОЮ МОВОЮ

Издательский дом
«СВАРОГ»
Киев — 2024

УДК 621.37:623
М 54

Методы и средства радиоэлектронной борьбы. Книга врага, ворожою
М 54 мовою.— Киев: Изд. дом «СВАРОГ», 2024. — 374 с.

ISBN 978-611-01-3406-4

Рассматриваются радиоэлектронные системы и средства, функционирующие в условиях информационного противоборства, а также средства и способы радиоэлектронного подавления информационных каналов радиоэлектронных систем различной структуры и функционального назначения. Приводятся технические решения при постороении средств радиоэлектронного противодействия, методы оценки эффективности средств радиоэлектронной борьбы и тенденции развития этих средств.

ISBN 978-611-01-3406-4

УДК 621.37:623

© Издательский дом «Сварог», 2024.

СОДЕРЖАНИЕ

Список сокращений	7
Введение	10
Глава 1. Цели и задачи РЭБ	13
1.1. Состав и задачи РЭБ.....	13
1.2. Ранжирование средств РЭБ по задачам применения.....	16
1.3. Оценки характеристик информационных каналов.....	18
1.4. Типы средств РЭБ ранжированные по целям и задачам применения.....	27
1.4.1. Средства РЭБ индивидуальной защиты	28
1.4.2. Средства РЭБ зональной защиты	29
1.5. Средства радио- и радиотехнической разведки	31
1.5.1. Однокоординатные станции РРТР	34
1.5.2. Беспойсковые однокоординатные методы пеленгации ИРИ.....	41
1.5.3. Двухкоординатные станции ПРЭР	44
1.5.4. Трехкоординатные системы пассивной радиоэлектронной разведки сигналов ИРИ.....	46
1.5.5. Триангуляционный метод определения местоположения ИРИ	46
1.5.6. Разностно-дальномерные системы определения местоположения ИРИ	51
1.5.7. Корреляционный метод определения координат местоположения ИРИ	55
1.5.8. Однопозиционный метод определения дальности	63
Глава 2. Радиопомехи при РЭБ	66
2.1. Факторы, определяющие условия создания помех.....	66
2.2. Эффективная поверхность рассеяния защищаемых объектов	67
2.3. Антенны в технике РЭП.....	71
2.4. Влияние земной поверхности на распространение сигналов помех	73
2.5. Распространение радиоволн в атмосфере	74
2.6. Энергетические соотношения при создании активных помех РЛС и ГСН.....	76
2.7. Уравнение противорадиолокации при создании помех РЛС с помощью передатчика генераторного типа.....	77
2.8. Уравнение противорадиолокации применительно к ретрансляционному передатчику помех.....	80
2.9. Энергетические соотношения для противодействия полуактивной системе ГСН ракеты с помощью ретрансляционного передатчика помех	82
2.10. Энергетические соотношения при создании помех радиотелевизионным каналам управления зенитными ракетами	85
2.11. Основные энергетические соотношения при РЭП радиотелевизионных каналов связи и передачи данных.....	89
2.12. Основные энергетические соотношения при радиоэлектронном подавлении радиотелевизионных каналов связи ретрансляционным передатчиком помех.....	97
Глава 3. РЛС как объекты РЭБ	100
3.1. Нарушение работоспособности РЛС организованными помехами.....	100
3.2. Классификация методов радиоэлектронного подавления РЛС	102
3.3. Основные типы РЛС и особенности их функционирования в условиях РЭБ	107
3.4. Воздействие помех на каналы радиолокационного распознавания.....	110
Глава 4. Помеховое воздействие на каналы сопровождения по дальности	114
4.1. Принцип создания уводящей по дальности помехи	114
4.1.1. Однопрограммная уводящая по дальности помеха	115
4.1.2. Многопрограммная уводящая по дальности помеха	116
4.1.3. Уводящая по дальности помеха с программируемым изменением мощности	117
4.1.4. Уводящая по дальности помеха, использующая несколько помеховых импульсов	118

4.1.5. Уводящая помеха системе сопровождения цели по дальности путем смещения "энергетического центра"	118
4.1.6. Уводящая по дальности помеха, перенацеливающая строб дальности РЛС на сигнал с ложной дальностью	119
4.1.7. Уводящая по дальности помеха системе сопровождения по дальности, работающей в режиме поиска цели	119
4.1.8. Уводящая по дальности помеха РЛС с непрерывным ЧМ-излучением	120
4.2. Прицельные и заградительные по частоте шумовые помехи	123
4.3. Применение пассивных помех РЛС	124
4.4. Многократные ответные помехи, создающие ложные цели	124
4.4.1. Генератор ложных сигналов с делением частоты	124
4.4.2. Генератор ложных целей с поиском и захватом по частоте	125
4.4.3. Генератор ложных целей с взаимнообратным преобразованием частоты	126
4.4.4. Имитация ложных целей когерентной РЛС сопровождения	128
4.5. Создание помех по дальности РЛС с последетекторным интегрированием	129
4.6. Технические средства создания помех радиолокационным системам сопровождения по дальности	132
4.6.1. Рециркуляторы радиоимпульсов	132
4.6.2. Устройства запоминания сигналов на основе приборов с зарядовой связью	139
4.6.3. Запоминание частоты с использованием перестраиваемого генератора	139
4.6.4. Запоминание частоты с помощью линий задержки	140
4.6.5. Режим работы ЛБВ в системе запоминания частоты	142
4.6.6. Система запоминания частоты с использованием пространства в качестве задерживающей среды	142
4.6.7. Цифровые системы запоминания сигнала	142
Глава 5. Помеховое воздействие на каналы сопровождения радиолокационных целей по скорости	154
5.1. Возможности РЭП каналов селекции целей по скорости	154
5.2. Помехи уводящие по скорости	156
5.2.1. Однопрограммная уводящая помеха по скорости	154
5.2.2. Многопрограммная уводящая по скорости помеха	158
5.2.3. Уводящая по скорости помеха с регулируемым уровнем мощности	159
5.2.4. Уводящая помеха по скорости с перенацеливанием на ложный сигнал	160
5.2.5. Уводящая по скорости помеха наземной командной РЛС	161
5.2.6. Узкополосные шумовые помехи со спектром доплеровских частот	162
5.2.7. Помехи по скорости со свипированием частоты	163
5.2.8. Мерцающие помехи доплеровским РЛС	164
5.3. Формирователи уводящих и маскирующих помех по скорости	165
5.4. Радиоэлектронное подавление двухканальной системы сопровождения, использующей одновременно импульсное и непрерывное излучения	170
5.5. Согласование увода по скорости и дальности	172
Глава 6. Методы и техника создания помех РЛС сопровождения по направлению	176
6.1. Роль систем сопровождения по направлению и возможности их подавления	176
6.2. Принципы моноимпульсной радиолокации	178
6.3. Принцип создания помехи на кроссполяризации и эффект ее действия	180
6.4. Техника создания помехи на кроссполяризации	183
6.5. Когерентные помехи, создаваемые из двух разнесенных в пространстве точек	192
6.6. Мерцающие помехи, создаваемые из двух и более точек пространства	202
6.7. Создание мерцающих помех с помощью передатчиков, перестраиваемых по частоте	205
6.8. Прерывистые помехи	207
6.9. Помеха на частоте коммутации приемных каналов	208
6.10. Помеха по зеркальному каналу приема	209
6.11. Расстроенная по частоте помеха, действующая на скатах полосы пропускания подавляемого приемника	210
6.12. Двухчастотная помеха	211

Глава 7. Радиосистемы передачи информации как объекты РЭБ	214
7.1. Типы и классы радиосистем передачи информации	214
7.2. Подавление радиолиний связи и командного радиуправления	216
7.3. Станции активных помех радиолиниям командного радиуправления	219
7.4. Станции активных помех радиолиниям передачи информации	221
7.5. Радиоэлектронное подавление цифровых линий связи и передачи данных	222
7.6. Имитирующие помехи радиосистемам передачи информации.....	228
7.7. Основные технические характеристики станций помех подавления информационных каналов систем передачи информации.....	232
Глава 8. Перенацеливающие помехи	234
8.1. Принцип создания перенацеливающих помех.....	234
8.2. Перенацеливание на облака дипольных отражателей	234
8.2.1. Применение дипольных отражателей для подавления радиолокаторов сопровождения	235
8.2.2. Создание дипольных помех радиолокаторам сопровождения с импульсным некогерентным излучением	235
8.2.3. Создание дипольных помех радиолокаторам с когерентно-импульсным и непрерывным излучением.....	237
8.2.4. Принципы построения адаптивной системы постановки дипольных помех.....	243
8.2.5. Защита надводных кораблей от противокорабельных ракет с помощью дипольных отражателей	244
8.3. Перенацеливание на пассивные ловушки.....	246
8.3.1. Переацеливание на управляемые ловушки	246
8.3.2. Перенацеливание на буксируемые ловушки	248
8.4. Перенацеливание на передатчик помех одноразового действия.....	249
8.5. Перенацеливание на подстилающую поверхность	253
Глава 9. Радиовзрыватели как объекты РЭБ	258
9.1. Принципы работы и построения радиовзрывателей	258
9.2. Радиовзрыватели артиллерийских боеприпасов.....	258
9.3. Радиовзрыватели зенитных ракет.....	260
9.4. Основные способы РЭП радиовзрывателей	262
Глава 10. Передатчики помех	265
10.1. Схемотехнические принципы создания передатчиков ретрансляционных помех	265
10.2. Основные характеристики усилительного тракта ретранслятора	265
10.3. Задержка переизлучаемого сигнала в ретрансляторе	271
10.4. Время восстановления импульсного ретранслятора	274
10.5. Временное стробирование ретранслятора для обеспечения развязки	275
10.6. Упреждающий синхронизирующий импульс	276
10.7. Канал защиты импульсного ретранслятора от перегрузки	277
10.8. Ретранслятор с ФАР и двумя диаграммообразующими схемами	279
10.10. Ретранслятор направленного действия с решеткой Ван-Атта.....	281
10.11. Сравнение характеристик передатчиков генераторного и ретрансляционного типов	282
10.12. Станции активных шумовых помех (САП).....	285
10.13. Прямошумовые помехи	286
10.14. Модуляционные шумовые помехи	290
10.15. Ответные непрерывные шумовые помехи (ОНШП).....	291
10.16. Ответные импульсные шумовые помехи и методы их создания	293
10.17. Ответные шумовые помехи, прицельные по углу.....	295
Глава 11. Противодействие работе РЭС со сложными сигналами	298
11.1. Широкополосные сигналы. Определения и применение	298
11.2. Классы широкополосных сигналов.....	300
11.3. Широкополосные сигналы с ЧМ.....	303
11.4. Расширение спектра за счет бинарной фазовой модуляции	303
11.5. Расширение спектра за счет перестройки частоты.....	307

11.6. Сигналы с частотно-фазовой манипуляцией.....	309
11.7. Принцип работы РЛС со сложными сигналами	310
11.8. Работа РЛС с ЛЧМ- и ФКМ-сигналами	311
11.9. Общие принципы организации РЭП РЛС со сложными сигналами	312
11.10. Сравнение дальности действия РЛС со сложными сигналами и систем РТР.....	313
11.11. Приемная аппаратура системы РЭП РЛС со сложными сигналами.....	315
11.12. Метод РЭП РЛС со сжатием импульса, основанный на формировании накрывающих помеховых импульсов	320
11.13. Передатчик ложных целей для РЛС с ЛЧМ.....	321
11.14. Передатчик уводящих помех по дальности импульсной РЛС с ЛЧМ.....	322
11.15. Принципы создания помех РЛС с ФКМ-сигналами	324
11.16. Передатчик ложных целей для РЛС с ФКМ-сигналами и быстрой перестройкой по частоте	326
11.17. Создание помех РЛС с ФКМ-сигналами путем разрушения фазовой структуры кода	327
11.18. Помеха в виде накрывающего импульса с ложной доплеровской частотой	328
11.19. Помехи РЛС с быстрой перестройкой рабочей частоты	329
11.20. Генератор ложных целей с использованием набора узкополосных шумов.....	332
11.21. Генератор ложных целей с устройством запоминания на основе широкополосного источника радиошума	334
11.22. Передатчик имитационных ответных помех	334
Глава 12. Эффективность средств и способов РЭБ.....	338
12.1. Методы исследования эффективности комплексов РЭБ.....	338
12.2. Критерии боевой эффективности комплексов РЭБ	340
12.3. Критерии технической эффективности комплексов РЭБ	349
12.4. Информационные критерии оценки качества имитирующих помех.....	352
12.5. Стоимость комплекса РЭБ.....	357
12.6. Принципы разработки комплексов РЭБ.....	359
12.7. Оптимальная структура комплекса РЭБ самолета при ограничениях на массу	364
12.8. Оценка средств РЭП по критерию "эффективность-стоимость"	366
Заключение.....	372
Литература.....	373

Список сокращений

АМ	–	амплитудная модуляция
АПЧ	–	автоматическая подстройка частоты
АРУ	–	автоматическая регулировка усиления
АС	–	автоматическое сопровождение
АСД	–	автоматическое сопровождение по дальности
АСН	–	автоматическое сопровождение по направлению
АСС	–	автоматическое сопровождение по скорости
АФАР	–	активная фазированная антенная решетка
АФВ	–	аналоговый фазовращатель
АЦП	–	аналого-цифровой преобразователь
БПЛА	–	беспилотный летательный аппарат
БРЛС	–	бортовая радиолокационная станция
БРЭО	–	бортовое радиоэлектронное оборудование
БЧ	–	боевая часть
ВВСТ	–	вооружение, военная и специальная техника
ВИМ	–	временная импульсная модуляция
ВТО	–	высокоточное оружие
ГОН	–	генератор опорных напряжений
ГСН	–	головка самонаведения
ДН	–	диаграмма направленности
ДНА	–	диаграмма направленности антенны
ДПЛА	–	дистанционно пилотируемый летательный аппарат
ДО	–	дипольные отражатели
ДОС		диаграммообразующая. схема
ЗРК	–	зенитный ракетный комплекс
ЗУ	–	запоминающее устройство
ЗУР	–	зенитная управляемая ракета
ИКО	–	индикатор кругового обзора
ИС	–	интегральная схема
КПД	–	коэффициент полезного действия

КРУ	– командная радиоперехватная линия управления
ЛА	– летательный аппарат
ЛЗ	– линия задержки
ЛЦ	– ложная цель
ЛЧМ	– линейная частотная модуляция
МНЧ	– мгновенное измерение частоты
МЛАР	– многолучевая антенная решетка
ОМП	– ортомодовый разделитель поляризации
ПВО	– противовоздушная оборона
ПКР	– противокорабельная ракета
ПОД	– передатчик помех одноразового действия
ПРР	– противорадиолокационная ракета
ПП	– постановщик помех
ППП	– переключатель приемопередачи
ПРО	– противоракетная оборона
ПСП	– псевдослучайная последовательность
ПХ	– пеленгационная характеристика
ПЧ	– промежуточная частота
РВ	– радиовзрыватель
РЛС	– радиолокационная станция
РРТР	– радио- и радиотехническая разведка
РСН	– равносигнальное направление
РТР	– радиотехническая разведка
РЭБ	– радиоэлектронная борьба
РЭП	– радиоэлектронное подавление
РЭС	– радиоэлектронная система
СДЦ	– селекция движущихся целей
СМ	– смеситель
СП	– станция помех
УНЧ	– усилитель низкой частоты
УПЧ	– усилитель промежуточной частоты

ФАР	–	фазированная антенная решетка
ФАПЧ	–	фазовая автоматическая подстройка частоты
ФКМ	–	фазово-кодовая манипуляция
ХИП	–	хаотическая импульсная помеха
ЦАП	–	цифроаналоговый преобразователь
ЦЗС	–	цифровая запоминающая система
ЦУ	–	центр управления
ЧИР	–	частотно-избирательный разделитель
ЧМ	–	частотная модуляция
ШП	–	шумовая помеха
ЭМС	–	электромагнитная совместимость
ЭПР	–	эффективная поверхность рассеяния

ВВЕДЕНИЕ

Внедрение в начале XX века в вооруженные силы радиоэлектронных средств естественно вызвало конфликтное взаимодействие информационных систем, важной, а вскоре и основной технической основой которых стали радиосистемы. Так возникла техническая проблема разработки и внедрения способов и средств радиоразведки и подавления радиоэлектронных средств помехами. Применение радиопомех потребовало защиты РЭС, т. е. создание средств и методов радиоэлектронной защиты. Вначале из всего многообразия РЭС применялись исключительно средства радиосвязи, прежде всего в военно-морском флоте. Поэтому впервые радиоразведка и радиопомехи были применены в боевых действиях на море экипажами русских военных кораблей. В 1904 году во время русско-японской войны. 15 апреля 1904 г. боевые японские корабли предприняли артиллерийский обстрел внутреннего рейда Порт-Артура и самого города, а разведывательный корабль японцев "Таракаро", стоявший в пределах прямой видимости результатов стрельбы, вел по радиотелеграфу корректировку этой стрельбы. В процессе обстрела работа японского корректировщика огня была подавлена российскими средствами радиопомех. В официальной истории русско-японской войны этот факт нашел такое отражение: командовавший Российским флотом контр-адмирал Ухтомский приказал броненосцу "Победа" и береговому посту (радиостанции) Золотая гора "перебивать телеграммы (радиограммы) большой искрой, что и исполнено было с большим успехом, так как из японских источников видно, что с трудом удавалось корректировать попадания снарядов с крейсера "Таракаро" [26]. Контр-адмирал Ухтомский в своем докладе командованию писал: "Неприятелем выпущено более 60 снарядов большого калибра. Попаданий в суда не было".

Но были и примеры противоположного отношения к РЭБ. Адмирал З. П. Рожественский, командовавший Второй и Третьей Тихоокеанскими эскадрами в Цусимском сражении, запретил использование радиопомех в ситуациях, когда их необходимость была очевидной для многих офицеров российского флота. Сразу после окончания Русско-Японской войны причины и обстоятельства Цусимской трагедии стали предметом особого рассмотрения специальной комиссии под председательством адмирала А. В. Колчака, созданной при Главном морском штабе. Выводы комиссии были совершенно конкретны: "Адмиралу Рожественскому надлежало, как только он был открыт японцами, сделать все возможное, чтобы нарушить радиотелеграфную связь между отрядами противника. Японцы, дабы не упустить нашей эскадры, были принуждены рассеять свои силы по большому пространству, и радиотелеграфная связь являлась существеннейшим элементом их сил. Нарушение этой связи радиостанциями нашей эскадры, шедшей соединено и потому не столь нуждающейся в радиотелеграфе, было тем преимуществом нашей эскадры, которым грех было не воспользоваться. Несколько мощных, умело примененных радиотелеграфных станций на русской эскадре, нарушив связь между отрядами противника, сделали бы больше, чем десяток пушек." [14].

Современная история создания отечественной техники РЭБ начинается с двух крупных событий. Первое – это подписанное И.В. Сталиным Постановление Государственного Комитета Обороны (ГКО) от 16 декабря 1942 г. № ГОКО 2633сс "Об организации в Красной Армии специальной службы по забивке немецких радиостанций, действующих на поле боя" [17]. И второе событие – Постановление ГКО от 7 июля 1943 г. об образовании Совета по радиолокации, в компетенции которого находились вопросы разработки техники радиопротиводействия (РПД).

В локальных войнах и конфликтах в Корее, во Вьетнаме и на Ближнем Востоке радиоэлектронная борьба велась всеми видами вооруженных сил воюющих стран, но наиболее интенсивно ВВС и ПВО (достаточно сказать, что в США до 70 % материальных ресурсов, предназначенных для развития и совершенствования РЭБ, поступают в авиацию [14]). Благодаря эффективной РЭБ потери в самолетах снизились в (3...7) раз [14]. Опыт локальных войн свидетельствует: вкладывать деньги в развитие средств РЭБ сегодня очень выгодно.

По подсчетам специалистов каждый доллар, вложенный в информационную войну, обеспечивает сохранение военных и гражданских объектов более, чем на 10 долларов [21].

Не вдаваясь в подробности, следует отметить, что во время двух войн США в Ираке (операции "Буря в пустыне", 1991 г. и "Шок и трепет", 2003 г.) силы и средства РЭБ до начала удара создавали сильные помехи радиоэлектронным средствам Ирака, прежде всего РЭС системы ПВО. Под прикрытием радиопомех, предваряя удары самолетов из эшелона прорыва ПВО, были нанесены удары крылатыми ракетами (КР) морского базирования со стороны Персидского залива и Красного моря. Прорыв системы ПВО Ирака был обеспечен широким применением высокоточных КР "Томагавк" и большого числа управляемых ракет "воздух-РЛС" в сочетании с сильными радиопомехами радиоэлектронным средствам. В 1991 г. во время операции "Буря в пустыне" американское командование применило в Ираке и некоторые новые средства РЭБ. Так, с целью повышения эффективности информационной войны, ведущейся в интересах идеологической обработки гражданского населения, для подавления телевизионных передач в Багдаде в район расположения телецентра была сброшена так называемая "электронная бомба", являющаяся оружием функционального поражения радиоэлектронных систем. В результате взрыва специального заряда этой бомбы образовался мощный электромагнитный импульс, действие которого нарушило работу телецентра. Во время этой же операции ВМС США для подавления радиоэлектронных систем управления и связи Ирака использовали в нескольких из 116 запущенных ракет "Томагавк" боевые части (БЧ), создающие мощный электромагнитный импульс. Примененная в ракете БЧ при взрыве излучала СВЧ-энергию мощностью 5 МВт [9].

Будущее техники РЭБ в значительной степени определяется двумя взаимосвязанными научно-технологическими направлениями развития элементной базы современной радиоэлектроники: созданием разнообразных схем и subsystem с использованием нанотехнологии и расширением возможностей цифровой обработки сигналов (ЦОС), обеспечивших преобразование совокупности средств РЭБ по существу в цифровые системы.

В 70-х годах прошлого века самолет, летящий на высоте 12000 м, облучался примерно 40 тысячами импульсов в секунду. В 80-х годах плотность облучения возросла до (1...2) миллионов импульсов в секунду, а в начале нынешнего века прогнозируется увеличение этой плотности до (10...20) миллионов импульсов в секунду [20]. Справиться с селекцией, фильтрацией и анализом поступающей информации в этих условиях могут только специализированные станции РРТР, входящие в состав комплексов РЭБ и оснащенные мощными высокопроизводительными процессорами. Для примера укажем, что в станции активных помех (САП) самолетов F-15 различных модификаций ALQ – 135 (V) имеет 20 параллельно работающих процессоров.

Военный энциклопедический словарь [6] определяет радиоэлектронную борьбу (РЭБ) как совокупность взаимосвязанных по цели, задачам, месту и времени мероприятий, действий, направленных на выявление радиоэлектронных средств и систем противника, их подавлению, а также по радиоэлектронной защите своих радиоэлектронных систем и средств от средств РЭП. Емкое синтетическое понятие РЭБ включает и радиоэлектронную разведку (РЭР) – именно она выявляет РЭС противника и добывает о них сведения, нужные для РЭП, а также радиоэлектронную маскировку (РЭМ), противостоящую радиоэлектронной разведке противника.

Диалектическое единство и конфликтное взаимодействие таких противоположностей, как РЭР и РЭМ, РЭП и РЭЗ в основном определяет динамику бурного развития средств и методов радиоэлектронной борьбы. Не будет большим преувеличением и утверждение о том, что единство и борьба этих противоположностей во многом определяет характер современного этапа развития радиоэлектроники.

Проблема РЭБ характеризуется широтой, глубиной и многообразием. В конфликтное взаимодействие вовлечены информационные системы всех известных классов: передачи и извлечения информации, радиоуправления и разрушения информации. Эти системы, работающие во всех освоенных к настоящему времени диапазонах от сверхдлинных радиоволн и

инфранизкочастотных колебаний земной коры до волн ультрафиолетового излучения, используют все известные в технических приложениях физические поля (электромагнитные, акустические, сейсмические и др.).

Проблема РЭБ очень четко стратифицирована. Она предусматривает разделение на уровни и объединение множества уровней описания. На этих уровнях располагаются описания физических и технических принципов построения и функционирования средств, участвующих в конфликте; описания и модели системных принципов их проектирования и организации взаимодействия; принципы тактики и оперативного искусства применения средств и методов РЭБ в мирное время и на разных этапах развития вооруженных конфликтов.

Многообразные проявления конфликта информационных систем и систем разрушения информации объединяют как довольно простые взаимодействия типа создания помех и обеспечения помехозащиты, так и изощренные методы дезинформации и способы обеспечения достоверности, надежности и аутентичности (подлинности) сообщений.

Стремление в одной книге изложить все аспекты проблемы РЭБ во всей их широте, глубине и многообразии было бы очень похоже на негодную попытку объять необъятное. Чтобы избежать этого авторы книжки хотели бы сосредоточить внимание (свое и читателя) только на задачах РЭБ в радиодиапазоне электромагнитных волн. В этой области радио- и радиотехническая разведка конфликтует с радиомаскировкой, а радиосистемы передачи и извлечения информации вынуждены работать в условиях радиопротиводействия. Поэтому в дальнейшем при обсуждении проблем РЭБ имеется в виду именно радиотехнические системы и средства, а не средства, использующие другие физические поля (не электромагнитные), равно как и излучения других, не радиочастотных, диапазонов электромагнитных волн.

Непредвзятый анализ современного состояния РЭБ свидетельствует о состоявшемся переломе качественной оценки влияния РЭБ на все стратегические направления развития современного общества. Техника РЭБ бурно развивается, используя, с одной стороны, все новейшие достижения науки, а с другой – способствует развитию наукоемких отраслей.

При подготовке книги авторы использовали открытые материалы по РЭБ и собственный опыт работы в научных и учебных учреждениях. Некоторые повторы и пояснения приведены для облегчения понимания и усвоения материала специалистами, которые стремятся ознакомиться лишь с отдельными проблемами РЭБ. Это определило основное содержание книги, направленное на изложение методов и средств РЭБ, обеспечивающих индивидуальную защиту авиационных объектов от возможного их обнаружения и поражения средствами ПВО, имея в виду, что эти технологии с высокой степенью достоверности могут использоваться при формировании средств РЭБ наземного морского базирования.

Разумеется, авторы не претендуют на всеобъемлющее изложение всех разделов РЭБ – этой молодой, многообразной, бурно развивающейся отрасли научного знания и технических возможностей.

Специфика сложной комплексной проблемы РЭБ такова, что далеко не все ее аспекты могут излагаться с одинаковой степенью подробности в общедоступной литературе. Разумеется, в настоящее время в силу изменений известных политических, экономических и социальных факторов многие проблемы, задачи и технические решения с области РЭБ открылись (или, скорее, "приоткрылись"). Многое стало открыто обсуждаться в расширившихся кругах специалистов и вообще заинтересованных лиц. Но, тем не менее, в целом предметная область РЭБ содержит еще очень много деликатных тем и вопросов, не позволяющих рассматривать их с одинаковой степенью подробности в книге, адресованной широкому кругу читателей. Авторы надеются, что благосклонный читатель найдет это обстоятельство извинительным, и не будет сурово осуждать книгу, обнаружив в материале неполноту и непоследовательность.

Авторы считают своим приятным долгом поблагодарить уважаемых рецензентов, а также всех, кто принял участие на этапах подготовки предлагаемой книжки и способствовал улучшению качества ее формы и содержания.

ГЛАВА 1

Цели и задачи РЭБ

1.1. Состав и задачи РЭБ

Многообразные проявления конфликта информационных систем и систем разрушения информации объединяют как довольно простые взаимодействия типа создания помех и обеспечения помехозащиты, так и изощренные методы дезинформации и способы обеспечения достоверности, надежности и аутентичности (подлинности) сообщений. Иерархически организованную проблему РЭБ можно условно представить графом (деревом) как на рис. 1.1.

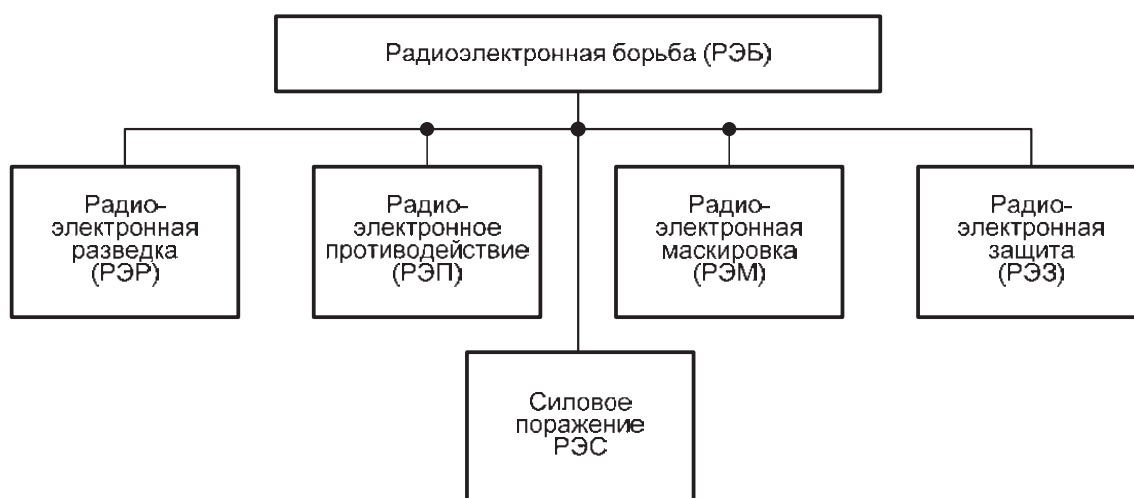


Рис. 1.1. Структура проблема РЭБ

Разумеется, возможны и другие способы структурирования проблемы РЭБ. Но приведенная на рис. 1.1 структура в наибольшей степени отвечает вкусам авторов и наилучшим образом соответствует организации материала дальнейших разделов книги. Основное внимание в дальнейшем уделяется принципам построения систем и средств радиоэлектронной борьбы, техническим решениям при проектировании таких средств и, разумеется, обсуждению основных показателей качества средств, создаваемых для ведения РЭБ.

Современная РЭБ требует создания помех, прицельных по частоте и формируемых с задержкой, не превосходящей времени обнаружения защищаемого объекта. Применяемые в качестве упреждающих широкополосные заградительные шумовые помехи энергетически не выгодны. Однако с этим приходится мириться, так как только обеспечив упреждение, можно рассчитывать на исключение преимуществ, которые имеют РЛС от изменения несущей частоты от импульса к импульсу или от пачки к пачке импульсов [20].

Принципиальная возможность создания энергетически выгодных упреждающих прицельных по частоте помех появилась только после внедрения в системы РЭБ цифровых устройств запоминания частоты перехватываемых сигналов на длительное время. Такие устройства позволяют вместо заградительной шумовой помехи формировать "гребенку" прицельных по частоте маскирующих шумовых помех. Спектр каждого "зубца" гребенки сосредоточен в пределах минимально необходимой полосы около частоты, соответствующей одной из множества дискретных составляющих запомненных, а затем воспроизведенных частот РЛС. При этом перестройка частоты, осуществляемая РЛС путем перехода скачком на одну из конечного множества фиксированных частот, не защищает РЛС от такой помехи.

Важно подчеркнуть, что цифровые устройства обеспечивают запоминание не только частоты, но и сигнала РЛС в целом [8]. Это позволяет решить проблему формирования сигналоподобных помех в ответ на каждый импульс когерентным РЛС (импульсно-доплеровским и со сжатием импульсов).

В запоминающее устройство ЭВМ системы РЭБ вводится библиотека параметров всех известных РЛС и режимов их работы. Эта ЭВМ выявляет тип и степень угрозы, определяет приоритеты и стратегию радиоэлектронного подавления, вид и мощность помехи на каждую цель в порядке снижающейся приоритетности. Аналоговая ЭВМ с таким объемом задач и такой степенью быстродействия справиться не в состоянии. Формирование (синтезирование) помех полностью цифровым способом посредством коммутируемой матричной логической структуры позволяет перепрограммировать весь процесс радиоэлектронного подавления, включая пространственно-временную модуляцию помеховых сигналов, настройку по частоте, калибровку по мощности и момент излучения помехи. А это значит, что по мере совершенствования средств ПВО и авиации потенциального противника нет необходимости создавать новую аппаратуру РЭБ; достаточно изменять (обновлять) ее математическое обеспечение.

Комплекс РЭБ должен практически мгновенно реагировать на внезапно возникающие угрозы. Реакция комплекса на угрозу не должна превышать (0,05...0,1) сек. Такую реакцию способна обеспечить только цифровая техника. Только цифровые ЭВМ с высоким быстродействием и большим объемом памяти способны управлять ресурсами комплексов РЭБ, включающими:

- совокупность станций активных помех;
- расходимые средства создания помех: буксируемые активные ловушки; противорадиолокационные управляемые ракеты; передатчики помех одноразового действия; дипольные отражатели, подсвечиваемые помеховым сигналом; снаряды с электромагнитной боевой частью;
- средства функционального поражения РЭС (СВЧ и лазерное оружие функционального поражения);
- набор видов помех и способов их боевого применения;
- распределение энергетического потенциала станций активных помех для одновременного подавления нескольких РЭС;
- способность быстрого изменения ориентации и ширины лучей диаграммы направленности антенн (фазированных антенных решеток) станций активных помех в заданных секторах пространства;
- способность управления последовательностью временных интервалов создания помех нескольким РЭС одной ведущей станцией активных помех.

Существует тенденция объединения многочисленных радиотехнических и оптико-электронных средств на одном летательном аппарате (средств радиолокации, РЭБ, госопознавания, радионавигации, передачи данных, лазерных, инфракрасных и других датчиков информации) в единый интегрированный радиоэлектронный комплекс (ИРЭК). Такое объединение возможно только при наличии централизованного управления с помощью цифровой ЭВМ с большими ресурсами быстродействия и памяти.

Значительный рост возможностей, интенсивности и влияния РЭБ на боевые действия, на все виды боевой работы информационной техники и оружия требует глубокого изучения и учета исторического опыта, условий возникновения развития РЭБ, ее влияния на современные войны и вооруженные конфликты.

В мирное время все элементы РЭБ не утрачивают своего значения. Нападение и защита всегда были неразрывными составными частями информационного общества. В примитивно организованном обществе большую роль в информационном противодействии играют колдуны, шаманы, оракулы. При формировании общности людей в государства начинают применяться технические средства информационного взаимодействия, которые непременно конфликтуют. А конфликт информационных систем и средств, технической базой которой служат радиоэлектронные системы, часто вполне справедливо именуется радиоэлектронной борьбой.

Информационная борьба ведется на политическом, экономическом, военном и даже на бытовом уровне. Средства информационной борьбы используют акустические и электромагнитные поля всех освоенных техникой диапазонов. Угонщики автомобилей применяют электронную разведывательную аппаратуру для определения кодов противоугонных устройств, а органы охраны правопорядка используют средства радиотехнической разведки и РЭП для борьбы с ними. Радиотехнические устройства применяются для слежения за перемещениями поднадзорных лиц. Акустические средства с электронными подсистемами обработки сигналов используют для борьбы с пиратами, террористами и толпами экстремистов. Имеются сообщения о разработке электронной аппаратуры для воздействия на психику людей. И это уже не говоря о технических средствах, используемых для промышленного шпионажа и совершения экономических преступлений.

Непредвзятый анализ современного состояния РЭБ свидетельствует о состоявшемся переломе качественной оценки влияния РЭБ на все стратегические направления развития современного общества. Техника РЭБ бурно развивается, используя, с одной стороны, все новейшие достижения науки и технологии, а с другой – способствует развитию наукоемких отраслей промышленности.

Организация РЭБ требует устойчивых знаний современной информационной техники, высокого интеллекта и широкой системной эрудиции.

Для эффективного решения задач обнаружения и подавления информационных каналов систем РЭС в настоящий момент определены и приняты основные составляющие системы РЭБ, как объекта вооружений, военной и специальной техники (ВВСТ).

Укрупненная структурная схема направления РЭБ, принятая в Российской Федерации, представлена на рис. 1.2 [12].

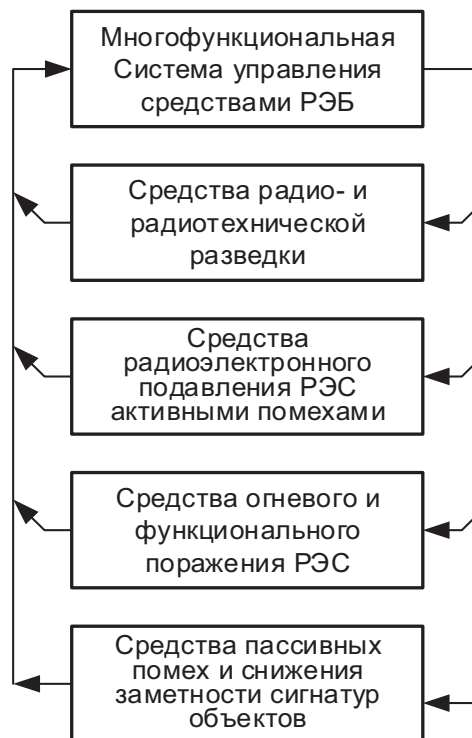


Рис. 1.2. Укрупненная структурная схема направления РЭБ

Структурная схема рис. 1.2 показывает, какие основные составные части объединяет РЭБ. Каждая часть решает конкретные задачи, направленные на обеспечение защиты объектов ВВСТ исключая их обнаружение и поражение средствами противника, а именно:

1. Станции, комплексы и системы радио- и радиотехнической разведки (РРТР) сигналов источников радиоизлучения (ИРИ) таких, как средства связи, радиолокации, радио-

навигации и систем управления. Целевыми задачами систем РРТР являются обнаружение, определение координат источника излучения и характеристик сигналов, а также идентификация и формирование банка данных о типах обнаруживаемых ИРИ. Эти системы контролируют поля сигналов ИРИ в диапазоне освоенных рабочих частот радиоэлектронных средств и формируют команды управления системами подавления ИРИ. Средства РРТР могут использоваться как модули разведки в составе станций помех или как самостоятельные системы, решающие задачи разведки и идентификации ИРИ. Станции помех в составе группировок подразделений войск РЭБ используются для определения ИРИ, приоритетных для подавления.

2. Станции, комплексы и системы радиоэлектронного подавления (РЭП) информационных каналов систем радиоэлектронной разведки, связи, управления и наведения оружия поражения, включая высокоточное оружие. Подавление обеспечивается формированием шумовых или имитирующих помех приемной аппаратуре каналов связи и передачи данных, радиолокации, радиовзрывателей, системам самонаведения, радионавигации, включая приемники потребителей сигналов спутниковых радионавигационных систем. При этом средства РЭП могут применяться как отдельно, в автономном режиме подавления обнаруженных информационных каналов ИРИ, так и в составе группировок подразделений войск РЭБ при организации зонального прикрития и защиты объектов на определенной территории.

3. Средства огневого поражения радиоэлектронных систем ракетами с пассивными головками самонаведения (ПРГС) по сигналам ИРИ, а также средства функционального поражения радиоэлектронных средств сверхмощным электромагнитным видео или СВЧ импульсами. Эти средства обеспечивают с высокой вероятностью полное поражение аппаратуры ИРИ в условиях применения ракет с ПРГС, а также потерю работоспособности радиоэлектронных компонентов аппаратуры при воздействии на них мощным ЭМИ.

4. Средства пассивных помех, обеспечивающие защиту объектов от обнаружения за счет воздействия на среду распространения сигналов информационных каналов противника. Деструктивные воздействия на среду распространения сигналов предусматривают имитацию объектов уголковыми отражателями и другими ложными целями, а также искажения свойств среды распространения сигналов объемными радиопоглощающими образованиями (дипольными отражателями, аэрозольными облаками). Тем же целям служат технологии снижения заметности первичного и вторичного излучения объектов с применением поглощающих электромагнитные волны материалов и конструктивного построения объектов (технологии Stealth).

В настоящее время информационные каналы создают поля сигналов ИРИ очень высокой плотности. Для эффективного противодействия функционированию информационных каналов должна быть использована группировка станций помех, снабженная многофункциональной системой управления и целераспределения, информационного обеспечения о целях носителей ИРИ.

Конкретный состав и технические характеристики аппаратуры, формирующей представленные выше составляющие средств РЭБ, определяются тактикой применения этих средств в условиях обеспечения индивидуальной, групповой или зональной защиты гражданских и военных объектов, а также требованиям и задачам носителей средств РЭБ наземного, морского и воздушно-космического базирования и, безусловно, характеристиками поля сигналов.

1.2. Ранжирование средств РЭБ по задачам применения

Информационные каналы, использующие электромагнитные поля, формируют многофункциональное поле сигналов. Специфическими особенностями обладают сигналы, используемые для радиолокации, радиосвязи, радиоуправления и наведения оружия огневого поражения объектов, в том числе высокоточного, а также навигации с использованием

спутниковых радионавигационных систем. При этом основные характеристики поля сигналов (диапазоны рабочих частот, типы сигналов, пространственно-временные и энергетические параметры, направленность излучения) близки для ИРИ наземного, морского и воздушно-космического базирования. Поэтому близки требования к формированию поля помех, а также и оценки эффективности подавления информационных каналов поля сигналов.

В табл. 1.1 приведены характеристики сигналов электромагнитного излучения, формирующих поле сигналов ИРИ [14]. Электромагнитные волны с частотой излучения в диапазоне 1 Гц...30 кГц имеют четыре поддиапазона, представленные в табл. 1.2.

Таблица 1.1

Характеристики сигналов электромагнитного излучения

Диапазон	Длина волны	Частота излучения	Область применения
Радиоволны	Сверхдлинные	10...3 км	30...100 кГц
	Длинные	3 км...1 км	100 кГц...300 кГц
	Средние	1 км...100 м	300 кГц...3 МГц
	Короткие	100 м...10 м	3 МГц...30 МГц
	Ультракороткие, сверхвысокочастотные	10 м...1 мм	30 МГц...300 ГГц
Инфракрасное излучение	1 мм...780 нм	300 ГГц...429 ТГц	Излучение молекул и атомов при тепловых и электрических воздействиях. Лазерная локация, оптические линии связи, дисплеи и индикаторы
Видимое (оптическое) излучение	780...380 нм	429 ТГц...750 ТГц	
Ультрафиолетовое	380...10 нм	$7,5 \cdot 10^{14}$... $3 \cdot 10^{16}$ Гц	Излучение атомов под воздействием ускоренных электронов. Лазерная локация
Рентгеновские	10 нм...5 пм	$3 \cdot 10^{16}$... $6 \cdot 10^{19}$ Гц	Атомные процессы при воздействии ускоренных заряженных частиц. Медицина, технологии не разрушаемой дефектоскопии
Гамма	менее 5 пм	более $6 \cdot 10^{19}$ Гц	Ядерные и космические процессы, радиоактивный распад. Медицина, технологии не разрушающей дефектоскопии

Таблица 1.2

Электромагнитные излучения частотой 1 Гц...30 кГц

Диапазон	Длина волны	Частота излучения	Область применения
Крайне низкие частоты (КНЧ)	$3 \cdot 10^5$... 10^4 км	1...30 Гц	Ионо-магнитосферные процессы, волны Шумана, вторичное излучение ионосферы при воздействии мощным излучением стендами типа НААРР, сверхдальняя стратегическая связь
Сверхнизкие частоты (СНЧ)	10^4 ... 10^3 км	30...300 Гц	Вторичное излучение ионосферы при воздействии мощным излучением стендами типа НААРР, сверхдальняя стратегическая связь
Инфранизкие частоты (ИНЧ)	10^3 ... 10^2 км	0,3...3,0 кГц	Вторичное излучение ионосферы при воздействии мощным излучением стендами типа НААРР, сверхдальняя стратегическая связь
Очень низкие частоты (ОНЧ)	10^2 ...10 км	3,0...30,0 кГц	Радионавигация, сверхдальняя стратегическая радиосвязь

Генерация электромагнитных волн в диапазоне 1 Гц...30 кГц является результатом естественных или техногенных воздействий на среду.

Генерация волн Шумана происходит в сферическом резонаторе Земля-ионосфера с накачкой электромагнитной энергией молниевых разрядов. Среднее значение первой гармоники частоты волн Шумана составляет примерно 7,83 Гц. Высшие гармоники соответственно вторая 14,1 Гц, третья 20,3 Гц, четвертая 26,4 Гц и пятая 32,4 Гц [14]. Спектральная плотность колебаний 0,1 мВ/м. Разведка и определение вариаций изменения параметров волн Шумана являются предметом исследований геофизических процессов в ионосфере.

Воздействие мощным электромагнитным излучением на ионосферу при определенных пороговых уровнях удельной плотности мощности воздействия примерно $6 \cdot 10^{-7}$ Вт/см² позволяют управлять вторичным излучением ионосферы на частотах модуляции излучения станда. Этот эффект открыт в процессе проведения исследований на стенде СУРА (эффект Гетманцева). Мощность вторичного излучения ионосферы в этих условиях может составлять несколько киловатт в диапазоне частот от единиц до десятков килогерц. И эти излучения могут применяться в военных целях. В частности, для организации стратегической связи, в том числе с погруженными подводными лодками. Кроме того, формирование ионосферных линз (зеркал) позволяет переизлучать сигналы декаметрового диапазона в волноводный канал между ионосферными слоями F_1 и F_2 . За счет этого эффекта удастся обеспечивать связь на тысячи километров с небольшим затуханием сигнала. При этом за счет ракурсного рассеивания возможна радиолокация земной поверхности.

Из имеющихся в мире шести нагревных стендов наиболее мощным и многофункциональным является стенд HAARP (США, Аляска), переданный с 2014 года в ведение DARPA для использования в военных целях [14].

Представленные в табл. 1.1 и 1.2 обобщенные оценки формирования и использования информационных каналов по диапазонам рабочих частот определяют ранжирование каналов по степени угроз безопасности и приоритетов по подавлению этих каналов средствами РЭБ.

1.3. Оценки характеристик информационных каналов

Одной из наиболее важных характеристик сигналов источников радиоизлучения (ИРИ) информационных каналов является мощность излучения передающих систем. Передающая система объединяет передатчик и передающую антенну. Мощность излучения характеризуется энергетическим потенциалом:

$$P_{\text{из}} = P_{\text{прд}} G_{\text{ап}}, \quad (1.1)$$

где $P_{\text{прд}}$ – мощность передатчика на входе антенны;
 $G_{\text{ап}}$ – коэффициент усиления передающей антенны в направлении на приемное устройство потребителя сигналов ИРИ (абонента).

Мощности передатчиков в зависимости от назначения ИРИ, диапазона рабочих частот информационных каналов может составлять от долей ватта, до мегаватт и более. Коэффициенты усиления антенн по направлению главного лепестка излучения также зависят от диапазона рабочих частот, типа и размеров антенн и могут составлять от 1,5 до 60 дБ и даже больше.

Важный показатель эффективности информационных каналов – дальность или зона действия. Дальность действия информационных каналов ИРИ систем связи и передачи данных при работе в свободном пространстве определяется как

$$D_{\text{max}} = \sqrt{\frac{P_{\text{из}} \eta \gamma}{4\pi P_{\text{пм}}}} = \sqrt{\frac{P_{\text{из}} A_{\text{пм}} \eta \gamma}{4\pi P_{\text{рпм}}}} = \sqrt{\frac{P_{\text{пду}} G_{\text{ап}} G_{\text{пм}} \lambda^2 \eta \gamma}{(4\pi)^2 P_{\text{рпм}}}}, \quad (1.2)$$

где $P_{\text{из}} = P_{\text{пду}} G_{\text{пду}}$ – энергетический потенциал передающего устройства ИРИ – как произведение мощности передатчика на коэффициент усиления передающей антенны;



[Перейти на сайт →](#)